



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

---

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**RAIENO SILVA CAMARGO**

**ESTUDO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO: PROPRIEDADES E  
PATOLOGIAS DOS BLOCOS EM PALMAS – TO.**

**Palmas – TO  
2016**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**RAIENO SILVA CAMARGO**

## **ESTUDO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO: PROPRIEDADES E PATOLOGIAS DOS BLOCOS EM PALMAS – TO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial da disciplina TCC II do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Júnior.

**Palmas – TO  
2016**

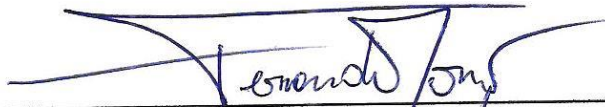
**RAIENO SILVA CAMARGO**

**ESTUDO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO: PROPRIEDADES E PATOLOGIAS  
DOS BLOCOS EM PALMAS – TO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial da disciplina de TCC II do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Júnior.

Aprovada em 11 / 06 / 2016.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior.  
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Esp. Lucas Cardoso de Arruda  
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas – TO**

**2016**

*Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas  
com caráter se faz os melhores engenheiros.*

*Jordan Lucas*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me permitido e confiado com mais uma conquista em minha vida, sempre me concedendo inteligência, forças nos momentos difíceis, proteção em todos os momentos necessários, tranquilidade pra lhe dá com momentos inesperados e acima de tudo saúde, pois é ponto primordial para realização de tamanha conquista, que é a de conclusão do curso de Bacharel em Engenharia Civil, onde me atribui o dom de ser Engenheiro Civil.

É com tamanha gratificação que agradeço também aos meus pais, que sempre me apoiaram, sempre me motivaram, ajudaram tanto moralmente quanto financeiramente. Ao meu pai, Divino Rosa Camargo, juntamente com minha mãe, Miraci Silva Camargo, que me ensinaram o caminho certo a ser trilhado rumo ao êxito de cada conquista, como também ensinaram o verdadeiro sentido da vida. Essa conquista é dedicada a vocês, pois me fizeram acreditar que sempre irei conseguir atingir meus objetivos, sendo honesto, me dedicando e esforçando ao máximo. A palavra “fácil” nunca foi mencionada por nenhum de nós, sabendo disso, sempre estiveram presente demonstrando preocupação e ao mesmo tempo carinho, deixado sempre bem claro que estavam ali pra me apoiar e ajudar em qualquer momento que fosse necessário. A vocês, minha eterna gratidão.

Agradeço também aos meus irmãos Ramon Silva Camargo e Ramone Silva Camargo que me ajudaram muito nos momentos difíceis, dividindo angustias e conhecimento. As longas conversas e brincadeiras com a finalidade de relaxar e tranquilizar momentos difíceis que estavam por vir. Vocês são grandes exemplos de força, dedicação, persistência e acima de tudo de inteligência, definitivamente exemplos a serem seguidos. Saibam que vão ter meu apoio sempre que necessário. Desejo a vocês dois um futuro cheio de conquistas e realizações, pois será mais do que merecido.

Meu muito obrigado a todos que sempre acreditaram no meu potencial e estão sempre comigo, me motivando, como minha namorada Brunna Barbosa Bezerra da Silva, pois sempre me apoiou e sempre entendeu minha ausência quando era preciso uma dedicação maior aos estudos. Obrigado também aos meus tios em geral (Rosilê, Nélio, José, Francisco, Lécia, Gorete, Antônio, Sebastião, Margarida, Izabel *in memoriam*), aos meus avós maternos (Delci e José *in*

*memoriam*), aos avós fraternos (José e Lázara *in memoriam*), em geral a toda a família Camargo e família Almeida que sempre me apoiaram e acreditaram em meu potencial.

Não podia deixar de agradecer também aos amigos e companheiros de estudo (Renato, Marco Túlio, Davi, Vinicius, Leonardo, Víctor, Renê, Thainá, Érika, Izabella, dentre tantos outros) que sempre estiveram presente nos momentos de estudos, compartilhando conhecimento em busca de resultados.

Por fim, venho agradecer a todos os professores que compartilharam seus conhecimentos e experiências, que contribuíram muito na minha formação, em especial ao professor especialista e orientador Fernando Moreno Suarte Júnior. Aos profissionais com que já trabalhei que contribuíram muito para a formação profissional. A todos vocês, meu muito obrigado.

## RESUMO

CAMARGO, Raieno Silva. **ESTUDO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO: PROPRIEDADES E PATOLOGIAS DOS BLOCOS EM PALMAS – TO.** Trabalho de Conclusão de curso. 2016/1. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO. Professor Orientador Especialista Fernando Moreno Suarte Júnior.

O presente trabalho aborda o pavimento intertravado em blocos de concreto como estudo de caso com a finalidade de verificar e caracterizar as principais manifestações patológicas encontradas neste tipo de pavimentação. Assim como, todas as etapas que envolvem o método construtivo de fabricação das peças pré-moldadas de concreto utilizadas por empresas que atuam no mercado de Palmas – TO. Sendo realizado, posteriormente, ensaio de resistência à compressão axial em blocos de concreto (fornecidos por empresas locais) com diferentes dimensões, tendo como base a NBR 9781:2013, onde prescreve os requisitos e métodos de ensaios 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.

**Palavras-chave:** Pavimento Intertravado; Patologias; Fabricação dos blocos; Resistência à Compressão.

## **ABSTRACT**

CAMARGO, Raieno Silva. **PAVEMENT STUDY INTERLOCKED: PROPERTIES AND PATHOLOGIES OF BLOCKS IN PALMS - TO.** Completion of course work. 2016/1. Civil Engineering course. University Center of Lutheran Palmas. Palmas - TO. Specialist Advisor Teacher Fernando Moreno Suarte Junior.

This paper addresses the interlocked floor concrete blocks as a case study in order to verify and characterize the main pathological manifestations found in this type of flooring. As all steps involving the construction method of manufacture of precast concrete parts used by companies operating in the market Palmas - TO. It is performed subsequently to the compressive strength test on concrete blocks (provided by local businesses) with different dimensions, based on NBR 9781: 2013, which prescribes the requirements and methods of required tests for accepting concrete parts interlocked paving subject to pedestrian traffic, vehicles with pneumatic and product storage areas.

**Keywords:** Interlocked pavement; pathologies; Production of blocks; Compressive Strength.



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABCP	Associação Brasileira de Concreto Portland.
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas.
CNT	Confederação Nacional de Transporte.
CP	Corpo de Prova.
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte.
IBRACON	Instituto Brasileiro de Concreto
NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
PPC	Peça Pré-moldada de Concreto.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos tipos de revestimentos.....	28
Tabela 2: Classificação dos tipos de bases.....	29
Tabela 3: Problemas estruturais relacionados com a camada de areia.....	47
Tabela 4: Categoria das empresas classificadas. ....	52
Tabela 5: Resistência à compressão.....	55
Tabela 6: Fator multiplicativo $p$ .....	57
Tabela 7: Coeficiente de Student (nível de confiança de 80 %). ....	59
Tabela 8: Manifestações patológicas diagnosticadas. ....	68
Tabela 9: Amostras coletadas.....	90
Tabela 10: Requisitos físicos para produção de PPC no Brasil.....	91
Tabela 11: Dimensão real dos blocos coletados.....	92
Tabela 12: Verificação dimensional, conforme NBR 9781:2013.....	93
Tabela 13: Resultados de ensaios de resistência à compressão. ....	97
Tabela 14: Comparativo de resistência à compressão. ....	98
Tabela 15: Verificação tensões, conforme NBR 9781:2013. ....	99

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Via Ápia Antica, Roma – Itália. ....	22
Figura 2: Constituição de pavimento rígido e suas camadas .....	24
Figura 3: Constituição de pavimento flexível e suas camadas. ....	25
Figura 4: Formato dos blocos de concreto.....	36
Figura 5: Disposição da estrutura de um pavimento intertravado. ....	37
Figura 6: Constituição de pavimento flexível e suas camadas. ....	40
Figura 7: Execução de assentamento dos blocos de concreto. ....	41
Figura 8: Assentamento mecanizado de PPC.....	42
Figura 9: Assentamento mecanizado de PPC utilizado na Holanda.....	42
Figura 10: Disposição dos blocos em fileira.....	43
Figura 11: Disposição dos blocos espinha de peixe em 45° e 90°.....	43
Figura 12: Disposição dos blocos em trama. ....	44
Figura 13: Ajustes e arremates nas peças pré-moldadas de concreto. ....	44
Figura 14: Compactação do pavimento intertravado.....	45
Figura 15: Preenchimento das juntas com agregado fino.....	46
Figura 16: Desnível máximo permitido em pavimentos intertravados. ....	49
Figura 17: Imagem da Avenida JK, quadras 104 Norte e 104 Sul. ....	51
Figura 18: Croqui dos estacionamentos da Avenida JK (104 Norte e 104 Sul). ....	51
Figura 19: Modelo de moldagem do bloco de concreto.....	54
Figura 20: Disposição dos estacionamentos estudados.....	61
Figura 21: Principais trechos com manifestações patológicas. ....	63
Figura 22: Manifestação patológica por recalque ou afundamento plástico. ....	63
Figura 23: Manifestação patológica por recalque. ....	64
Figura 24: Manifestação patológica por segregação das PPC.....	64
Figura 25: Principais trechos com manifestações patológicas. ....	65
Figura 26: Manifestação patológica relacionada à areia de assentamento. ....	66
Figura 27: Manifestação patológica associada. ....	67
Figura 28: Manifestação patológica por armazenamento dos blocos.....	67
Figura 29: Levantamento quantitativo patológico.....	69
Figura 30: Manifestações patológicas diagnosticadas.....	70
Figura 31: Levantamento total patológico por estacionamento. ....	70

<b>Figura 32: Tipos de assentamento dos blocos.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 33: Estocagem dos agregados.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 34: Método correto de armazenamento de sacos de cimento.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 35: Moldagem dos blocos de concreto. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 36: Processo de secagem dos blocos de concreto.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 37: Baias de agregados. ....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 38: Moldagem dos blocos de concreto utilizando vibro-prensa. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 39: Baias para estocagem de agregados. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 40: Moldagem dos blocos de concreto. ....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 41: Estocagem dos blocos de concreto.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 42: Estocagem de agregados em baias cobertas.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 43: Moldagem automatizada das PPC .....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 44: Estocagem de paletes com blocos de concreto.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 45: PPC retangular (4x10x20).....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 46: PPC retangular (6x10x20 cm).....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 47: PPC 16 faces (6x10x20 cm). ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 48: PPC 16 faces (6x10x20 cm). ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 49: PPC 16 faces (6x10x20 cm). ....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 50: PPC 16 faces (6x10x20 cm). ....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 51: PPC 16 faces fabricada pela Empresa “E” (8x10x20 cm). ....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 52: PPC 16 faces fabricada pela Empresa “H” e “J” (10x10x20 cm).....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 53: Tipos de blocos coletados. ....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 54: Prensa elétrica hidráulica 1 MN com indicador digital. ....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 55: Capecamento das faces dos blocos (regularização). ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 56: PPC submerso em água por 24h antes do rompimento. ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 57: Marcação do centro de gravidade de cada PPC.....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 58: PPC em contato com as placas auxiliares (inferior e superior).....</b>	<b>96</b>

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>18</b>
1.1.1 Objetivos Gerais .....	18
1.1.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>1.2 Justificativa e Importância do Trabalho</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3 Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>20</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1 Pavimentação</b> .....	<b>21</b>
2.1.1 História Geral .....	21
2.1.2 Definições .....	23
2.1.3 Classificação dos Tipos de Pavimentos .....	23
2.1.4 Camadas Estruturais .....	25
2.1.5 Tipos de Bases .....	29
<b>2.2 Concreto</b> .....	<b>29</b>
2.2.1 Matéria Prima .....	29
2.2.2 Fabrica De Peças Pré-Moldadas .....	32
2.2.3 Especificações Técnicas .....	36
<b>2.3 Propriedades dos Pavimentos Intertravados</b> .....	<b>36</b>
<b>2.4 Assentamentos dos Blocos Pré-Moldados</b> .....	<b>38</b>
2.4.1 Contenções laterais .....	38
2.4.2 Preparação do Subleito .....	39
2.4.3 Preparação da Base .....	39
2.4.4 Areia de Assentamento .....	39
2.4.5 Camada de Revestimento .....	40
2.4.6 Tipos de Assentamento .....	42
2.4.7 Ajustes e Arremates .....	44

2.4.8	Rejunte e Compactação dos Blocos .....	45
2.4.9	Selagem das Juntas .....	46
<b>2.5</b>	<b>Manifestações Patológicas em Pavimentos Intertravados.....</b>	<b>47</b>
2.5.1	Principais Tipos de Patologias .....	47
2.5.2	Manutenção em Pavimento Intertravado.....	48
2.5.3	Verificação Final.....	49
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipo de Pesquisa.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2</b>	<b>Apresentação do Objetivo de Estudo.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3</b>	<b>Coleta de Dados na Avenida JK na Cidade de Palmas – TO.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4</b>	<b>Verificação da Produção dos Blocos das Empresas de Palmas – TO ..</b>	<b>51</b>
3.4.1	Estocagem dos Materiais .....	53
3.4.2	Equipamentos .....	53
3.4.3	Concreto.....	53
3.4.4	Moldagem das Peças .....	54
3.4.5	Cura.....	55
3.4.6	Resistência das Peças Pré-moldadas de Concreto .....	55
<b>3.5</b>	<b>Determinação de Resistência à Compressão.....</b>	<b>56</b>
3.5.1	Coleta dos Blocos de Concreto .....	56
3.5.2	Ruptura dos Corpos de Prova .....	56
3.5.3	Métodos.....	56
3.5.4	Determinação da Resistência à Compressão Estimada.....	58
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCURSÕES .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Patologias .....</b>	<b>60</b>
4.1.1	Mapeamento .....	61
4.1.2	Caracterização .....	61
4.1.3	Manifestações Patológicas e Suas Possíveis Causas .....	62
4.1.3.1	Manifestações Por Recalque ou Afundamento .....	62

4.1.3.2	Manifestações Por Segregação das PPC .....	64
4.1.3.3	Manifestações Relacionadas à Areia de Assentamento.....	65
4.1.3.4	Manifestações Por Retração do Concreto.....	66
4.1.3.5	Manifestações Por Armazenamento dos Blocos .....	67
4.1.3.6	Manifestações Por Mau Uso .....	68
4.1.4	Alinhamento e Tipos de Assentamentos de PPC.....	71
<b>4.2</b>	<b>Fabricação de Peças Pré-moldadas de Concreto .....</b>	<b>72</b>
4.2.1	Empresas e Procedimentos .....	72
4.2.1.1	Artesanais .....	72
4.2.1.2	Industriais.....	76
4.2.2	Ensaios.....	85
4.2.2.1	Dimensões .....	85
4.2.3	Verificação com Normas Pertinentes .....	90
4.2.3.1	Resistência a Compressão Axial.....	93
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>102</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, que tem como principal modalidade de transporte à rodoviária vem se destacando de forma contundente com o desenvolvimento gradativo de sua malha viária com o passar dos anos, isto acontece devido ao sistema de distribuição e logística utilizadas para locomoção de pessoas e escoamento de produção. Logo, se torna eminente a necessidade de crescimento das malhas viárias em todo o território nacional. Porém, em uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transporte (CNT), em 2005, revelou que mais de 70% do nosso sistema rodoviário é deficiente.

Desta forma, surge a necessidade de buscar novas tecnologias e investir em equipamentos e materiais visando melhorar a qualidade dos pavimentos das grandes áreas de circulação de veículos. Em vias urbanas, o processo de execução de pavimentos se torna ainda mais sério, pois os métodos construtivos, em sua grande maioria, são falhos passando a não atender as necessidades básicas, conforto e segurança, de seus usuários.

O pavimento flexível asfáltico oferece algumas vantagens como, melhor condição de rolamento e impermeabilização. Porém, para a fabricação deste tipo de pavimento a relação custo / benefício não se torna atrativa, pois é necessário o investimento de grandes quantias, tanto no processo construtivo como no processo de manutenção dos pavimentos. Com isso, torna-se necessário a busca de novas modalidades de pavimentação a que venha aliar qualidade a relação custo / benefício, deste modo o pavimento intertravados surge como uma possibilidade viável, atendendo aos interesses de seus usuários.

O pavimento intertravado pertence à classe dos pavimentos flexíveis cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento. Para isso, as peças pré-moldadas de concreto são produzidas industrialmente em vibro prensas que proporcionam elevada compactação aos blocos, aumentando sua resistência mecânica e durabilidade. Logo, o processo de fabricação dos blocos de concreto deve está de forma padrão, vindo a atender todas as especificações técnicas exigidas pela NBR 9781:2013, onde são fixadas condições para aceitação de blocos pré-moldados de concreto destinado a pavimentação de vias urbanas e derivados. A construção de um



pavimento intertravado está ligada, diretamente, a toda uma sequência descrita por manuais que seguem rigorosamente as condições exigidas. Este fator de sequência de produção do pavimento acelera o seu processo construtivo, dando rapidez à conclusão da obra.

Em Palmas – TO, a utilização do pavimento intertravado vem sendo bem utilizado, se difundido pelos grandes setores da cidade, porém o pavimento em peças pré-moldadas de concreto se torna mais usual para áreas destinadas para estacionamentos de veículos comerciais de linha, depositando grandes cargas sobre o pavimento devido aos grandes fluxos existentes na região em questão. Desta forma, se torna eminente o surgimento de danos ocorrido pela própria cama estrutural do pavimento, assim como outros tipos de manifestações patológicas.

Varias são as manifestações patológicas oriundas pelo pavimento intertravado, pois as patologias em pavimentos estão ligadas, diretamente na execução inadequada de projetos, como também em problemas construtivos, intempéries, falha na seleção dos materiais e utilização de materiais com baixa resistência na construção do corpo estrutural do pavimento. Deste modo, se torna eminente o surgimento de problemas que levarão a falência estrutural do revestimento. Porém, o processo de manutenção voltada para pavimentos intertravados, além de exigir o investimento de baixo custo, também é um processo simples e rápido de ser executado, tornando mais rápida à liberação das vias urbanas em questão.

Portanto, o pavimento intertravado por ter baixos índices de investimento tanto processo construtivo como na manutenção, além de aliar qualidade a custo / benefício, se torna uma opção considerável de pavimento voltada para vias urbanas e passeios, além de possibilitar conforto e segurança a seus usuários.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivos Gerais**

Estudar as propriedades dos blocos para pavimento intertravado fabricados em Palmas – TO e suas manifestações patológicas em estacionamentos localizados na Avenida JK da cidade em questão.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar os principais tipos de manifestações patológicas e suas possíveis causas em pavimento intertravado, tendo como estudo de caso os estacionamentos da Avenida JK, localizadas em Palmas – TO.
- ✓ Verificar métodos de confecção dos blocos intertravados, sendo eles: blocos vibrados e blocos prensados (industrial) em Palmas – TO.
- ✓ Realizar ensaios de resistência à compressão em blocos de concreto fabricados por 10 empresas atuantes no mercado de Palmas – TO.

## 1.2 Justificativa e Importância do Trabalho

O presente trabalho expressa ligação direta com a sociedade de Palmas em geral, isto é, através do calçamento de vias e acessos urbanos, a pavimentação tem como objetivo inicial, atender e proporcionar mais segurança e conforto aos seus usuários, buscando aliar os parâmetros citados anteriormente à melhoria de custos em obras desta magnitude.

Em relação a índices técnicos, esse trabalho se torna plausível, pois a construção de pavimentos urbanos tem como principal finalidade resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los, assim como melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície de rolamento. Para pavimentos intertravados, esse tipo de processo se torna ainda mais agradável e interessante. Por um lado, utiliza-se um método construtivo ultrapassado e arcaico (assentamento manual bloco a bloco), mas por outro lado os procedimentos para manutenção e liberação de vias construídas em pavimentos intertravado se tornam mais eficazes, pois é um tipo de pavimento que garante uma superfície antiderrapante dando segurança aos seus usuários, como também, garante conforto térmico devido a sua pigmentação clara. Este trabalho tem o intuito de, além de analisar a resistência à compressão deste tipo de pavimento, identificar os principais tipos e prováveis causas patológicas com a tentativa de evitar danos nas camadas inferiores do pavimento, assim como a elaboração de um roteiro do processo construtivo deste pavimento, buscar soluções eficazes minimizando custo.

O interesse na realização deste trabalho dar-se a necessidade de aliar eficiência a custo benefício em determinadas setores de Palmas – TO, tanto pela facilidade de preparação quanto pelo seu método construtivo. Quando o assunto é pavimentação, são vários os fatores que geram custos para sua execução, desde as formas de preparação do solo quanto à execução de todas as camadas estruturais que antecedem o revestimento. Baseado nisto, surge à possibilidade de utilização de pavimentação com blocos pré-moldados de concreto, pavimentos intertravados. Desta forma, a pavimentação com blocos pré-moldados de concreto torna-se uma possibilidade real de revestimento para varias vias e acessos urbanos podendo gerar benefícios, além de propiciar segurança e conforto, pois este tipo de pavimento vem tendo uma crescente no mercado nacional.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho tem como objetivo primário abordar referências teóricas de autores renomados com trabalhos que envolvem amplamente ao assunto. Logo após, será apresentado o processo metodológico utilizado na elaboração do mesmo, em sequência, os resultados e discussões junto com a conclusão. Sendo, de modo geral, divididos em 5 capítulos:

**Capítulo 1:** Apresenta uma breve introdução sobre o tema abordado, dando-lhes o problema que originou este trabalho, assim como os principais objetivos que embasam o mesmo.

**Capítulo 2:** Apresenta obras de autores renomados, que abrangem o assunto de forma geral, apresentar os conceitos e definições adotadas para detalhar todos os tipos de pavimentos, camadas estruturais dos pavimentos, tipos de bases, concreto como matéria-prima, todo o processo de fabricação das PPC, propriedades dos pavimentos intertravados, tipos de assentamentos dos blocos pré-moldados de concreto e suas principais manifestações patológicas neste tipo de pavimento.

**Capítulo 3:** Apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, apresentando-lhes tabelas e imagens, utilizadas para realização de ensaios de resistência a compressão das PPC, assim como a verificação de máquinas e estocagem dos materiais utilizados no processo de fabricação dos blocos e as principais manifestações patológicas encontradas no pavimento intertravado.

**Capítulo 4:** Apresenta os resultados e discussões obtidos de acordo o desenvolvimento do mesmo. É feito as apresentações dos ensaios de resistência a compressão das PPC (empresas A, B, C, D), localizadas em Palmas – TO, será apresentado também os métodos gerais de fabricação das PPC e as manifestações patológicas encontradas no pavimento intertravado em estacionamentos localizados na Avenida JK, desta mesma cidade.

**Capítulo 5:** Vem apresentar as considerações finais em relação ao trabalho abordado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Pavimentação

#### 2.1.1 História Geral

Para Senço (2007) desde a pré-história o homem se esforçava para deixar os caminhos de retorno mais rápidos e fáceis entre sua caverna e os campos, quando saiam à procura por água e alimentos. Surgindo assim, necessidade de obedecer a um princípio fundamental do transporte, que é a obrigação de buscar melhorias para os trechos por onde se transita, pois existia a necessidade de dirigir-se com frequência entre pontos limites ou intermediários.

Com a descoberta da montaria em animais pelo o homem, conseguiu-se dar um aproveitamento pleno em suas viagens, alcançando desta forma mais um passo na escala evolutiva daquela época. Mais tarde, engataram a esses animais um tipo de veículo rústico, melhorando o rendimento das viagens, tendo como contrapartida a finalidade de melhorar ainda mais os trechos por onde circulavam (SENÇO, 2007).

Com isso, houve um aumento absoluto da frequência das viagens, na proporção em que o transporte se tornava cada vez mais essencial para a sobrevivência dos povoados ali existentes. Desta forma, os caminhos e as estradas precisavam ser transitáveis em todas as épocas do ano, surgia-se ai a necessidade de combater ou minimizar este grave problema. Uma das principais formas naturais para a solução deste grave problema, dando ainda mais longevidade aos caminhos percorridos, era a execução de um revestimento feito de pedra, onde geravam mais estabilidade até mesmo em períodos chuvosos (SENÇO, 2007).

Para a construção das Pirâmides do Egito (2600 – 2400 a.C.), por exemplo, foram construídas vias com boa capacidade de suporte. Essas vias eram umedecidas com água, azeite ou musgo molhado, a fim de diminuir o atrito. Desta forma, uma das mais antigas estradas pavimentadas era destinada a trenós com o transporte de cargas, e não a transportes com rodas (SAUNIER, 1936).

“Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, frequentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí ser uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas” (BERNUCCI, 2006).

Segundo Balbo (2007) ter vias pavimentadas tornou-se uma prática essencial para a adaptação e prevenção dos caminhos mais estratégicos, pois a construção de vias de transporte sempre foi uma preocupação criada por condições econômicas, buscando ampliação regional e de cunho militar.

Para Bernucci et al. (2008) “embora seja reconhecida a existência remota de sistemas de estradas em diversas partes do globo, construídas para fins religiosos (peregrinações) e comerciais”, coube aos romanos a arte de planejar e construir essas vias. Visando objetivos militares de manutenção da ordem no amplo território imperial.

Dos pavimentos romanos, o mais conhecido de todas, criada em 312 a.C. é a Via Ápia, que tinha como objetivo ligar Roma a Cápuia (BERNUCCI, 2008).

**Figura 1: Via Ápia Antica, Roma – Itália.**



**Fonte:** <http://www.panoramio.com/photo/5133257>, acessado em 24 de Agosto de 2015.

Para Senço (2007) o crescimento múltiplo das formas de dimensionamento de pavimentos vindo do empirismo, uniu-se a aspectos positivos, dando início a uma nova forma de dimensionamento, rotulada com uma nova propriedade ou autonomia.

O engenheiro O. J. Porter, diretor da Divisão de Materiais do Califórnia Highway Department, nos anos 30, cujos fundamentos consideravam a realização de um ensaio de resistência à penetração, o CBR – California Bearing Ratio, associado a curvas estabelecidas em função da intensidade de tráfego, foi o realizador de um dos primeiros métodos de dimensionamento de pavimentos existentes de naquela época (SENÇO, 2007).

### 2.1.2 Definições

O pavimento é a estrutura construída sobre terraplenagem que é destinada especificamente para: resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície de rolamento (SENÇO, 2007).

Segundo Balbo (2007) o pavimento é uma estrutura não perene, que tem em sua composição varias camadas sobrepostas de diferentes tipos de matérias compactados a partir do subleito do corpo estradal, adaptado para atender ao trafego, tanto estruturalmente como operacionalmente, tendo em vista a durabilidade com mínimo custo possível.

De acordo Bernucci et al. (2008) pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem. O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.

Para Jiménez (2010) o pavimento de uma estrada é constituído por um conjunto de camadas dispostas horizontalmente no terreno, tendo como principal função, proporcionar uma superfície cômoda e segura para a circulação de veículos, ao longo de sua vida útil, e distribuir as ações induzidas pelo tráfego, por forma a que estas possam ser suportadas pela fundação.

### 2.1.3 Classificação dos Tipos de Pavimentos

O pavimento pode ser dividido em dois grupos: Rígidos e Flexíveis. Alguns autores classificam os pavimentos em três grupos diferentes, adicionando o grupo de pavimento semirrígido aos demais (SENÇO, 2007).

#### **a) Pavimentos Rígidos**

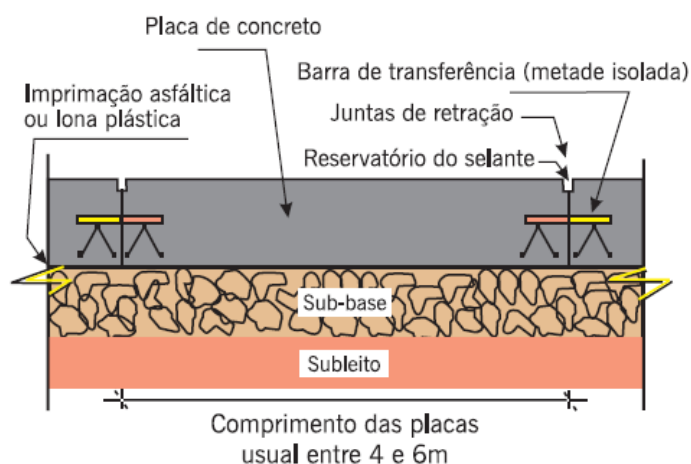
Pavimento rígido é aquele no qual o revestimento resiste a maior parte das tensões que atuam no pavimento, devido a sua rigidez ser bem maior que suas camadas (PRUSSLER, 2002).

Segundo Sousa (1980) o pavimento rígido é constituído por uma placa de concreto de cimento, camada que desempenha o papel de base e revestimento. No

pavimento rígido dimensionamento é comandado pela resistência do próprio pavimento.

Pavimentos rígidos são aqueles que se deformam pouco, e são constituídos especialmente de concreto de cimento. Quando sujeitos a deformação, rompem por tração na flexão (SENÇO, 2007).

**Figura 2: Constituição de pavimento rígido e suas camadas**



**Fonte:** <http://quemmandoufazerengenharia.files.wordpress.com/2013/08/camadas-pavimentos.png>, acessado em 27 de Agosto de 2015.

Para Jiménez (2010) o pavimento rígido ou *betão* (concreto) de cimento é constituído por uma laje de concreto, que pode ser colocada diretamente sobre a fundação ou sobre uma ou mais camadas de suporte (base / sub-base) que podem ser ou não aglutinadas com ligantes. Neste tipo de pavimento a laje de concreto desempenha simultaneamente as funções da camada de desgaste e da camada de base.

Pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, tendo como exemplo típico, pavimento constituído por lajes de concreto cimento Portland (DNIT, 2006).

### **b) Pavimentos Flexíveis**

Para Senço (2007) pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de

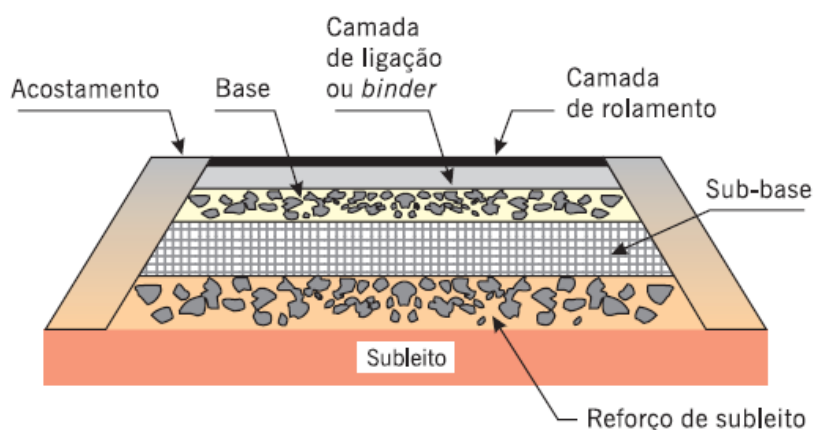


deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

Pavimentos flexíveis são aqueles que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico, pavimento constituído com base de brita (brita graduada, macadame) ou por base de um solo pedregulhoso revestida por uma camada asfáltica (DNIT, 2006).

Para pavimentos flexíveis, a estrutura é formada por quatro camadas principais: subleito, regularização do subleito, reforço do subleito (pode ou não existir), sub-base, base e revestimento asfáltico (SENÇO, 2007).

**Figura 3: Constituição de pavimento flexível e suas camadas.**



**Fonte:** <http://quemmandoufazerengenharia.files.wordpress.com/2013/08/camadas-pavimentos.png>, acessado em 27 de Agosto de 2015.

### **c) Pavimentos Semirrígidos**

Segundo DNIT (2006) este pavimento caracteriza-se por uma base cimentada com algum aglutinante com propriedades cimentícias (estabilização química) tendo como exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

#### **2.1.4 Camadas Estruturais**

As camadas estruturais de que antecede a construção de pavimentos é uma seção transversal típica, com todas as camadas possíveis, consta de uma fundação, o subleito, e de camadas com espessuras e materiais determinados por um dos inúmeros métodos de dimensionamento (SENÇO, 2007).

O subleito, reforço do subleito, sub-base e base tem grande importância estrutural, pois, são elas as responsáveis por limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, isto acontece graças a combinação de materiais e espessura das camadas. Portanto, o revestimento é a camada destinada a resistir às ações do tráfego e transmiti-las de forma distribuída as camadas inferiores (MEDINA, 1997).

Cada camada do pavimento possui no mínimo, uma função específica, visando atribuir condições adequadas de suporte e possibilitar o tráfego em qualquer tipo de condições climáticas. O comportamento mecânico de cada uma dessas camadas do pavimento está ligado diretamente às tensões na estrutura que são causadas pelas cargas que aplicadas sobre sua superfície (BALBO, 2007).

#### **a) Subleito**

O subleito se trata do terreno de fundação do da estrutura pavimento. Com a realização de serviços de terraplenagem, o subleito precisará demonstrar definidas suas características geométricas. Caso contrário, esse trabalho quando realizado em estradas de terra por onde já houve tráfego de veículos por algum tempo, o subleito apresentará uma área irregular em consequência do próprio uso e dos serviços de conservação. Com isso, somente a camada próxima à superfície é marcada como subleito, dado que à medida que se aprofunda no maciço, as pressões exercidas são reduzidas, certa forma que acabam sendo consideradas desprezíveis (SENÇO, 2007).

[...] O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado, com o intuito de atribuir maior rigidez a área que é considerada a fundação da estrutura de todo pavimento (BALBO, 2007).

#### **b) Regularização**

A regularização é uma camada de espessura irregular, construída sobre o subleito, no sentido transversal e longitudinal da via determinado por projeto, sua execução é realizada em forma de aterro, tendo a necessidade de evitar alguns requisitos como: realização de cortes de difícil execução na camada superficial onde já houve compactação pela existência de tráfego no local; aplicação de camadas que ainda precisarão ser compactadas sobre camadas que já sofreram compactação natural; uso desnecessário de equipamentos de escarificação em camadas compactadas (SENÇO, 2007).

### **c) Reforço do Subleito**

É uma camada de espessura constante, construída acima da camada de regularização quando necessária, tendo características tecnológicas superiores às da regularização e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base. O reforço do subleito também tem como finalidade resistir e distribuir os esforços verticais gerados no pavimento, mas não tendo as características de necessárias para absorver definitivamente esses esforços, o que é característica específica do subleito (SENÇO, 2007).

De acordo Balbo (2007) o emprego da camada de reforço do subleito não de certa forma obrigatória, pois as camadas superiores tendo espessuras maiores poderiam, teoricamente, aliviar as pressões sobre um subleito razoável. Porém, a execução desta camada é imprescindível quando o subleito é composto por material de má qualidade, tendo em vista que sua resistência exigida seria baixa, se tornando indispensável principalmente para pavimentos flexíveis.

### **d) Base e Sub-base**

A base é camada que antecede o revestimento, tendo como função principal resistir aos esforços verticais provenientes do tráfego e distribuí-los em forma de bulbos de tensões entre as camadas que compõe toda a estrutura do pavimento (SENÇO, 2007).

A sub-base é uma camada que tem a finalidade de complementar à base. Sendo está, relacionadas aos âmbitos técnicos e econômicos, não se tornando aconselhável a execução da base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Contudo, o material que compõe a sub-base deverá conter características tecnológicas superiores às do material de reforço, que por sua vez, o material da base deverá ser de melhor qualidade que o material da sub-base (SENÇO, 2007).

Desta forma, todos os esforços verticais gerados pelo tráfego que são transmitidos ao subleito devem ser compatíveis a sua capacidade de resistência. Com isso, as bases e sub-bases surgem com a finalidade de aliviar as tensões exercidas sobre as camadas inferiores, desempenhando também papel fundamental na drenagem do pavimento (BALBO, 2007).

### **e) Revestimento**

Segundo Senço (2007) o revestimento também é chamado de capa de rolamento ou, simplesmente, capa. É a camada da estrutura do pavimento que

recebe de forma direta a ação do tráfego, sendo impermeável e destinada a aprimorar a superfície de rolamento, atribuindo às condições iniciais necessárias designadas na elaboração de projetos (conforto e segurança), sendo assim, resistente aos desgastes aumentando a durabilidade de toda estrutura.

**Tabela 1: Classificação dos tipos de revestimentos.**

<b>REVESTIMENTO</b>	<b>RÍGIDOS</b>	Concreto de Cimento			
		Macadame de Cimento			
		Paralelepípedos Rejuntados com Cimento			
	<b>FLEXÍVEIS</b>	Betuminosos	Concreto Betuminoso	Usinados	
			Pré-misturado a Quente		
			Pré-misturado a Frio		
		Tratamento Superficial	Penetração direta	Simples Duplo Tripla Quadrupla	
			Penetração Invertida		
		Calçamentos	Alvenaria Poliédrica		
			Paralelepípedos		
Blocos de Concreto Pré-moldados e Articulados					

**Fonte:** Manual de Pavimentação (DNIT, 2006 p 96).

O revestimento de uma via deverá, dentre diversas funções, receber cargas referentes ao tráfego, sendo elas estáticas ou dinâmicas, não sofrendo grandes deformações plásticas ou elásticas, desagregação de nenhum dos tipos de componentes do revestimento e nem perda na compactação. Assim, se torna necessário que o revestimento seja composto por materiais aglutinados ou dispostos a evitar movimentações horizontais. [...] (BALBO, 2007).

### 2.1.5 Tipos de Bases

**Tabela 2: Classificação dos tipos de bases.**

<b>BASES</b>	<b>RÍGIDAS</b>	Concreto de Cimento	
		Macadame de Cimento	
		Solo-Cimento	
	<b>FLEXÍVEIS</b>	Solo estabilizado	Granulometricamente SAFL
			Solo-Betume – Solo-Cal
			Solo-Brita
		Macadame Hidráulico	
		Brita Graduada com ou sem Cimento	
		Macadame Betuminoso	
		Alvenaria Poliédrica	Por Aproveitamento
		Paralelepípedos	

Fonte: Manual de Pavimentação (DNIT, 2006 p 96)

## 2.2 Concreto

Para Mehta e Monteiro (2008) o concreto “é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual estão aglutinados partículas ou fragmentos de agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado de uma mistura de cimento hidráulico e água”.

### 2.2.1 Matéria Prima

Para Bernucci (2008) o termo agregado “é definido como material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassas e de concreto.”

#### a) Agregados

Os agregados é um componente constituinte de grande importância para o concreto, pois contribui com cerca em 80% no peso e 20% no custo de fabricação do concreto sem a utilização de adições, com *fck* de ordem de 15 Mpa (BAUER, 2000).

O agregado miúdo utilizado na fabricação de concreto é uma areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira 4,8 mm e ficam retidos na peneira 0,075 mm, conforme descrito na NBR 7211:1982 (ABNT, 1982).

No caso dos agregados graúdos utilizados na fabricação de concreto, o pedregulho ou a brita, também são provenientes de rochas estáveis, ou mistura de

ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada, especificada em norma, com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira 4,8 mm, citada na NBR 7211:1982 (ABNT, 1982).

Os agregados são formados pela mistura de areia, pó-de-pedra e pedrisco (brita zero). Para a composição do concreto a areia deverá ser, preferencialmente, de granulometria média, limpa e isenta de impurezas orgânicas. A brita zero utilizada deverá ser proveniente da britagem de rochas e sempre que possível, limpa, isenta de impurezas orgânicas. O pó-de-pedra deverá ser empregado em quantidades mínimas, correspondendo a 10% do agregado total, tem como finalidade aumentar à coesão da mistura, proporcionando um melhor acabamento as peças (ABCP, 1995).

### ***b) Cimento Portland***

Para Bauer (2000) o cimento Portland “é o produto obtido pela pulverização do clinker constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com proporção de sulfato de cálcio natural, contendo adições de substâncias que modificam suas propriedades”.

De acordo Bernucci (2008) o cimento Portland tem em sua composição clinker e outras adições (escorias de alto forno, materiais pozolânicos e materiais carbonáticos), que são adicionadas ao clinker durante seu processo de moagem tendo uma variação para cada tipo de cimento, desta forma é o fator que define as diferenças entre todos os tipos de cimento.

Já para Balbo (2007) o cimento Portland “é uma mistura de materiais calcários e argilosos, ou ainda mais outro tipo de sílica, alumina ou óxido de ferro, que são queimados em alta temperatura até “estalarem”, sendo posteriormente moídos, gerando clinker”.

Qualquer tipo de cimento Portland produzido no Brasil pode ser utilizado na fabricação de peças de concreto pré-moldadas, tendo-se cuidado na utilização de cimentos com adições, pois exigem um tempo maior no processo de cura antes do manuseio das peças (ABCP, 1995).

Para a fabricação de blocos de concreto para pavimento intertravado, uma peça fundamental é o cimento Portland. Quando se pensa na execução de um pavimento com concreto, não existe um critério preponderante para a escolha adequada do tipo de cimento e quanto aos seus índices químicos / físicos que o próprio deve apresentar. Porém, os tipos de cimentos que mais se adequam para

esse tipo de construção são aqueles que apresentam maior eficiência buscando maior resistência em menor quantidade consumida (BERNUCCI, 2008).

### **c) Água**

A água ideal a ser utilizada na composição do traço deve estar livre de impurezas que possam prejudicar a hidratação do cimento (ABCP, 1995).

### **d) Aditivos para Concreto**

Visando uma melhoria considerável nas características de um concreto, tendo a concepção de qual será sua finalidade e/ou suas condições de concretagem, com isso surgem diversos tipos de adições a que venha contribuir com esse feito, “[...]” (DNIT, 2005).

São considerados aditivos quaisquer substâncias que não os cimentos, água ou agregados utilizados na composição do concreto para melhorar suas características ou suas condições de concretagem. Desta forma, toda substância adicionada à água de amassamento ou demais componentes utilizado na composição do concreto são consideradas aditivos, desde que produzam modificações sensíveis que venham a influenciar diretamente na característica do material (DNIT, 2005).

### **e) Dosagem**

Para determinar um método de dosagem ideal para a mistura de concreto, em síntese, busca-se atingir uma proporcionalidade entre as quantidades de cimento, agregados e água, devendo ser feita experimentalmente, por método comprovado. Entretanto, com a inexistência de laboratórios especializados em determinadas regiões, nem sempre se dispõe desse recurso (ABCP, 1995).

Para ABCP (1995) a dosagem de concreto se divide “em duas maneiras práticas para determinar rapidamente o traço do concreto: a primeira é a do método do menor volume de vazios e a segunda se constitui no método da mistura experimental”.

- i. Método do *menor volume de vazios*: Esse método baseia-se no ensaio de massa unitária do agregado (NBR 7810), consistindo da comparação de massas de misturas de areia e brita que cabem em um recipiente padronizado, de volume conhecido.

- ii. Método da *mistura experimental*: Esse método deve ser utilizado quando não for possível contar com o concurso de um laboratório de ensaios capaz de proceder à dosagem do concreto e nos casos em que a fábrica não dispuser de meios para seguir as especificações.

### **2.2.2 Fabrica De Peças Pré-Moldadas**

#### **a) Processo de Fabricação dos Blocos**

De acordo ABCP (2010) as peças de concreto para pavimentos intertravados são produzidas industrialmente em vibro-prensas que proporcionam elevada compactação às peças, aumentando sua resistência mecânica e durabilidade.

Após a moldagem dos blocos de concreto nas vibro-prensas, com o objetivo de garantir uma melhor hidratação do cimento, o processo de cura é realizado em estufas que mantêm a umidade de forma constante, sendo acima de 95%. Desta maneira, garante-se o processo de hidratação do cimento e ainda proporciona à peça uma menor absorção de água, onde não pode ultrapassar 6% (ABCP, 2010).

Contudo, o processo de fabricação dos blocos de concreto deve está de forma padrão, vindo a atender todas as especificações técnicas exigidas pela NBR 9781:2013, onde são fixadas condições para aceitação de blocos pré-moldados de concreto destinado a pavimentação de vias urbanas e derivados (ABCP, 2010).

#### **b) Equipamentos Básicos Utilizados**

Na produção dos blocos pré-moldados de concreto são utilizados equipamentos que compõe, praticamente, uma pequena indústria. Desta forma, se torna imprescindível à utilização de maquinários que desempenham sua função com eficiência, fator que afeta diretamente na produção final das peças (ABCP, 1995).

De acordo a ABCP (1995) para a fabricação dos blocos pré-moldados de concreto são utilizados os seguintes equipamentos básicos

- i. Misturador: que se subdivide em dois tipos, de eixo vertical e de eixo horizontal, sendo que o segundo não ideal para a fabricação de blocos, pois exige uma maior quantidade de cimento na mistura para que haja uma homogeneidade satisfatória no concreto.
- ii. Balança de Agregados: Trata-se de um equipamento optativo, com a vantagem de propiciar uma produção de concretos de qualidade de



forma constante, permitindo a utilização de misturas com menores teores de cimento.

- iii. Máquina de Moldagem: As máquinas são geralmente classificadas em dois tipos: as vibratórias e as vibro-compactadoras. As do primeiro tipo não são as mais indicadas, uma vez que exigem, para a moldagem, misturas ricas em cimento, enquanto que as vibro-prensas podem moldar peças com menores teores de cimento. As vibro-prensas produzem, além disso, peças com melhor acabamento superficial, portanto de maior resistência ao desgaste.

A seguir serão apresentados alguns tipos de vibro-prensas, classificadas conforme seu processo de desforma.

- i. Vibro-prensa tipo poedeira: São equipamentos que possuem pneus ou trilhos e permitem uma movimentação livre. O próprio piso onde se movimentam é utilizado para fazer a desforma dos blocos. Para fabricar blocos com este tipo de equipamento é necessário um grande espaço horizontal e necessita de grande quantidade de mão-de-obra nas etapas de transporte para a estocagem final dos blocos, por esse motivo este equipamento não é muito utilizado no Brasil.
- ii. Vibro-prensa com desforma sobre paletes: Este equipamento utiliza a mesa das máquinas para efetuar as operações de desmoldagem. A desforma é feita sobre os paletes que alimentam de forma manual ou automática o equipamento a cada ciclo de fabricação. Os paletes são recolhidos e dispostos em prateleiras especiais ou colocados em áreas pré-determinadas para iniciar o período de cura. A capacidade produtiva dos equipamentos com desforma sobre os paletes é definida pelo seu tamanho, tipo de acionamento de vibração e prensagem (pneumática ou hidráulica), potência e tipo de vibradores empregados. Um fator diferenciador é o sistema de alimentação do concreto à máquina permite manter a constância e homogeneidade de produção. Com essas características o equipamento define sua produtividade por unidade de ciclo de produção. A forma geométrica, volume de concreto por bloco, altura e superfície de contato entre o bloco e a fôrma da

máquina também influenciam no desempenho dos blocos produzidos (HOLANDA, 2000 apud FIORITI, 2007).

- iii. Vibro-prensa com desforma de multicamadas: Neste tipo de equipamento a operação de desmoldagem é feita em camadas. Este equipamento é o mais moderno, é um avanço na fabricação de blocos, pois os mesmos saem do equipamento, previamente arrumados, no próprio palete, sendo este transportado diretamente à obra. As vibro-prensas tem influência na energia de compactação e afeta a resistência à compressão dos blocos.

### **c) Mistura do Concreto**

A mistura do concreto é feita de maneira que venha proporcionar uma melhor trabalhabilidade e homogeneização adequada dos materiais. Assim, segundo ABCP (1995) devem ser colocados na misturadora preferencialmente na seguinte ordem:

- i. Toda brita zero e parte da água, ligando-se a betoneira por apenas alguns segundos. Esse procedimento permite lavar o agregado, retirando o material fino que fica aderido às suas partículas;
- ii. Todo o cimento, misturando-o com a brita, fazendo com que as partículas do agregado sejam envolvidas por uma camada de pasta de cimento;
- iii. Toda a areia e o restante da água. Após o término da colocação dos materiais, a misturadora deverá permanecer ligada até que se obtenha um concreto homogêneo, caracterizado visualmente pela uniformidade de aspecto.

### **d) Método De Cura**

Após a moldagem, as peças de concreto são colocadas juntamente com as bandejas em local protegido da ação do sol e do vento. Com a finalidade de manter a umidade adequada das peças, após algumas horas, é necessária a aspersão de água sobre os blocos moldados (ABCP, 1995).

Com a finalidade de diminuir ainda mais o poder de absorção dos blocos de concreto, não sendo permitido acima de 6%. O processo de cura é realizado em duas etapas distintas, a primeira é realizada em estufas, por um período que gira em torno de 24 horas, onde se mantém a umidade de forma constante, vindo a ser

acima de 95%. A segunda etapa deste processo, que é a cura final das peças, é realizada em pátio, passando por um período entre 7 e 28 dias. A utilização de todo este processo de cura garante a hidratação do cimento de forma adequada. Portanto, as peças de concreto já chegam prontas à obra e o processo industrializado que garante a uniformidade de cor, textura e das dimensões das peças (ABCP, 2010).

#### **e) Formato e Dimensões**

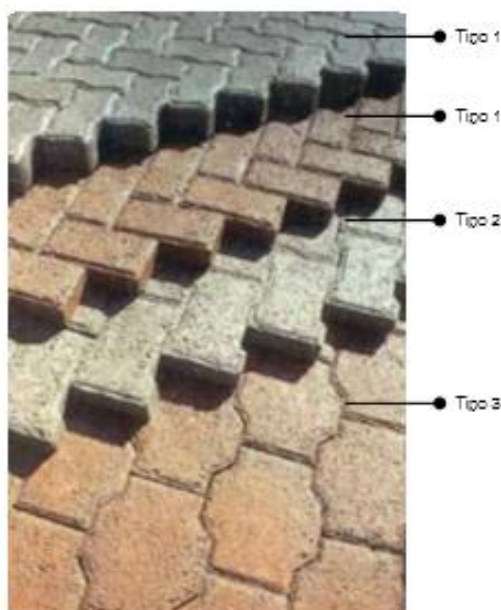
Segundo ABCP (2010) o pavimento intertravado com peças de concreto apresenta grandes possibilidades de ordem estética, uma vez que as variações de forma e cor das peças assim o permitem. São definidos três tipos básicos de formatos de blocos:

Os tipos de blocos pré-moldados que estão relacionadas no grupo determinado como “tipo 1” correspondem pelos blocos de formas retangulares, que apresenta facilidade de produção e colocação em obra, além de facilitar a construção de detalhes nos pavimentos. As suas dimensões são, usualmente, 20 X 10 cm, onde suas faces laterais podem ser retas, curvilíneas ou poliédricas (ABCP, 2010).

No caso dos blocos que estão classificados no grupo “tipo 2” Genericamente, apresenta o formato “I” e somente pode ser montado em fileiras travadas. As suas dimensões são, usualmente, 20 X 10 cm (ABCP, 2010).

E para os blocos classificados como grupo “tipo 3” encontra-se o bloco que, pelo seu peso e tamanho, não pode ser apanhado com uma mão só, normalmente com dimensões de 20 x 20 cm (ABCP, 2010).

**Figura 4: Formato dos blocos de concreto.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

#### ***f) Tipos de Ensaios***

De acordo ABCP (2010) para atender as exigências citadas pela ABNT em relação à utilização de blocos de concreto pré-moldados para pavimentação, é necessário à realização de ensaios de determinação de resistência a compressão, regido pela NBR 9781:2013. Esta Norma prescreve o método de determinação da resistência à compressão de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento ou similares.

#### **2.2.3 Especificações Técnicas**

Para atender às exigências técnicas de fabricação dos blocos de concreto para pavimentos intertravados, é necessário atender todas as condições estabelecidas para aceitação de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento ou similares. Assim como, a determinação da resistência à compressão de peças pré-moldadas de concreto (ABNT, 2013)

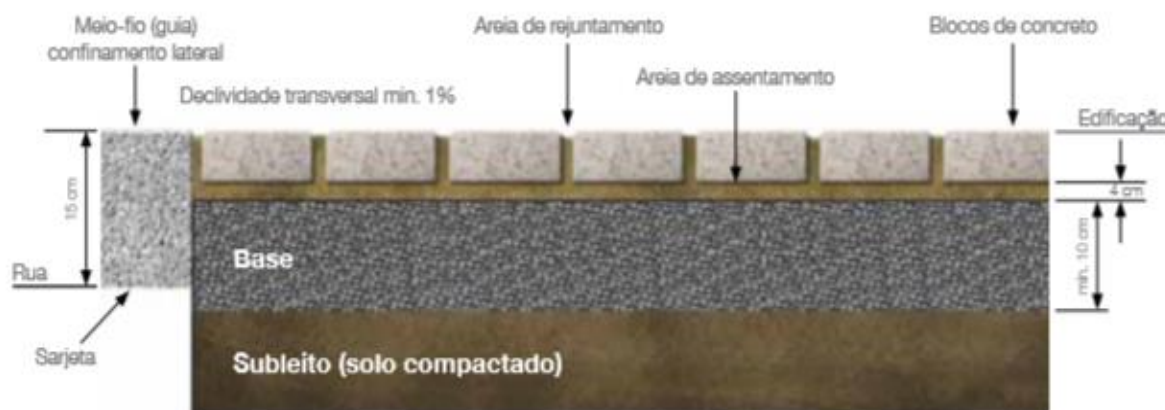
#### **2.3 Propriedades dos Pavimentos Intertravados**

O pavimento intertravado pertence à classe dos pavimentos flexíveis cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento, assim surgem às juntas entre essas peças que por sua

vez são preenchidas com material de rejuntamento, cujo principal objetivo é realizar o intertravamento do sistema proporcionado pela contenção. A pavimentação intertravada com blocos de concreto está mais presente em tráfegos de pedestres, de veículos pneumáticos e áreas destinadas a armazenamento de produtos (ABCP, 2010).

“Intertravamento é 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, se tornando fundamental para o desempenho e a durabilidade do pavimento. Para que se consiga o intertravamento duas condições são necessárias e indispensáveis: contenção lateral e junta preenchida com areia” (ABCP, 2010).

**Figura 5: Disposição da estrutura de um pavimento intertravado.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

Quando executado de forma correta, realizando-se as contenções laterais, que é a primeira etapa de execução do pavimento propriamente dito, tendo como função principal restringir o deslocamento das peças de concreto confinando todo o sistema e ainda impedir que não haja perda de material nas camadas de assentamento lateralmente. Contudo, o processo construtivo para essa pavimentação tem um grau simples de execução, pois não exige o uso de equipamentos pesados nem de mão-de-obra especializada, facilitando no método construtivo. Devido a isso, a liberação do tráfego é imediata, pois não precisa de cura no processo de execução (ABCP, 2010).

Para pavimentos intertravados devem-se considerar algumas vantagens que possam ser fatores determinantes no momento de escolha do pavimento. Os blocos de concreto, por apresentar uma coloração mais clara, diminui a absorção de calor

do pavimento, diminuindo assim as ilhas de calor localizadas nos centros urbanos. Outra característica que esta ligada diretamente a tonalidade do bloco de concreto é o aumento da capacidade de reflexão que o pavimento apresenta, transformando-se em economia de iluminação pública, com maior segurança aos seus usuários. Este revestimento, em relação aos demais tipos de pavimento, tem um alto índice custo / benefício para sua construção, porém tem baixos índices de custo com manutenção, dando a esse pavimento um custo competitivo no mercado (ABCP, 2010).

## **2.4 Assentamentos dos Blocos Pré-Moldados**

A execução de pavimentos intertravados com peças pré-moldadas de concreto, é um processo sequencial construtivo que visa o avanço de etapas a serem realizadas, especificações exigidas para realização de pavimentos sujeito ao tráfego de veículos, dotado de pneumáticos, áreas de armazenamento de produtos e para tráfego de pedestres, regido pela NBR 15953:2011, que vem especificar o processo de execução deste pavimento (ABCP, 2010).

### **2.4.1 Contenções laterais**

Para realizar o processo de assentamentos das peças de concreto, obrigatoriamente, o ponto principal é a execução das contenções laterais que tem por finalidade evitar o deslizamento dos blocos, dando um confinamento a estrutura, pois é parte fundamental do pavimento intertravado (ABCP, 2010).

“Há dois tipos de confinamento: o externo, que rodeia o pavimento em seu perímetro (normalmente sarjetas e meios-fios), e o interno, que rodeia as estruturas que se encontram dentro dele (bocas-de-lobo, canaletas, jardins etc.). Porém, devem ser construídos antes do lançamento da camada de areia de assentamento dos blocos de concreto, de maneira a colocar a areia e os blocos dentro de uma “caixa”, cujo fundo é a superfície compactada da base e as paredes são as estruturas de confinamento” (ABCP, 2010).

O confinamento ideal é no formato de parede vertical, buscando contato direto com os blocos intertravados. Logo, é desejável que realize o trabalho com peças pré-moldado ou moldado no local, com altura suficiente para penetrar na camada de base, gerando firmeza a estrutura, evitando o risco de desalinhamento. Essas peças devem ser fabricadas com concreto de resistência característica à compressão simples, medida aos 28 dias de idade, igual ou superior a 25 Mpa (ABCP, 2010).

### **2.4.2 Preparação do Subleito**

De acordo ABCP (2010) “a primeira providência a ser tomada é verificar a camada de subleito, aquela que será à base do pavimento. Esta camada pode ser constituída de solo natural do local ou solo de empréstimo”.

Desta forma, devem ser feitas algumas observados, juntamente com alguns reparados, quando necessário, para se iniciar a preparação do subleito. O solo utilizado na preparação do subleito não pode ser expansível, pois este tipo de solo proporciona patologias futuras relacionadas à sua volumetria com a absorção de água. [...] Quanto ao processo de drenagem da via, o caimento deve estar de acordo a especificações técnicas apresentadas no projeto, sendo utilizado o caimento mínimo de 2%. Contudo, para dar-se início ao processo de compactação do subleito, é necessário que se tenha sido realizado todos os serviços de drenagem, redes de serviços e as locações complementares (ABCP, 2010).

### **2.4.3 Preparação da Base**

Para realizar a preparação da base, normalmente, o material mais usual é a bica corrida, desde que tenha sido corretamente especificada. Em seguida, se torna necessário à tomada de precauções rotineiras para evitar a segregação do material durante o transporte, descarga e espalhamento. Com isso, executa-se a regularização e compactação da camada de base, sendo necessária atenção durante a realização destes processos construtivos. Desta forma, assegura-se que a camada de base fique o mais fechado possível, ou seja, presente o mínimo de vazios possíveis para que não haja perda de material da camada de assentamento das peças de concreto (ABCP, 2010).

### **2.4.4 Areia de Assentamento**

A camada de assentamento é executada com o mesmo agregado utilizado na fabricação do concreto, areia média. Esta camada deve conter uma espessura de 3 cm a 5 cm, sendo mantida de forma uniforme e constante, pois neste intervalo a estrutura consegue trabalhar de forma adequada. Quando se utiliza camadas muitas espessas existem a possibilidade de ocorrer deformação (afundamento) nos blocos do pavimento. Por outro lado, quando se usa uma espessura insuficiente na camada de assentamento, os blocos sofrem ruptura por não ter uma área mínima suficiente para alívio das tensões transmitidas pelo tráfego (ABCP, 2010).

Desta forma, a camada de areia deve ser nivelada de maneira manual com o auxílio de uma régua niveladora (sarrafo) correndo sobre mestras (ou guias), de madeira ou alumínio, sendo colocadas paralelas e assentadas sobre a base nivelada e compactada. Não se recomenda a realização de nivelamentos em grandes extensões, evitando que o material passe de um dia para outro ou ali permaneça por períodos prolongados, o usual é trabalhar apenas com extensões que podem ser exequíveis para cumprir a jornada de trabalho prevista para assentamento dos blocos (ABCP, 2010).

**Figura 6: Constituição de pavimento flexível e suas camadas.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

#### **2.4.5 Camada de Revestimento**

Para o início da construção do revestimento a ABCP (2010) recomenda que “antes de começar o serviço seja construído um pequeno trecho de blocos de concreto, soltos e sem compactar, para verificar se o que foi desenhado está de acordo com as medidas do que se tem na obra”.

Logo, a colocação dos blocos é realizada da forma prevista no projeto, de acordo ao tipo de assentamento das peças de concreto (espinha-de-peixe, fileira). A colocação dos blocos é uma das atividades mais importantes de toda a construção do pavimento, pois é responsável, em grande parte, por sua qualidade final. Dela dependerão níveis, alinhamentos do padrão de assentamento, regularidade da superfície, largura das juntas; serviços que são fundamentais para o bom acabamento e a durabilidade do pavimento (ABCP, 2010).



**Figura 7: Execução de assentamento dos blocos de concreto.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

Para a ABCP (2010) o alinhamento correto dos blocos é um indicativo de sua boa qualidade (dimensões uniformes) e da atenção que se teve durante a construção do pavimento.

Para o assentamento dos blocos são utilizados fios guia previamente fixado, que acompanham toda a frente de serviço conforme o seu avanço, em ambos os sentidos (tanto na largura quanto no comprimento) buscando alcançar os alinhamentos desejados durante a execução de um pavimento, respeitando as juntas do revestimento que tem a distância média de 3 mm (mínimo 2,5 mm máximo 4) entre cada peça de concreto. De acordo a obra vai avançando, a cada 5 metros de pavimento executado são verificados regularmente de forma rigorosa o processo construtivo com o intuito de, caso surja eventuais desajustes, possibilitar a correção de forma correta sem a necessidade de remoção dos blocos. Logo tais correções devem ser feitas antes do rejuntamento e da compactação inicial do pavimento, tomando-se o cuidado para não danificar os blocos de concreto (ABCP, 2010).

Em países em que a pavimentação com blocos intertravados de concreto é praticada há mais tempo, o assentamento das PPC é muitas vezes realizado por meio de equipamentos automatizados. Em poucos locais no Brasil são utilizados equipamentos similares enquanto no exterior já existem máquinas mais modernas que executam essa tarefa.

**Figura 8: Assentamento mecanizado de PPC.**



**Fonte:** <http://www.liderpav.com.br/processo.asp>, acessado em 20 de Abril de 2016.

**Figura 9: Assentamento mecanizado de PPC utilizado na Holanda.**



**Fonte:** [http://www.tiger-stone.nl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=55](http://www.tiger-stone.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=55),  
acessado em 20 de abril de 2016.

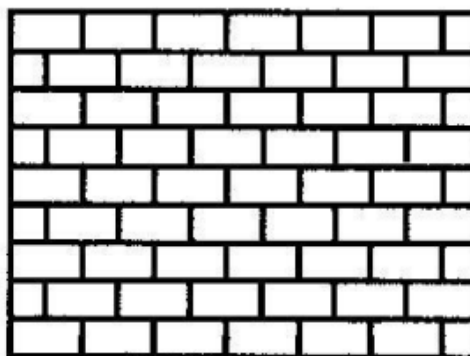
#### **2.4.6 Tipos de Assentamento**

Para a ABCP (2010) para se atingir o máximo de rendimento possível no processo de assentamento dos blocos pré-moldados, normalmente, é necessário obedecer a um padrão de assentamento lógico que determina a sequência de montagem. Esta sequência lógica permite o trabalho simultâneo de mais de um colocador, visando um deslocando lateralmente.

### ***Assentamento em Fileira***

Os blocos são dispostos de maneira única e retilínea, sendo mais usual em passeios urbanos (ABCP, 2010).

**Figura 10: Disposição dos blocos em fileira.**

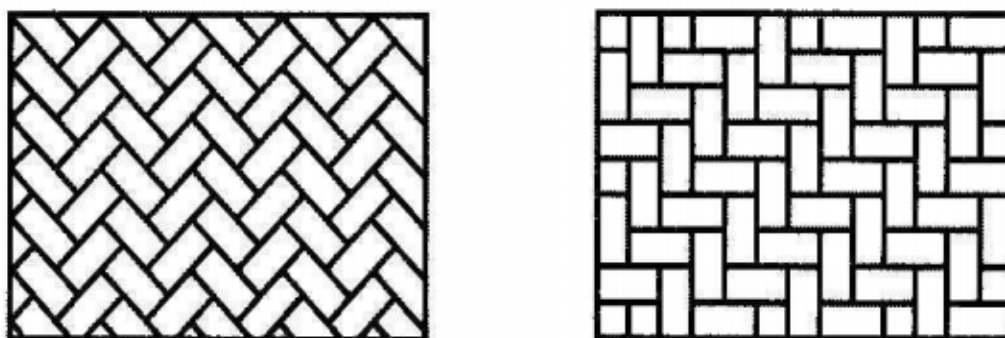


**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

### ***a) Assentamento Espinha de Peixe 90° ou 45°***

Neste tipo de assentamento os blocos são dispostos de maneira perpendicular peça a peça, buscando um melhor grau de travamento, sendo esse método o mais usual para vias urbanas que recebem o tráfego veiculares (ABCP, 2010).

**Figura 11: Disposição dos blocos espinha de peixe em 45° e 90°.**

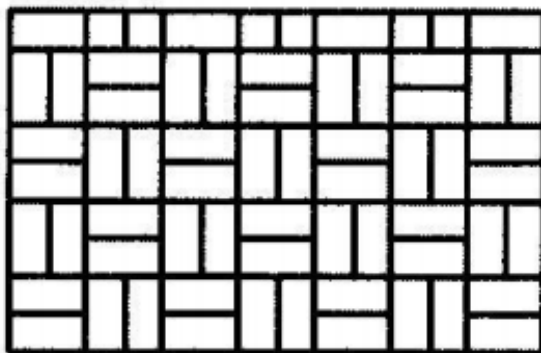


**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

### ***b) Assentamento em Trama***

O assentamento os blocos são dispostos de dois a dois, sendo de forma de maneira perpendicular o travamento entre cada par de peças, sendo esse método o mais usual para passeios (ABCP, 2010).

**Figura 12: Disposição dos blocos em trama.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

#### **2.4.7 Ajustes e Arremates**

Após a execução de todo o pavimento se torna necessário à realização de arremates e ajustes, visando preencher os espaços vazios onde não foi possível o assentamento de uma peça inteira. Para isso não se torna usual a utilização de blocos com menos  $\frac{1}{4}$  de suas dimensões originais. Neste caso, o acabamento é realizado com argamassa seca (uma parte de cimento para quatro partes de areia), tomando-se sempre o cuidado com as existências das juntas entre cada peça. Desta forma, atribui-se o confinamento adequado do pavimento. (ABCP, 2010).

**Figura 13: Ajustes e arremates nas peças pré-moldadas de concreto.**



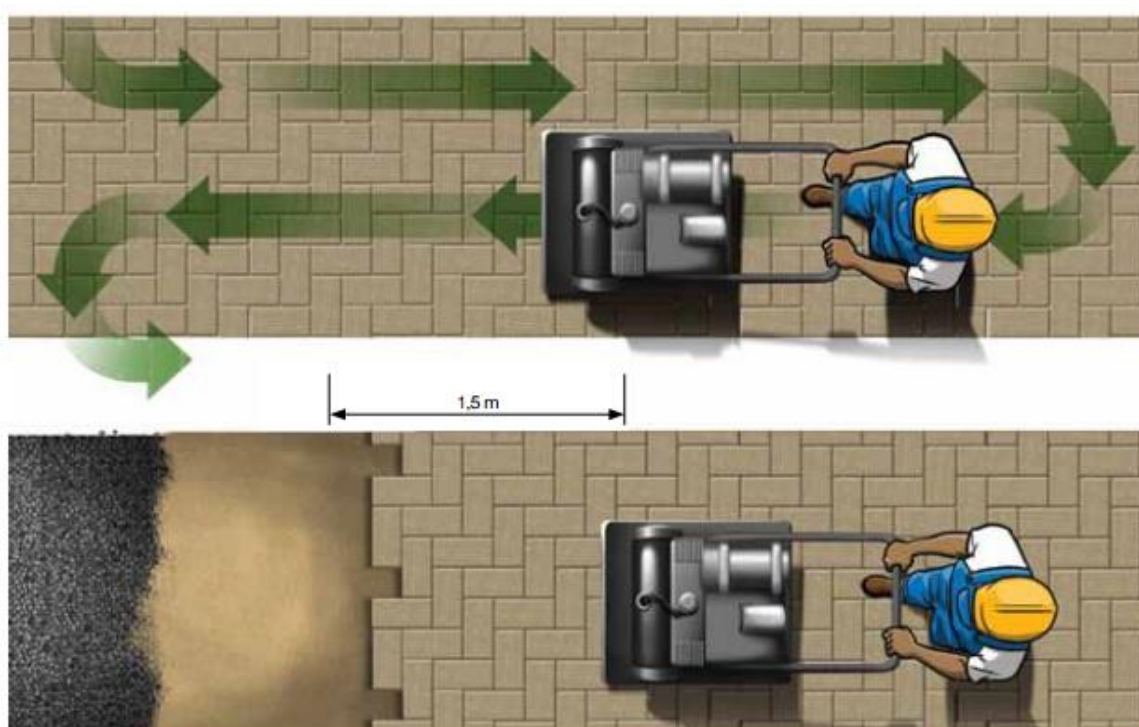
**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

### 2.4.8 Rejunte e Compactação dos Blocos

O material destinado à realização do rejuntamento de toda área pavimentada deverá estar seco no momento de aplicação, sendo livres de matérias friáveis, torrões e impurezas orgânicas (ABCP, 2010).

Em relação à compactação do pavimento intertravado, é obrigatoriamente realizado com passagens em todas as direções do revestimento, sendo sempre necessário sobrepor as passagens, em torno de 15 cm a 20 cm, para não ocorrer à formação de degraus (ABCP, 2010).

**Figura 14: Compactação do pavimento intertravado.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

Para a realização de uma compactação adequada, visando um alto grau de confinamento entre as peças que o compõe, é necessário que no processo de compactação seja utilizado placas vibratórias ou rolos compressores, desta forma vão atribuir cargas suficientes para acomodação das peças de concreto. Porém, não se recomenda o uso de placas vibratórias e rolos compressores em áreas menores a 1,5 metros da borda livre (sem contenção) do pavimento (ABCP, 2010).

### 2.4.9 Selagem das Juntas

Após realizar a compactação inicial e substituir os blocos danificados, efetua-se uma nova camada de areia fina que é espalhada sobre o pavimento, visando o preenchimento das juntas. Assim, é de total importância que o material utilizado seja, adequado e executado da forma correta findando no intertravamento do pavimento. Caso as juntas sejam mal seladas, as peças de concreto ficarão soltas não atingindo o intertravamento desejado e facilitando na deterioração do pavimento (ABCP, 2010).

Espalhe a areia sem deixar formar montes. A areia para preenchimento das juntas deve ser espalhada sobre os blocos de concreto, formando uma camada de espessura delgada e uniforme, capaz de cobrir toda a área pavimentada; deve-se evitar a formação de montes. A areia é então varrida o quanto for necessário para que penetre nas juntas. A varrição pode ser alternada com a compactação final do pavimento ou simultaneamente com ela (ABCP, 2010).

**Figura 15: Preenchimento das juntas com agregado fino.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).



## 2.5 Manifestações Patológicas em Pavimentos Intertravados

As formações das patologias em pavimentos estão ligadas, diretamente na execução inadequada de projetos, como também em problemas construtivos, intempéries, falha na seleção dos materiais e utilização de materiais com baixa resistência na construção do corpo estrutural do pavimento. Deste modo, se torna eminente o surgimento de problemas que levarão a falência estrutural do revestimento, assim como em suas subcamadas, ocasionando problemas no rolamento, conforto e segurança das vias (BERNUCCI, 2008).

### 2.5.1 Principais Tipos de Patologias

#### a) *Patologias Relacionadas à Areia de Assentamento*

Diante das prováveis patologias existentes quem envolvem o pavimento intertravado podemos citar as degradações relacionadas à camada de areia destinada para assentamento das peças pré-moldadas de concreto, Beaty (1992) e Karasawa (2000) apud Cruz (2003), fornecem a tabela a seguir.

**Tabela 3: Problemas estruturais relacionados com a camada de areia.**

Característica da Areia	Patologia Apresentada
Presença de partículas menores que 75 µm na areia utilizada	Deformação vertical permanente Perda de rejuntamento Efeito de flutuação das Peças de pré-moldadas de concreto
Forma dos grãos com tendência a Serem equidimensionais	Esmagamento dos grãos sobre cargas do tráfego Diminui o engastamento entre grãos
Endurecimento do colchão	Propagação de fissuras nas camadas inferiores Deformação Permanente
Espessura do colchão > 50 mm	Deformação Permanente Perda de rejuntamento Efeito de flutuação das peças pré-moldadas de concreto

Fonte: Compilado de Beaty (1992) e Karasawa (2000).

### ***b) Patologias Por Recalque ou Afundamento***

As patologias oriundas da compactação inadequada do solo são caracterizadas pelas deformações plásticas, fazendo-se com que o bloco de concreto perca o seu apoio direto com a superfície de contato, devido a não proporcionalidade plástica e elástica do material com o solo (IBRACON, 2007).

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo ser representado por dois tipos distintos, afundamento plástico ou consolidado. No primeiro caso, o afundamento é causado por influência plástica por uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito. No segundo caso, o afundamento ocorre pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito (DNIT, 2003).

### ***c) Patologias Por Segregação dos Blocos***

Este tipo de patologias esta ligada diretamente ao arrancamento dos agregados dos blocos de concreto, por aspereza superficial do revestimento e provocadas por esforços tangencias causados pelo tráfego (DNIT, 2003).

### ***d) Patologias Por Retração do Concreto***

O bloco de concreto, considerado um elemento substancial no pavimento intertravado, apresenta o cimento como componente quimicamente ativo que por natureza trabalha o efeito de retração do concreto, podendo ser retração hidráulica ou autógena.

“Como o cimento é o componente quimicamente ativo do concreto é responsável direto pelas propriedades mecânicas, mas também está ligado à retração do concreto, hoje uma das principais causas de patologias nos pavimentos. Atualmente sabe-se que a retração pode ser hidráulica e autógena. Sendo a primeira ligada à perda de água par o ambiente e a segunda caracteriza-se pela ocorrência da contração da pasta de cimento sem que haja troca de água com o meio ambiente” (IBRACON, 2007).

### ***e) Patologias Por Armazenamento dos Blocos***

Essa patologia ocorre quando os blocos são empilhados para fins de armazenamento e estocagem, desta forma os blocos ficam propícios à fissuração, pois não houve uma preparação adequada da superfície de descarregamento (IBRACON, 2007).

## **2.5.2 Manutenção em Pavimento Intertravado**

A execução de métodos de manutenção em pavimento intertravados acontece de forma simples e rápida, tendo como necessidade básica apenas a



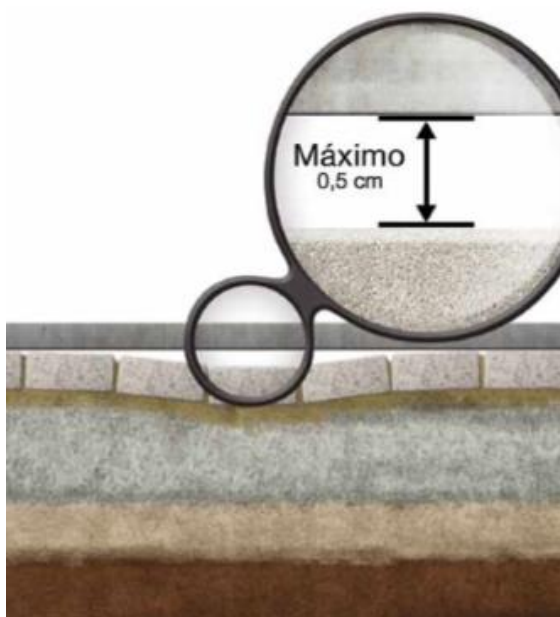
reposição periódica do material de rejuntamento, podendo também surgir a necessidade de reposição de peças de concreto danificadas e permitir fácil recuperação do pavimento quando ocorre afundamentos que venham comprometer a capacidade estrutural da via, o que torna p pavimento mais econômico (ABCP, 2010).

### 2.5.3 Verificação Final

A verificação final do pavimento intertravado se torna necessário logo após toda a execução do revestimento com a finalidade de avaliar e corrigir imperfeições aparentes ou falhas ocorridas durante o processo de assentamento dos blocos (ABCP, 2010).

Antes da abertura ao tráfego, verifique se a superfície do pavimento está nivelada, se atende aos caimentos para drenagem (mínimo de 2%) e acessibilidade, se todos os ajustes e acabamentos foram feitos adequadamente e se há algum bloco que deva ser substituído (ABCP, 2010).

**Figura 16: Desnível máximo permitido em pavimentos intertravados.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

A superfície do pavimento intertravado deve resultar nivelada, não devendo apresentar desnível maior do que 0,5 cm, medido com uma régua de 3 m de comprimento apoiada sobre a superfície.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

O seguinte trabalho retrata um estudo de caso com fins qualitativos e quantitativos que tem como finalidade estudar as propriedades dos pavimentos intertravados, assim como suas manifestações patológicas na cidade de Palmas – TO.

Desta forma, o projeto é composto por quatro etapas distintas, sendo a primeira, caracterização e identificação dos principais tipos de manifestações patológicas e suas referentes causas em estacionamentos na Avenida JK, localizado nas quadras 104 Norte e 104 Sul, na cidade de Palmas – TO. Em seguida, foi realizada uma verificação nos métodos de confecção das peças pré-moldadas de concreto seguindo condições exigidas para aceitação dos blocos pré-moldados utilizados para pavimentação. A terceira e última etapa foi a realização de ensaios de determinação de resistência à compressão dos blocos de concreto pré-moldados fabricados em Palmas – TO destinados à pavimentação ou similares, tendo como base a NBR 9781:2013.

#### **3.2 Apresentação do Objetivo de Estudo**

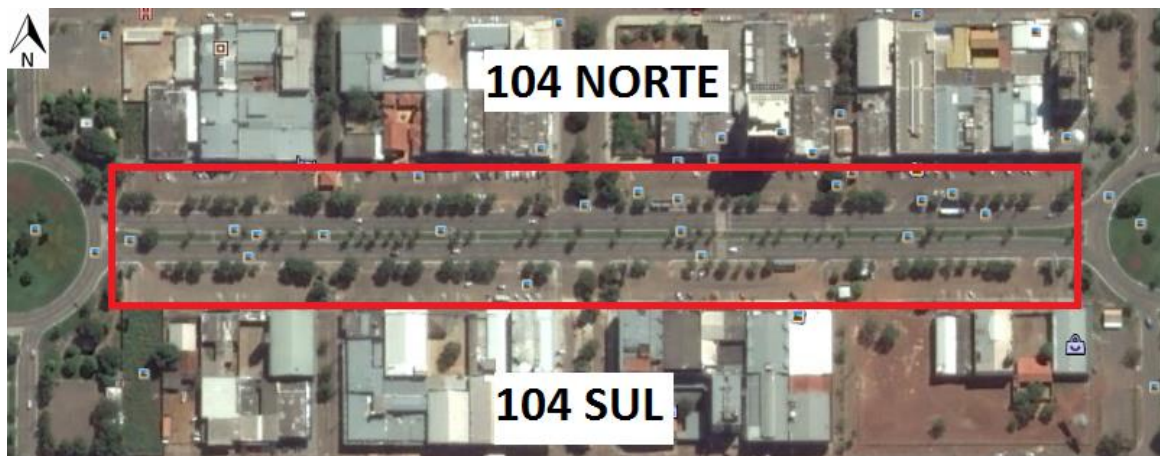
Este trabalho tem como finalidade estudar as principais manifestações patológicas em pavimentos intertravados, assim como a caracterização e identificação e suas possíveis causas em estacionamentos na Avenida JK, localizadas nas quadras 104 Norte e 104 Sul, em Palmas – TO, caracterizada por receber grandes fluxos de veículos diariamente. Foi realizado também estudos sobre as propriedades dos blocos de concreto para pavimentos intertravados, como dimensionamento (atendendo requisitos mínimos de C x L x H) e a resistência à compressão axial, estando ligadas diretamente as cargas aplicadas sobre o pavimento, conforme especificações exigidas no processo construtivo das PPC.

#### **3.3 Coleta de Dados na Avenida JK na Cidade de Palmas – TO**

Foram realizadas coletas de imagens fotográficas, nas quadras 104 Norte e 104 Sul, em cada área destinada a estacionamento de veículos. Nesta etapa, foi necessário efetuar-se vistorias de forma isolada em cada um dos estacionamentos pressupostos, como mostra a figura 15. Desta forma, foi possível abranger toda a

área de ocupação de tráfego, podendo-se realizar todo o processo de caracterização e identificação de manifestações patológicas e suas possíveis causas.

**Figura 17: Imagem da Avenida JK, quadras 104 Norte e 104 Sul.**

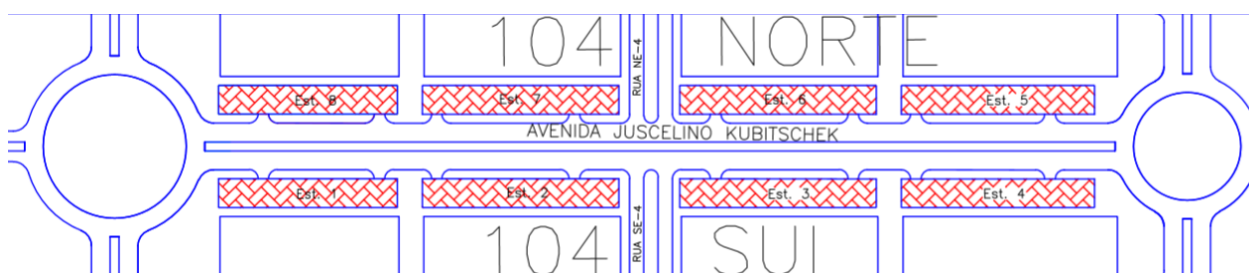


Fonte: Google Earth, acessado em 07 de outubro de 2015.

A coleta de dados aconteceu na forma de captura de imagens, sendo produzido posteriormente um relatório fotográfico contendo fotografias aéreas dos estacionamentos, como também fotografias das principais manifestações patológicas diagnosticadas em toda área de ocupação de tráfego volta para estacionamentos.

Cada estacionamento foi isolado de forma individual, onde se realizou verificações em cada área demarcada, como mostram as figuras 17 e 18.

**Figura 18: Croqui dos estacionamentos da Avenida JK (104 Norte e 104 Sul).**



Fonte: AUTOCAD 2015 em 13 de outubro de 2015.

### **3.4 Verificação da Produção dos Blocos das Empresas de Palmas – TO**

Primeiramente, surgiu a necessidade de buscar empresas que se enquadram no setor de fabricação de pré-moldados de concreto para pavimentação. Com isso, adquiriu-se uma relação de 10 empresas atuantes neste ramo, sendo todas localizadas na cidade de Palmas – TO.

Desta forma, obteve-se uma listagem contendo as 10 empresas classificadas, disposta da seguinte forma:

- Empresa “A”
- Empresa “B”
- Empresa “C”
- Empresa “D”
- Empresa “E”
- Empresa “F”
- Empresa “G”
- Empresa “H”
- Empresa “I”
- Empresa “J”

Dividindo-se em duas categorias distintas, artesanal e industrial. Para a classificação das empresas industriais em pequeno, médio e grande porte, adotaram-se os seguintes critérios: quantidade de colaboradores contratados que participam diretamente na fabricação das PPC, porte de máquinas e equipamentos utilizados no processo mistura, vibração e modelagem dos blocos de concreto, e a demanda de produção que cada empresa atende.

Desta forma, obtiveram-se três empresas que trabalham de forma artesanal, quatro empresas se enquadram na categoria industrial de pequeno porte, duas empresas se enquadram na categoria industrial de médio porte e uma empresa se enquadra na categoria industrial de grande porte, como mostra a tabela 4.

**Tabela 4: Categoria das empresas classificadas.**

CATEGORIAS			
ARTESANAL	INDUSTRIAL		
	PEQUENO PORTE	MÉDIO PORTE	GRANDE PORTE
A	B	E	J
D	C	H	
F	G		
	I		

Fonte: Autor, 2016.

Em seguida, foram realizadas visitas *in loco*, com a finalidade de verificar todos os procedimentos empregados na fabricação dos blocos. Para a realização desta etapa, por motivo ético, não se realizou captura de imagens fotográficas de cada etapa que compõe o processo construtivo dos blocos.

Foram verificadas todas as etapas que envolvem o processo de fabricação das peças pré-moldadas de concreto. Em seguida, foi analisado o método de estocagem do material utilizado (agregados, cimento e água) no processo de fabricação dos blocos é executado de forma correta.

#### **3.4.1 Estocagem dos Materiais**

Foram realizadas vistorias em cada uma das empresas em questão, com a finalidade de analisar qual o método de estocagem que cada fabricante se propõe a usar. Desta forma, se torna possível apontar os métodos de armazenagem dos agregados, que podem ser estocados em baias ou sendo de forma indevida, como também o cimento Portland que pode ser estocado de forma correta ou não. Assim, resultando em um processo construtivo falho ou eficaz.

#### **3.4.2 Equipamentos**

Foram verificados os equipamentos utilizados, por cada empresa, na fabricação das peças pré-moldadas de concreto, sendo observado o método de funcionamento dos mesmos durante a etapa de construção dos blocos.

Com isso, foi possível averiguar quais os tipos de máquinas e equipamentos que cada fabricante utiliza durante a etapa de moldagem das peças.

#### **3.4.3 Concreto**

No processo de fabricação dos blocos, foram verificadas as quantidades de material calculadas ou estimadas por cada fabricante para a produção do concreto, assim como, é realizado o processo de homogeneização do concreto, podendo ser efetuado de forma manual, com a utilização de betoneiras ou de usinas. Analisando ainda, as práticas construtivas realizadas no processo de lançamento de cada um dos materiais utilizados na etapa de produção, tendo em vista a manutenção de um processo padrão de fabricação. Também foram realizadas vistorias no processo de controle tecnológico dos materiais de cada empresa envolvida na fabricação de PPC para pavimentos intertravados.

### 3.4.4 Moldagem das Peças

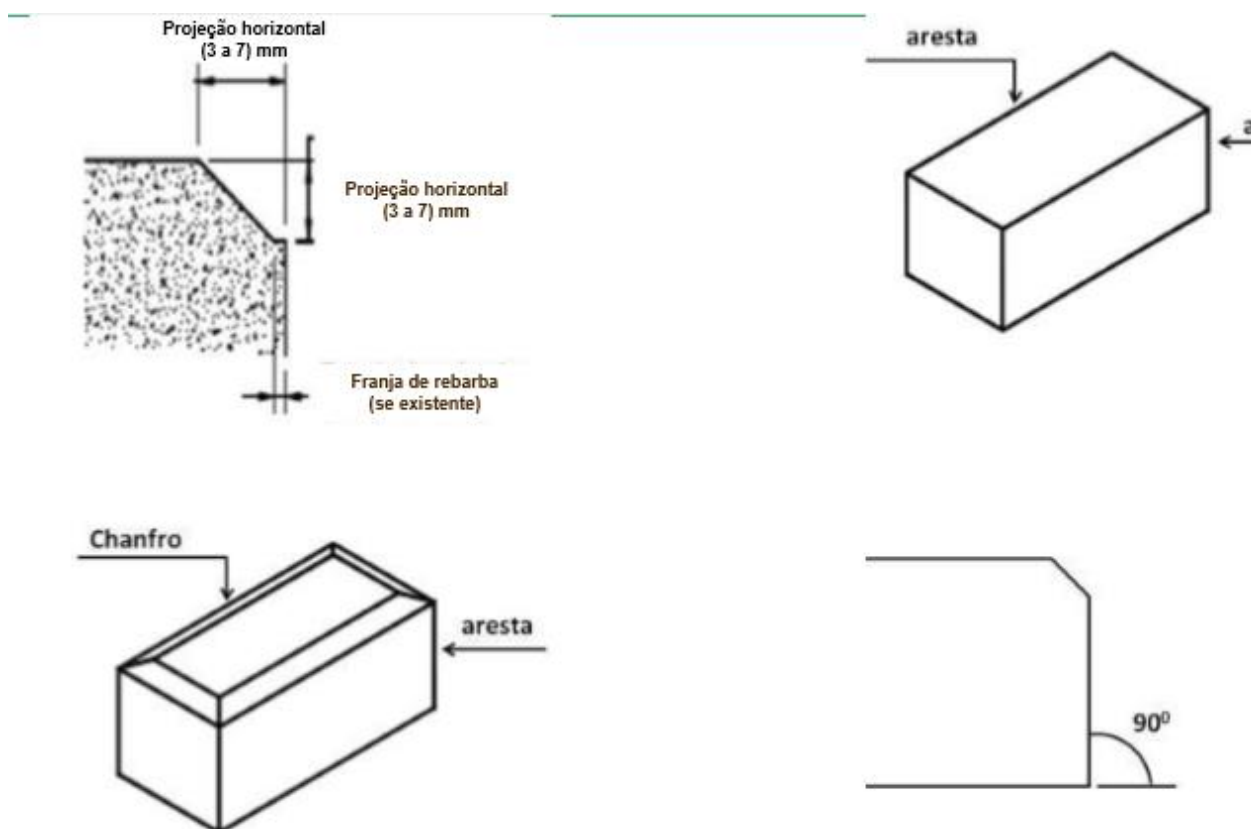
Realizaram-se verificações no processo de moldagem das peças, tendo como base a NBR 9781:2013, onde são especificadas as exigências aceitáveis para a produção de peças de concreto para pavimentação, estacionamentos ou similares.

#### 3.4.4.1 Chanfro

A especificação do chanfro nas peças de concreto depende de aspectos construtivos, da capacidade estrutural e do conforto de rolamento, podendo ser utilizadas peças sem chanfros nos casos específicos.

Nas peças de concreto chanfradas, o chanfro deve apresentar, tanto na projeção horizontal como na projeção vertical, no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm. A figura 19 apresenta um modelo usual de blocos de concreto para pavimentação.

**Figura 19: Modelo de moldagem do bloco de concreto**



**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

#### 3.4.4.2 Arestas

As peças de concreto devem apresentar arestas regulares nas paredes laterais e nas faces superiores e inferiores (figura 19).

### 3.4.4.3 Ângulo de inclinação

O ângulo de inclinação das peças de concreto deve ser igual a 90°. O ângulo das peças deve ser avaliado com esquadro, devendo a peça ser apoiada em uma superfície plana (figura 19).

### 3.4.5 Cura

Foram realizadas também vistorias na etapa de cura das PPC, sendo indicado qual o método cada empresa desenvolve para secagem dos blocos, levando em consideração que a cura pode ser realizada em estufas (com o auxílio de aspersores de água) ou em pátio (utilizando a cura úmida), passando por um período de 7 a 28 dias.

### 3.4.6 Resistência das Peças Pré-moldadas de Concreto

Após a moldagem dos blocos de concreto e o seu período de cura, foram realizadas ensaios de à resistência a compressão axial nas PPC coletadas nas empresas classificadas, conforme o método descrito pela NBR 9781:2013, onde prescreve o método de determinação de resistência à compressão em peças pré-moldadas de concreto destinadas para pavimentação de vias urbanas, estacionamentos e similares como mostra a tabela 5.

**Tabela 5: Resistência à compressão.**

<b>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO</b>		
<b>Veículos comerciais de linha</b>	Veículos leves, caminhões, reboques e outros equipamentos ou empilhadeiras de pequeno porte.	≥ 35 Mpa
<b>Veículos especiais</b>	Guindastes, empilhadeiras de grande porte, transportadores de contêineres etc.	≥ 50 Mpa

**Fonte:** Associação Brasileira de Cimento Portland (2010).

Foram realizadas verificações dimensionais sobre as peças de concreto para pavimentação intertravados fabricadas por cada uma das empresas citadas. Onde, de acordo norma, deverão apresentar as condições mínimas exigíveis para aceitação dos blocos destinados para pavimentação. Logo, os blocos produzidos em cada uma das empresas locadas em Palmas – TO, deverão atender as dimensões mínimas, como também atender as resistências mínimas de compressão, suportando solicitações de veículos comerciais de linha.

### **3.5 Determinação de Resistência à Compressão**

#### **3.5.1 Coleta dos Blocos de Concreto**

Foi realizada uma seleção entre empresas atuantes no mercado de Palmas – TO, buscando no mínimo 3 empresas que já tenham experiência no mercado local visando a fabricação das peças de concreto.

A coleta dos blocos de concreto foi realizada logo após a seleção das empresas que atuam no mercado local. Para isso, foi necessário todo um processo de deslocamento até cada uma das empresas, onde foram adquiridas peças pré-moldadas de concreto (no mínimo dois modelos de bloco fabricados por empresa).

#### **3.5.2 Ruptura dos Corpos de Prova**

Os ensaios de ruptura dos corpos de prova foram realizados no laboratório de concreto e estruturas da empresa Luar Engenharia e Construções, localizado na quadra 306 Norte, na cidade de Palmas – TO.

Foram rompidos corpos de provas com dimensões e formatos diferentes, sendo distribuídas em blocos retangulares e blocos 16 faces. O processo de ruptura, que tem por finalidade determinar a resistência à compressão de todas as peças de concreto pré-moldado, que ocorre mediante especificações encontradas na NBR 9781:2013. Para a realização do ensaio de determinação de resistência a compressão, foi utilizada uma prensa elétrica hidráulica 1 MN com indicador digital devidamente calibrada.

Desta forma, foram seguidas todas as exigências especificadas em na NBR 9781:2013, onde estabelece os requisitos e todos os métodos de ensaio necessários para aprovação das PPC voltadas para pavimento intertravado, sendo utilizadas para tráfego de pedestres, de veículos pneumáticos, como também para áreas de armazenamento de produtos.

#### **3.5.3 Métodos**

Conforme descreve a NBR 9781:2013, foram levados em considerações vários critérios especificados por norma para a realização do ensaio de resistência a compressão axial em PPC para pavimentação, tais como:

- a) É realizada a aplicação de força sobre a estrutura que deve ter a capacidade compatível com os ensaios a serem realizados, desta forma permitindo a aplicação controlada da força sobre a peça colocada entre os



pratos de compressão. O prato que se desloca deve ter movimento na direção vertical, sendo perpendicular ao prato fixo;

- b) O CP deve ser posicionado de forma que, quando estiver centrado, seu eixo coincida com o eixo da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro;
- c) Utilizando-se uma fonte de energia estável, proporcionando uma aplicação de carga contínua;
- d) As placas auxiliares utilizadas no ensaio devem ser circulares, com diâmetro de  $(85 \pm 0,5)$  mm e espessura mínima de 20 mm, confeccionadas em aço, com dureza superficial maior que 60 RC;
- e) As placas auxiliares devem ser acopladas à prensa de ensaio de compressão, uma no prato inferior e a outra no superior, de maneira que seus eixos verticais centrais fiquem perfeitamente alinhados;

Para a realização do ensaio de determinação de resistência a compressão, levou-se em consideração a realização de alguns critérios que influenciam diretamente no resultado a ser obtido. Assim, as peças representativas do lote amostrado devem estar nas seguintes condições, no momento do ensaio:

- a) Saturadas em água a  $(23 \pm 5)$  °C, por no mínimo 24 h antes do ensaio;
- b) As superfícies de carregamento devem ser retificadas ou capeadas;
- 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 os eixos verticais coincidam;

Assim, a resistência à compressão da peça, expressa em Mpa, é obtida dividindo-se a carga de ruptura, expressa em newtons (N), pela área de carregamento, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>), multiplicando-se o resultado pelo fator  $p$ , função da altura da peça, conforme apresenta a tabela 6.

**Tabela 6: Fator multiplicativo  $p$ .**

<b>Espessura nominal da peça (mm)</b>	<b><math>p</math></b>
60	0,95
80	1,00
100	1,05

**Fonte:** ABNT, 2013.

### 3.5.4 Determinação da Resistência à Compressão Estimada

Para determinação da resistência a compressão, admite-se que as resistências à compressão obedecem à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela equação:

$$f_{pk\ est} = f_p - (t * s)$$

Sendo:

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

Onde:

$f_p$ : é a resistência média das peças, expressa em MPa;

$f_{pi}$ : é a resistência individual das peças, expressa em MPa;

$f_{pk\ est}$ : é a resistência característica estimada à compressão, em MPa;

$n$ : é o número de peças da amostra;

$s$ : é o desvio-padrão da amostra, em MPa;

$t$ : é o coeficiente de Student, fornecido na tabela 7, em função do tamanho da amostra.

**Tabela 7: Coeficiente de Student (nível de confiança de 80 %).**

<b>n</b>	<b>t</b>
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, 2013.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste trabalho são apresentados em três etapas distintas, onde na primeira delas foram realizadas verificações *in loco* para caracterização e identificação das principais manifestações patológicas e suas possíveis causas. Logo após, foram processadas imagens, via satélite com a utilização de ferramentas computacionais, dos estacionamentos localizados na Avenida JK, nas quadras 104 Norte e 104 Sul na cidade de Palmas – TO, com a finalidade de mapear os trechos situando os principais defeitos encontrados no pavimento intertravado. Para a segunda etapa foram realizadas visitas *in loco* em 10 empresas distintas (nomeadas da seguinte forma: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) localizadas em Palmas – TO, tendo como objetivo principal verificar os métodos construtivos e equipamentos utilizados na fabricação das PPC. Na terceira e última etapa, foram realizados ensaios de resistência à compressão axial das PPC, como também a execução de um comparativo das dimensões dos blocos fabricadas por cada uma das empresas, citadas anteriormente, localizadas nesta mesma cidade, tendo como parâmetro a NBR 9781:2013,

### 4.1 Patologias

De acordo Bernucci et al (2008) a origem de formações patológicas em pavimentos está ligada diretamente a falha no processo executivo de projeto, assim também como problemas construtivos (intempéries, utilização de material de baixa resistência no corpo estrutural do pavimento e etc.).

Para a identificação das possíveis causas de manifestações patológicas de um pavimento, serão usados como referência, autores renomados que tratam especificamente do assunto abordado em pesquisa, tais como Senço (2007), Balbo (2007) e Bernucci et al. (2008), como também manuais de execução da ABCP (2010).

Desta forma, serão levantadas as possíveis causas que contribuíram para o surgimento de cada falha, identificando também os trechos onde as principais manifestações patológicas estão situadas. Assim, apresentando relatório fotográfico com as principais patologias diagnosticadas e comparando-as com os tipos apresentadas no referencial teórico do presente trabalho.

### 4.1.1 Mapeamento

Para facilitar o levantamento de identificação das principais manifestações patológicas diagnosticadas e suas possíveis causas em pavimento intertravado dos estacionamentos localizados na Avenida JK, na cidade de Palmas – TO. Foi necessário analisar cada área de forma isolada, como mostra a figura 17. Neste caso, foram realizadas vistorias *in loco* nos dias 14 de fevereiro de 2016 e dia 21 de fevereiro do mesmo ano, com a finalidade de identificar os trechos onde estão situados esses defeitos.

**Figura 20: Disposição dos estacionamentos estudados.**



Fonte: Google Earth em 5 de Março de 2016

### 4.1.2 Caracterização

Como a ideia inicial deste trabalho é caracterizar as principais falhas pertinentes em pavimentos intertravados, foram realizadas verificações para identificação das manifestações patológicas e suas causas de forma isolada. Desta forma, foi possível apontar cada trecho onde estão situados os principais defeitos apresentados no pavimento.

Esses defeitos aparentes no pavimento intertravado foram classificados, de acordo sua origem, da seguinte forma:

- **TIPO 1:** Manifestações por recalque ou afundamento;
- **TIPO 2:** Manifestações por segregação das PPC;

- **TIPO 3:** Manifestações relacionadas a areia de assentamento dos blocos;
- **TIPO 4:** Manifestações por retração do concreto;
- **TIPO 5:** Manifestações por armazenamento dos blocos;
- **TIPO 6:** Manifestações por mau uso;

Realizando-se, desta maneira, um mapeamento identificando os trechos onde estão situados os principais defeitos.

#### **4.1.3 Manifestações Patológicas e Suas Possíveis Causas**

O pavimento intertravado tem como principal característica a dissipação dos esforços aplicados através do atrito lateral bloco a bloco, independentemente do tipo de assentamento executado. Este processo ocorre devido ao intertravamento realizado no pavimento, através da existência de contenções laterais e do rejunte entre frestas. Desta forma, possibilita-se que o revestimento trabalhe de forma única, assemelhando-se a uma laje.

Após processo construtivo dos pavimentos intertravados são vastas as possibilidades do surgimento de manifestações patológicas ao longo do tempo, pois qualquer falha realizada durante o período de execução de projeto acarretará em patologias futuras.

Sabendo disso, realizaram-se verificações e captura de imagens para identificação das manifestações patológicas diagnosticadas em cada um dos estacionamentos, assim como suas possíveis causas.

##### **4.1.3.1 Manifestações Por Recalque ou Afundamento**

Depois de realizadas verificações visuais, constatou-se a predominância de dois tipos distintos de patologias, as manifestações por recalque / afundamento e por segregação das PPC, classificadas como TIPO 1 e TIPO 2, respectivamente.

Esses dois tipos de patologias foram diagnosticadas com maior incidência em toda área pavimentada estudada. Desta forma, a figura 21 mostra os principais trechos afetados pela ocorrência destas falhas que são encontradas frequentemente em pavimentos intertravados.

**Figura 21: Principais trechos com manifestações patológicas.**



**Fonte:** Google Earth em 5 de Março de 2016.

As manifestações patológicas oriundas por recalque ou afundamento, geralmente são deformações permanentes caracterizadas por depressão da superfície do pavimento, dividindo-se em dois tipos distintos, o afundamento plástico ou afundamento consolidado. No primeiro, tem como principal causa à influência plástica por uma ou mais camadas estruturais que compõem o pavimento ou subleito. No segundo, é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas estruturais do pavimento ou subleito, como apresenta a figura 22.

**Figura 22: Manifestação patológica por recalque ou afundamento plástico.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.

As manifestações por recalque estão ligadas também, diretamente ao material utilizado no processo construtivo das camadas estruturais do pavimento, tendo como principal causa à compactação inadequada do solo, caracterizando-se



por deformações plásticas, possibilitando diretamente a perda de apoio dos blocos de concreto com a superfície de contato, diante da não proporcionalidade plástica e/ou elástica do material com o solo, como mostra a figura 23.

**Figura 23: Manifestação patológica por recalque.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.

Em pavimentação se torna fundamental o estudo do coeficiente de recalque, pois quando se trata de dimensionamento de pavimento rígido este coeficiente tem principal importância, devido à necessidade da placa de concreto repousar diretamente em camadas flexíveis, ou seja, uma sub-base construída sobre um subleito,

#### **4.1.3.2 Manifestações Por Segregação das PPC**

A figura 24 mostra como se inicia as manifestações patológicas referentes à segregação das peças pré-moldadas de concreto, que estão ligadas diretamente ao arranchamento dos agregados dos blocos, devido à aspereza superficial do revestimento, sendo provocadas pelas cargas tangenciais aplicadas pelo tráfego.

**Figura 24: Manifestação patológica por segregação das PPC.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.



#### 4.1.3.3 Manifestações Relacionadas à Areia de Assentamento

O pavimento intertravado é um tipo de revestimento flexível permeável que permite a passagem rápida da água, que então fica armazenada por um período nas camadas de base e sub-base, funcionando como reservatório e filtro. Esta capacidade de infiltração tem como principal responsável às juntas existentes entre cada bloco e ao material utilizado para a camada de assentamento e rejunte do revestimento.

A figura 25 mostra os principais trechos do estacionamento 3 onde estão situadas as manifestações patológicas.

**Figura 25: Principais trechos com manifestações patológicas.**



**Fonte:** Google Earth em 5 de Março de 2016.

Diante disso, existem patologias ligadas diretamente a degradações da areia de assentamento das PPC que envolvem o pavimento intertravado. Entre quais se destaca a deformação vertical do pavimento, perda de rejuntamento, propagação de fissuras nas camadas inferiores, deformação permanente e o efeito de flutuação das peças pré-moldadas de concreto. Tendo como possíveis causas a utilização de areia com partículas menores que 75  $\mu\text{m}$ , o endurecimento do colchão e/ou execução da camada de assentamento inferior a 5 cm.

A figura 26 mostra de forma clara os defeitos relacionados diretamente a areia de assentamento. Uma das imagens tem como possível causa o acúmulo de sedimentos que ficam limitados ao topo do rejunte do pavimento, devido ao volume de tráfego existente no local ou a existência de fontes de sedimentos próximos ao pavimento (como por exemplo, jardins e áreas propensas a carregamento de

sólidos). A solução básica para este tipo de defeito no revestimento se dá pela substituição do material de rejuntamento, devolvendo assim ao pavimento sua capacidade de infiltração.

**Figura 26: Manifestação patológica relacionada à areia de assentamento.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.

#### **4.1.3.4 Manifestações Por Retração do Concreto**

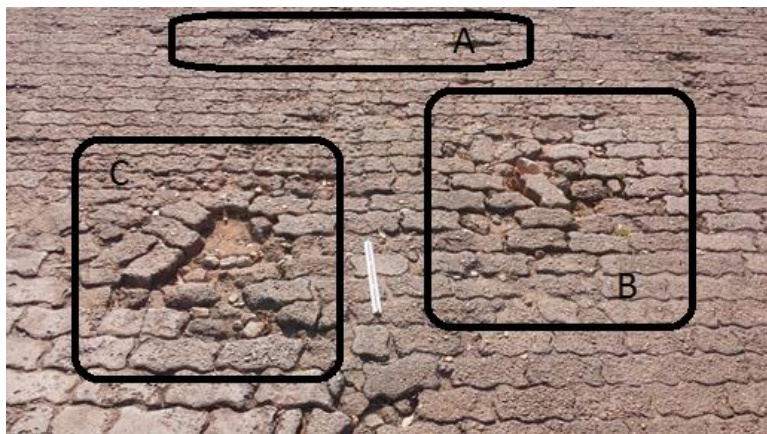
Sendo o concreto a matéria-prima utilizada na fabricação de peças pré-moldadas que compõe um pavimento intertravado e apresenta o cimento (que por natureza trabalha o efeito de retração) como componente quimicamente ativo, surgiu então à possibilidade de existência deste tipo de manifestação patológica durante o processo de fabricação dos blocos.

A manifestação por retração pode se dividir em dois tipos distintos, são elas: a retração hidráulica ou autógena.

Onde a retração hidráulica está ligada diretamente a perda de água para o ambiente, enquanto a retração autógena caracteriza-se pela ocorrência da contração da pasta de cimento sem que haja a necessidade de troca de água com o ambiente.

A deterioração do revestimento ocorre quando se utiliza blocos com indícios de retrações ocorridas durante o processo de fabricação das peças, este fator possibilita o surgimento de fissuras que, posteriormente, após a aplicação de cargas pontuais sobre o revestimento, acarreta na ruptura dos blocos de concreto, como mostra a figura 27.

**Figura 27: Manifestação patológica associada.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.

A – Segregação das PPC; B – Assentamento dos blocos; C – Ruptura dos blocos;

#### **4.1.3.5 Manifestações Por Armazenamento dos Blocos**

Patologias oriundas desta natureza, geralmente ocorrem durante o processo de empilhamento dos blocos de concreto para fins de armazenamento e estocagem, pois não há uma preparação adequada da superfície destinada a descarregamento das peças, desta forma os blocos ficam propícios à fissuração.

Uma dos principais sintomas deste tipo de manifestação patológica são as fissuras, que se tornam mais aparentes nos blocos de concreto quando se aplica carregamentos no revestimento. Com a utilização de blocos com este tipo de defeito, se torna eminente o surgimento patologias futuras, geralmente ligadas à ruptura total das peças pré-moldadas de concreto, como mostra a figura 28.

**Figura 28: Manifestação patológica por armazenamento dos blocos.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.

#### 4.1.3.6 Outros tipos de manifestações

Outros vários tipos de manifestações patológicas foram diagnosticados nos estacionamentos, patologias essas que geralmente se dão por tráfegos de veículos com cargas em excesso (caminhões, empilhadeiras e etc.), tendo como exemplo, transportadoras que abastecem o mercado formal naquele setor, assim também como frenagens bruscas efetuadas por motoristas imprudentes, dentre outras.

Durante a etapa de caracterização e identificação das manifestações patológicas e suas possíveis causas, foi quantificado o número de defeitos encontrados em cada área analisada, com finalidade de indicar o estacionamento com menor número de patologias e o que apresentou maior deterioração no revestimento, conforme mostra a tabela 8.

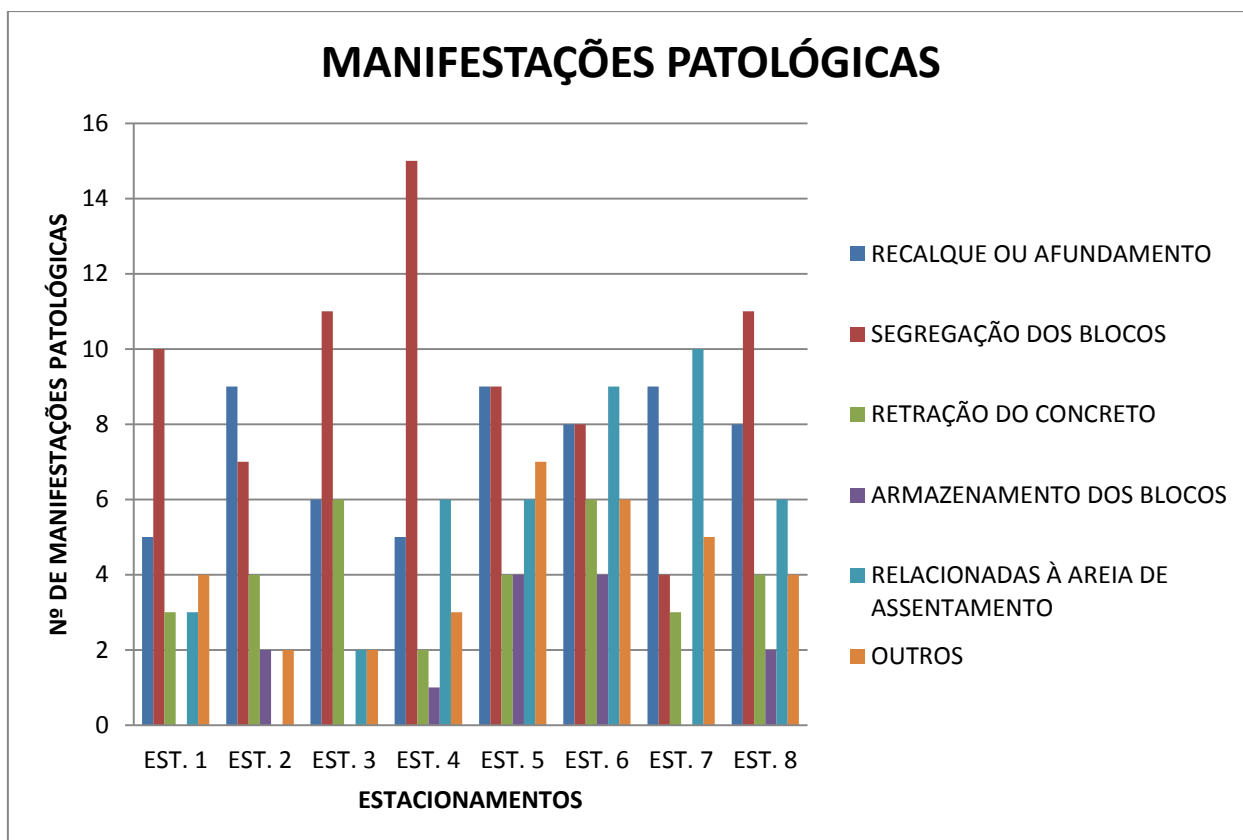
**Tabela 8: Manifestações patológicas diagnosticadas.**

TIPOS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	ESTACIONAMENTOS							
	01	02	03	04	05	06	07	08
RECALQUE OU AFUNDAMENTO	5	9	6	5	9	8	9	8
SEGREGAÇÃO DOS BLOCOS	10	7	11	15	9	8	4	11
RETRAÇÃO DO CONCRETO	3	4	6	2	4	6	3	4
ARMAZENAMENTO DOS BLOCOS	0	2	0	1	4	4	0	2
RELACIONADO À AREIA DE ASSENTAMENTO	3	0	2	6	6	9	10	6
OUTROS	4	2	2	3	7	6	5	4
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>31</b>	<b>35</b>

Fonte: Autor, 2016.

Com a realização desta caracterização, tornou-se possível a elaboração de um gráfico com a finalidade de quantificar as incidências patológicas existentes em cada um dos estacionamentos. Sendo comuns, em sua grande maioria, as manifestações patológicas por segregação das PPC. Logo, é a principal responsável pela deterioração do pavimento intertravado ali presente, como mostra o gráfico da figura 29.

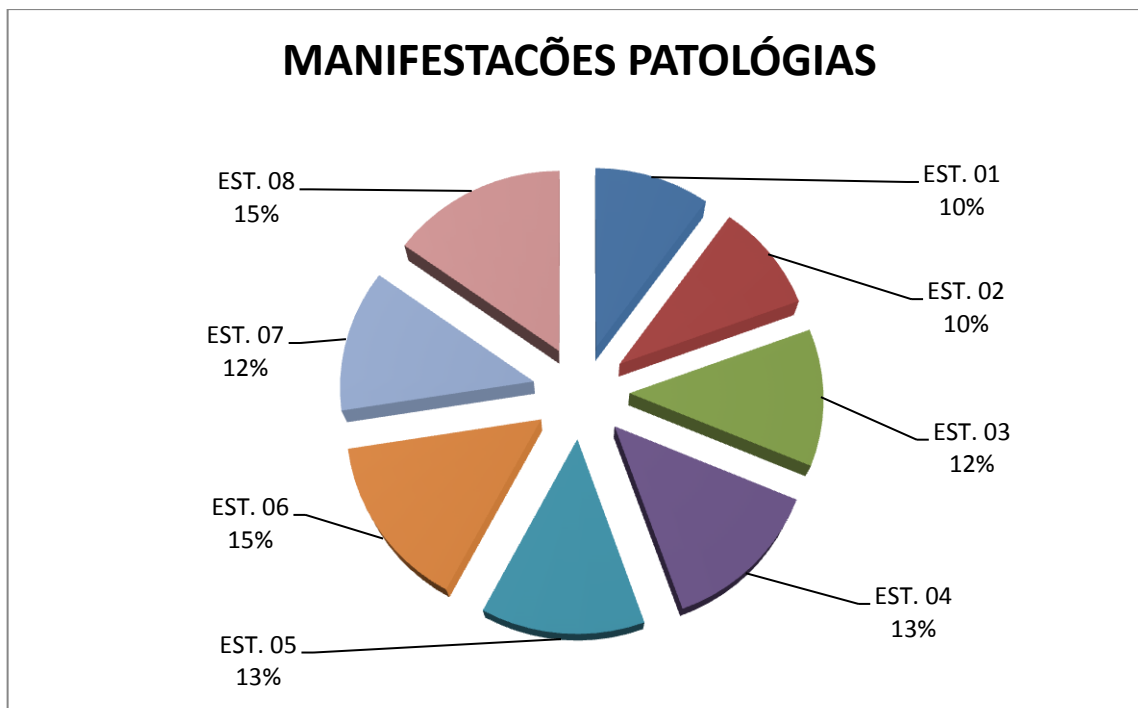
Figura 29: Levantamento quantitativo patológico.



Fonte: Autor, 21 de Fevereiro 2016.

Assim, como resumo dos resultados finais da caracterização e identificação das principais manifestações patológicas diagnosticadas no pavimento intertravado, tem-se o gráfico apresentado na figura 30, que mostra em porcentagens a real área defeituosa de cada estacionamento.

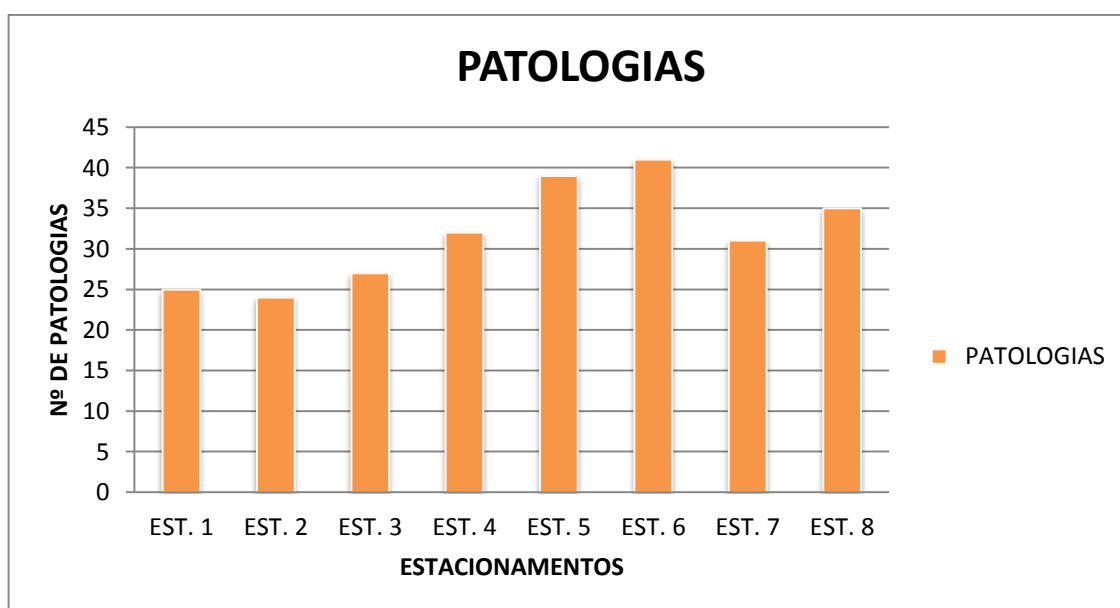
**Figura 30: Manifestações patológicas diagnosticadas.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.

Com isso, foi possível diagnosticar o estacionamento que apresenta maior deterioração no pavimento intertravado provocado por diversos tipos de patologias, como apresenta a figura 31.

**Figura 31: Levantamento total patológico por estacionamento.**



**Fonte:** Autor, 21 de Fevereiro 2016.



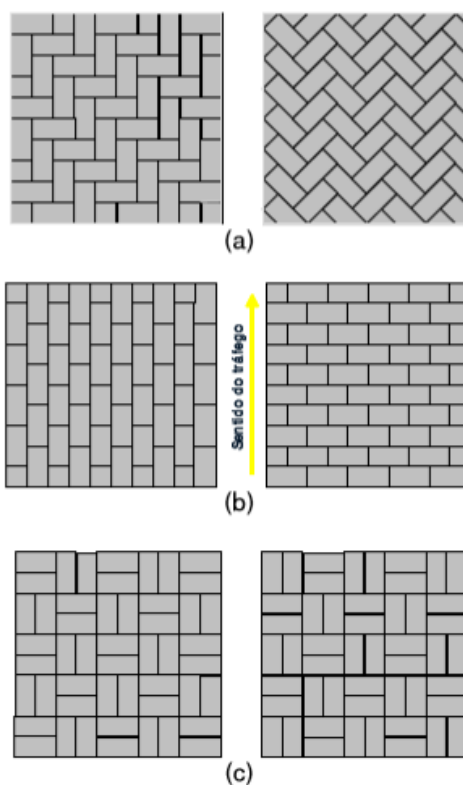
#### 4.1.4 Alinhamento e Tipos de Assentamentos de PPC

Durante a realização de verificações para caracterização e identificação de manifestações patológicas e suas possíveis causas, foram diagnosticados defeitos equivalente ainda ao processo de assentamento dos blocos de concreto, tais como: juntas de espessuras superiores às máximas indicadas, sendo fator preponderante ao intertravamento do pavimento, como também a utilização de blocos já fissurados resultantes da etapa de cura realizada de forma errada.

Com tudo, o tipo de assentamento escolhido para execução deve atingir o máximo de rendimento possível, para isso normalmente é necessário obedecer a um padrão de assentamento lógico que determina a sequência de montagem. Esta sequência lógica permite o trabalho simultâneo de mais de um colocador, visando um deslocando lateralmente.

Na figura 32, observam-se os tipos de assentamentos mais usuais para pavimentos intertravados, que são: assentamento espinha de peixe 90° ou 45° (a), assentamento em fileira (b) e assentamento em trama (c).

**Figura 32: Tipos de assentamento dos blocos.**



**Fonte:** Associação Brasileira de Concreto Portland (2010).

## **4.2 Fabricação de Peças Pré-moldadas de Concreto**

O concreto pré-moldado utilizado no setor de pavimentação vem crescendo de forma gradativa. Com isso, se torna fundamental, durante o processo de fabricação das peças pré-moldadas destinadas à pavimentação de vias urbanas (como calçadas, ruas, parques, estacionamentos), atender aos requisitos relacionados a dimensionamento e de resistência à compressão dos blocos de concreto (resistência mínima de 35 MPa para vias de veículos leves). Para isso, se torna necessário seguir exigências especificadas pela NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio.

### **4.2.1 Empresas e Procedimentos**

As 10 empresas selecionadas que se enquadram no setor de fabricação de pré-moldados de concreto para pavimentação atuante no mercado de Palmas – TO (como apresenta a tabela 4) foram classificadas da seguinte forma: artesanais e industriais (pequeno, médio, grande porte). Para a realização desta etapa, por motivo ético, não se realizou captura de imagens fotográficas de cada uma das etapas que compõe o processo construtivo dos blocos.

#### **4.2.1.1 Artesanais**

##### **a) Empresas “A”, “D” e “F”**

O processo construtivo utilizados na fabricação dos blocos de concretos por essas três empresas citadas assemelham-se, pois é realizada de forma artesanal, podendo não atingir especificações exigidas por norma (NBR 9781:2013), sendo uma delas a resistência à compressão axial das peças pré-moldadas de concreto, devido ao processo adotado para confecção dos blocos.

A estocagem dos agregados utilizados na fabricação dos blocos de concreto é realizada de forma simples, sem o uso de baias e em contato direto em solo, como mostra a figura 33.



**Figura 33: Estocagem dos agregados.**



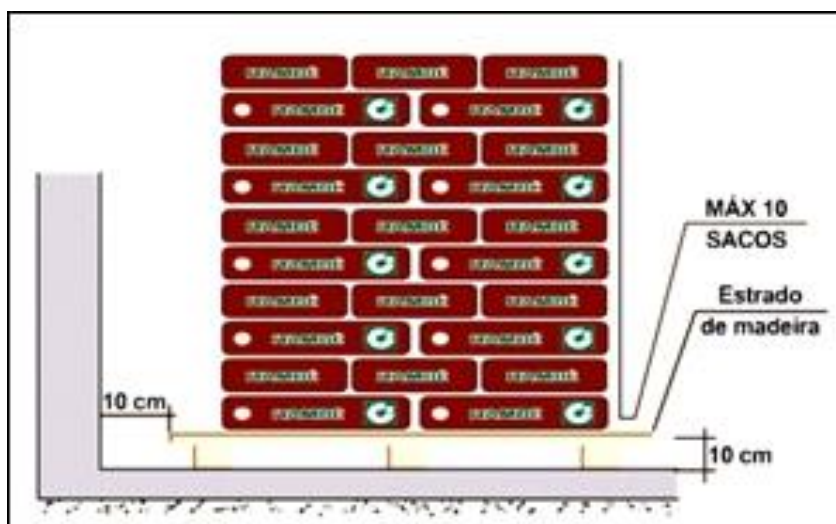
**Fonte:** <http://www.ebah.com.br/content/estocagem>, acessado em 11 de Março de 2016.

Assim, com a não realização de um controle tecnológico rigoroso sobre os agregados utilizados, se torna propício o aparecimento de matéria orgânica na composição do concreto, podendo afetar diretamente na fabricação do produto final.

Já o cimento Portland é estocado de acordo especificações técnicas, sendo mantidas as quantidades máximas de sacos por pilha, como também as distâncias mínimas entre piso, paredes e teto. Desta maneira, evita-se a possibilidade de hidratação dos grãos de cimento, devido à transferência de umidade existente no ambiente destinado a estocagem do material.

O método de estocagem do cimento deve ser realizado da seguinte forma: as pilhas devem ser constituídas de no máximo 10 sacos de altura, colocadas sobre estrados de 10 cm e as embalagens não devem ter contato com as paredes ou teto, mantendo destas distâncias mínimas de 10 cm e 50 cm, respectivamente, como mostra a figura 34. O cimento deve ainda ser armazenado em local bem protegido da ação das intempéries, da umidade e de outros agentes nocivos à sua qualidade.

**Figura 34: Método correto de armazenamento de sacos de cimento.**



**Fonte:** <http://www.cimentoitambe.com.br/armazenagem-cimento>, acessado em 11 de Março de 2016.

Verificou-se o método de fabricação das peças pré-moldadas de concreto, assim como os principais equipamentos empregados no mesmo. Desta forma, observou-se a equivalência de equipamentos utilizados por cada uma destas empresas, tais como:

- Betoneira de 400 L;
- Mesa vibratória e prensa;
- Formas metálicas ou plásticas;
- Padiolas, carrinho de mão e derivados;
- Pás, bandejas e paletes;

Para a fabricação do concreto a ser utilizado neste processo, estima-se um traço inicial padrão, onde a partir deste ponto inicia-se o processo de ajustes no mesmo, com a finalidade de alcançar um concreto convencional que atenda as necessidades mínimas, como boa trabalhabilidade, plasticidade e resistência.

Verificou-se também o setor onde se realizada a moldagem dos blocos de concreto, percebeu-se a equivalência nas técnicas construtivas utilizadas, desde processo de fabricação do concreto até método de cura utilizado.

Inicia-se o processo de moldagem logo após a confecção do concreto, onde se realiza o transporte do mesmo até a mesa vibratória através do uso de carrinhos de mão. Em seguida, é feito o preenchimento das formas plásticas com o concreto

produzido, passando-as posteriormente por mesas vibratórias, que tem como finalidade diminuir os espaços vazios no concreto, influenciando diretamente na resistência final exigida por cada bloco, como mostra a figura 35.

**Figura 35: Moldagem dos blocos de concreto.**



**Fonte:** <https://i.ytimg.com/vi/yPzect05Na0/hqdefault.jpg>, acessado em 11 de Março de 2016.

Os blocos moldados são posicionados em paletes com superfície livre de partículas sólidas. O processo de cura das peças pré-moldadas de concreto é efetuada de forma convencional, aplicando-se a cura úmida para a secagem definitivas dos blocos. Fazendo-se uso deste método de secagem de 7 a 14 dias, após a moldagem das peças.

Observa-se, na figura 36, um processo de secagem dos blocos de concreto sendo realizada através de raios solares e cura úmida.

**Figura 36: Processo de secagem dos blocos de concreto.**



**Fonte:** <http://i3.ytimg.com/vi/qpYktoSQ3u4/mqdefault.jpg>, acessado em 11 de Março de 2016.

A estocagem dos blocos de concreto produzidos é realizada manualmente, tendo como principal equipamento de transporte carrinhos de mão e derivados. Os blocos são distribuídos em pilhas sem quantidades distintas. Assim, observou-se a existência de vários blocos com ocorrência de ruptura total, devida ao método utilizado de estocagem.

#### **4.2.1.2 Industriais**

##### **a) Empresas de Pequeno Porte “B”, “C”, “G” e “I”**

Quando se trata de fabricação de blocos de concreto de forma industrializada, os meios utilizados para este fim tende a serem mais sofisticados, dando maior autonomia no processo construtivo dos blocos.

Partindo deste pressuposto, verificou-se a área destinada à estocagem dos principais componentes para a fabricação do concreto, tais como agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e cimento Portland. Desta forma, foi possível observar como se dispõem os materiais em suas baias e, a partir deste ponto, nota-se uma mera diferença em relação à estocagem de material relacionada a empresas que aplicam a forma artesanal de fabricação. As empresas industrializadas de pequeno porte efetuam a estocagem dos materiais básicos em baias devidamente divididas, tornando possível a aplicação de um controle tecnológico mais eficaz sobre os mesmos, como ilustra a figura 37.

**Figura 37: Baias de agregados.**



**Fonte:** <http://www.ebah.com.br/content/baias-de-agregado>, acessado em 11 de Março de 2016.

Quando o assunto é o método de estocagem de cimento Portland, notou-se a utilização do mesmo processo aplicado nas empresas citadas anteriormente. O cimento é estocado conforme exigências técnicas, especificadas na figura 34, onde diz que devem ser mantidas as pilhas de cimento mantendo-as com no máximo 10 sacos de altura, sendo colocadas sobre estrados de 10 cm, as embalagens não devem ter contato com as paredes ou teto, mantendo destas as distâncias mínimas de 10 cm e 50 cm, respectivamente. Para aprimorar esse processo o cimento deve ser armazenado em local bem protegido da ação das intempéries, da umidade e de outros agentes nocivos à sua qualidade.

O marco diferencial no processo de fabricação de blocos de concreto por empresas industrializadas se dá ao mecanismo e equipamentos utilizados durante a confecção das peças pré-moldadas. Buscando uma maior autonomia e um grau de produtividade elevado, utilizam-se equipamentos que promovem essa realização, tais como:

- Betoneira ou misturadores;
- Vibro-prensa;
- Esteiras;
- Formas plásticas;
- Padiolas, carrinho de mão e derivados;
- Bandejas e Paletes;

As fabricantes inclusas na categoria de empresas industrializadas de pequeno porte têm como características principais, a produção em baixa escala, a quantidade mínima de colaboradores no processo construtivos dos blocos e o uso de equipamentos e máquinas de pequeno porte.

Durante o período de visitas e verificações percebeu-se que o traço estipulado para fabricação do concreto é feito de forma proporcional, desde que a metodologia de dosagem utilizada para produção de PPC dependa do tipo de técnica de produção adotada. A maioria das fábricas utiliza vibro prensas requerendo concretos de consistência seca e coesão suficiente mantendo-se intactos até seu endurecimento, sem sofrer desmoronamentos ou quebra de material em suas arestas. A coesão da mistura é obtida principalmente em função da correta quantidade de finos em conjunto com a vibração e pressão de adensamento exercido pelo equipamento no momento da moldagem das PPC.

Desta maneira, o concreto fabricado atinge a trabalhabilidade necessária para produção dos blocos. E em seguida é transportado por esteira até a vibro-prensa, onde passa por um processo de moldagem. As vibro-prensas possuem dispositivo de compactação, além do de vibração, podem moldar peças com menores teores de cimento. Além disso, podem produzir peças com melhor acabamento superficial melhorando sua resistência ao desgaste, como mostra a figura 38.

**Figura 38: Moldagem dos blocos de concreto utilizando vibro-prensa.**



**Fonte:** <http://img.olx.com.br/images/equipamentos>, acessado em 11 de Março de 2016.



Após a moldagem, as peças devem ser colocadas juntamente com as bandejas em local protegido da ação do sol e do vento. Efetuando a aspersão de água para manter a umidade adequada, somente algumas horas depois do processo de moldagem.

No dia seguinte ao da produção as peças devem ser removidas das bandejas e dispostas de modo a formar pilhas compactas, montadas em camadas, cada uma delas molhada abundantemente antes de receber a camada superior. As pilhas devem ser umedecidas constantemente, principalmente nas horas mais quentes do dia. Outra boa alternativa é envolver as pilhas com uma lona plástica preta, o que retarda a evaporação da água e mantém as peças aquecidas, favorecendo o ganho de resistência. A cura final deve prolongar-se por, no mínimo, sete dias.

Este processo finaliza-se com a estocagem dos blocos de concreto disposto em paletes de madeira, empilhados de forma ordenada por empilhadeiras que facilitam na etapa de transporte do material.

#### ***b) Empresas de Médio Porte “E” e “H”***

Quando se enquadram empresas industrializadas de médio porte ao processo de fabricação das peças pré-moldadas de concreto, atribui-se um controle de qualidade considerável no processo de confecção das PPC, devido à necessidade de atender as especificações exigidas por norma.

Desta forma, todas as etapas que compõe o processo de fabricação das PPC são realizadas de forma sequencial, partindo desde a estocagem dos agregados até a etapa de cura dos blocos moldados.

Diante disso, durante a realização de verificações no processo construtivo dos blocos de concreto, observou-se que a forma de estocagem dos agregados é feita em baias devidamente divididas, evitando a mistura dos materiais. Nesta etapa, se torna fundamental a realização de controle tecnológico, onde é feita toda a caracterização dos agregados utilizados, como mostra a figura 39.

**Figura 39: Baias para estocagem de agregados.**



**Fonte:** <http://img.olx.com.br/images/agregados>, acessado em 11 de Março de 2016.

Já a forma de armazenamento utilizada para o cimento Portland, é realizada em silos automatizados ou realizada de forma convencional (pilhas com no máximo 10 sacos, respeitando espessamentos entre paredes e teto), como mostra esquema da figura 34.

O ponto diferencial entre cada categoria de fabricantes de blocos de concreto cabe ao porte de máquinas e equipamento utilizados na produção das PPC, assim como as técnicas construtivas desenvolvidas por cada categoria. As principais máquinas e equipamentos utilizados para fabricação são:

- Betoneira ou misturadores;
- Vibro-prensa;
- Esteiras;
- Silos de armazenamento;
- Formas plásticas;
- Padiolas, carrinho de mão e derivados;
- Bandejas e Paletes;

Empresas deste nível apresentam uma escala de produção mediana, tendo um quadro de colaboradores capacitados, onde desenvolvem funções específicas durante o processo construtivo dos blocos,



Após a verificação realizada sobre os equipamentos utilizados para fabricação das PPC, observou-se presença de misturadores automatizados, que possibilitam homogeneização dos materiais que compõem o concreto. Este processo é fundamental para garantir da alta qualidade dos produtos.

Para garantir um concreto de qualidade é necessária a realização de uma mistura de agregados com dosagem definida. Assim, estima-se um traço inicial e, a partir daí, efetuam-se ajustes buscando equilibrar as proporções de agregados tendo como base o produto a ser fabricado.

Em seguida, realiza-se o transporte dos agregados estimados para a composição de concreto, este transporte é feito através de esteiras automatizadas até os misturadores para homogeneização do material, resultando no concreto propriamente dito.

Após a etapa de homogeneização do material, o concreto produzido é transportado por esteiras para alimentação da vibro-prensa, onde ocorre o processo de vibração e prensagem do concreto. Nesta etapa acontece também a moldagem das PPC, sendo realizada por vibro-prensas, como mostra a figura 40.

**Figura 40: Moldagem dos blocos de concreto.**



**Fonte:** <http://img.premoldados.com.br/producao.jpg>, acessado em 11 de Março de 2016.

Posteriormente, inicia-se o processo de cura dos blocos moldados que são realizadas em ambientes abertos e cobertos, utilizando aspersores de água para manutenção adequada de umidade. Este processo deve permanecer o tempo necessário para garantir a maior hidratação do cimento, findando na melhor qualidade do produto.

Findando a etapa de cura dos blocos de concreto, inicia-se a estocagem das PPC, fazendo-se uso de paletes de madeira e empilhadeiras, respeitando a carga aplicada que cada palete suporta. Sendo necessária a demarcação dos blocos por lote de fabricação, como mostra a figura 41.

**Figura 41: Estocagem dos blocos de concreto.**



**Fonte:** [http://maxmedia.com.br/fotos/g/ima\\_estoque.jpg](http://maxmedia.com.br/fotos/g/ima_estoque.jpg), acessado em 11 de Março de 2016.

### **c) Empresas de Grande Porte “J”**

Quando se enquadram empresas industrializadas de grande porte, o procedimento de fabricação das peças pré-moldadas de concreto se torna mais eficaz e rigoroso, pois o que está em jogo é qualidade para atender todas as exigências especificadas por norma (NBR 9781:2013).

Com isso, todas as etapas do processo de fabricação das peças pré-moldadas de concreto são realizadas de forma precisa. Desde a etapa de estocagem dos agregados até a etapa de cura dos blocos moldados.

Perante isto, observou-se a forma de armazenamento dos agregados que são feitas em baias cobertas, evitando, desta forma, variações de umidade e contaminação do material, como mostra a figura 42. Outro ponto interessante foi à existência de silos de agregados e cimento, onde são totalmente automatizados, com capacidade de dosagem do material por peso, de forma precisa, evitando variação na textura e proporcionando resistência e qualidade aos produtos.

**Figura 42: Estocagem de agregados em baias cobertas.**



**Fonte:** <http://www.premoldadosnunes.com.br/qualidadedeestoque.jpg>, acessado em 11 de Março de 2016.

Para a produção das peças pré-moldadas de concreto são empregadas técnicas construtivas eficientes, assim como equipamentos de médio e grande porte, que possibilitam altos índices de produção. Estes equipamentos se dividem na seguinte forma:

- Misturadores automatizados;
- Vibro prensa automatizada;
- Esteiras;
- Silos de armazenamento;
- Formas plásticas;
- Padiolas, carrinho de mão e derivados;
- Bandejas e Paletes;
- Empilhadeiras;

Empresas com grandes escalas de produção, onde trabalham com equipamentos e máquinas, em sua grande maioria automatizada, classificam-se como empresas de grande porte.

Com a verificação realizada sobre os equipamentos utilizados para fabricação dos blocos de concreto, notou-se a presença de misturadores modernos, que garantem a homogeneidade do material que é fundamental para a garantia da alta qualidade dos produtos. Esses misturadores são compostos por sensores de umidade, com a finalidade de evitar variações de umidade durante a etapa de

homogeneização do material, possibilitando a adição de água e aditivos de forma precisa e eficaz.

Na composição do concreto utilizado para fabricação das peças pré-moldadas, os agregados, aglomerante, água e o aditivo são dosados em peso por proporções definidas, conforme um traço já elaborado pela equipe técnica, tendo como base o produto a ser fabricado. Desta forma, toda a matéria-prima é transportada automaticamente para o misturador através de esteiras, dando sequencia a etapa de homogeneização do material.

Em seguida, realiza-se o transporte do concreto produzido em esteiras para alimentação da vibro-prensa, onde ocorre o processo de vibração e prensagem do mesmo, findando na moldagem das PPC. Diante disto, observou-se a utilização de vibro-prensas totalmente automatizadas, sendo praticamente desnecessárias intervenções humanas no processo, como mostra a figura 43.

**Figura 43: Moldagem automatizada das PPC**



**Fonte:** <https://i.ytimg.com/moldagemautonoma.jpg>, acessado em 11 de Março de 2016.

Logo depois, inicia-se o processo de cura dos blocos moldados que podem ser realizadas em câmaras de cura com sistema de aquecimento solar, garantindo a aceleração do processo, bem como uma melhora na qualidade do produto final. Como também, podem ser realizadas em ambientes abertos e cobertos, utilizando aspersores de água para manutenção adequada de umidade. Este processo deve

permanecer o tempo necessário para garantir a maior hidratação do cimento, findando na qualidade do produto.

O método de estocagem utilizado neste processo está na disposição das PPC em paletes de madeira, sendo transportado por empilhadeiras, facilitando o armazenamento dos blocos, outro fator preponderante é a marcação dos lotes produzidos, como mostra a figura 44.

**Figura 44: Estocagem de paletes com blocos de concreto.**



**Fonte:** <http://img.premoldados.com.br/estocagem.jpg>, acessado em 11 de Março de 2016.

A conclusão desse processo construtivo se dá quando, depois de finalizada a etapa de cura, realiza-se um rigoroso controle tecnológico através de ensaios de resistência a compressão, umidade e granulometria dos agregados, onde são essenciais para manutenção de qualidade das PPC fabricadas.

## **4.2.2 Ensaios**

### **4.2.2.1 Dimensões**

Com a necessidade de atribuir durabilidade aos pavimentos intertravados, torna-se fundamental a fabricação de peças de concreto de qualidade, que atendam as dimensões mínimas especificadas por norma, como também a capacidade de resistência à compressão axial, ligada diretamente ao tipo de tráfego que será atribuída ao pavimento.



Desta forma, observou-se a necessidade de coletar amostras de blocos de concreto com dimensões variadas, sendo realizados ensaios de resistência à compressão, com a finalidade de verificar quais blocos se enquadram as especificações exigidas pela NBR 9781:2013.

Assim, foram adquiridos blocos de quatro dimensões diferentes em cada uma das empresas classificadas, sendo apresentado a seguir.

**a) Artesanais “A”, “D” e “F”.**

A figura 45 apresenta o modelo de bloco retangular com dimensões de 4x10x20 cm, fabricados pela empresa “A”. Os blocos de concreto com as características dimensionais são voltados para pavimentação de passeios e etc., sendo ignorado para construção de pavimentos com aplicação de cargas veiculares.

**Figura 45: PPC retangular (4x10x20).**



**Fonte:** Autor, 2016.

Para a construção de pavimentos intertravados são utilizados blocos de concreto com dimensões a partir de 6x10x20 cm, tendo especificações citadas em norma. A figura 46 apresenta um bloco de concreto com característica geométrica retangular fabricada pela empresa “D”.

**Figura 46: PPC retangular (6x10x20 cm).**



**Fonte:** Autor, 2016.

A empresa “F” apresenta o bloco de concreto com características dimensionais de 6x10x20 com características geométricas 16 faces, como mostra a figura 47.

**Figura 47: PPC 16 faces (6x10x20 cm).**



Fonte: Autor, 2016.

### ***b) Industriais***

#### ***Pequeno Porte “B”, “C”, “G” e “I”.***

A figura 48 apresenta o bloco de concreto fabricado pela empresa “B”, tendo como características geométricas 16 faces com dimensões de 6x10x20.

**Figura 48: PPC 16 faces (6x10x20 cm).**



Fonte: Autor, 2016.

A empresa “C” também dispõe em sua linha de produção blocos de concreto com características geométricas 16 com dimensões de 6x10x20, como mostra a figura 49.

**Figura 49: PPC 16 faces (6x10x20 cm).**



**Fonte:** Autor, 2016.

A figura 50 apresenta os blocos de concreto confeccionado pela empresa “I” com características geométricas 16 com dimensões de 6x10x20.

**Figura 50: PPC 16 faces (6x10x20 cm).**



**Fonte:** Autor, 2016.

### ***Médio e Grande Porte “E”, “H” e “J”.***

As empresas de médio e grande porte apresentam blocos de concreto com dimensões superiores às empresas citadas anteriormente dispõem de blocos com características geométricas 16 faces, mas com dimensões de 8x10x20 e 10x10x20.

A figura 51 apresenta o bloco de concreto fabricado pela empresa “E”, tendo uma altura de 8 cm.



**Figura 51: PPC 16 faces fabricada pela Empresa “E” (8x10x20 cm).**



**Fonte:** Autor, 2016.

As empresas “H” e “J” dispõem blocos de concreto para pavimentos com a finalidade de suportar cargas aplicadas por veículos especiais, como descritos em norma, conforme figura 52.

**Figura 52: PPC 16 faces fabricada pela Empresa “H” e “J” (10x10x20 cm).**



**Fonte:** Autor, 2016.

Desta forma, a tabela 9 apresenta de forma simples as empresas classificadas que passaram por essas verificações, assim como as dimensões nominais das PPC que cada empresa oferece.

Tabela 9: Amostras coletadas.

			Dimensões (cm)				
			4x10x20	6x10x20	8x10x20	10x10x20	
EMPRESAS CLASSIFICADAS	Fab. Artesanal	A	X				
		D		X			
		F		X			
	Fab. Industrial	Pequeno Porte	B		X		
			C		X		
			G	X			
			I		X		
		Médio Porte	E			X	
			H				X
		Grande Porte	J				X

Fonte: Autor, 2016.

#### 4.2.3 Verificação com Normas Pertinentes

Foram realizadas comparações entre as dimensões dos blocos de concreto coletados, com as dimensões especificadas em norma, onde diz que as peças de concreto pré-moldadas mais utilizadas em pavimentação urbana são as definidas como sendo de formato geométrico regular, com comprimento máximo de 40 cm, largura mínima de 10 cm e altura mínima de 6 cm, com exceção de passeios e passarelas destinadas a passagem de pedestres, onde surge a possibilidade do uso de blocos de concreto com altura de 4cm.

A figura 53 mostra os dois tipos de blocos de concreto selecionados para realização de ensaios, que são: o bloco retangular e o bloco 16 faces, sendo os blocos de maior uso para pavimentação.

**Figura 53: Tipos de blocos coletados.**



**Fonte:** ABNT, 2013.

A – Bloco retangular; B – Bloco 16 faces;

Durante o processo de modelagem das PPC, observaram-se pequenas variações nas dimensões dos blocos produzidos em cada lote. Assim, para a não conformidade dos blocos são estipuladas tolerâncias dimensionais, sendo que as variações máximas permissíveis no processo de dimensionamento dos blocos são de 3 mm no comprimento e largura e de 5 mm na altura das peças. Os blocos com outras formas poderão ser contemplados, desde que atendam ao estabelecido nesta norma, como mostra a tabela 10.

**Tabela 10: Requisitos físicos para produção de PPC no Brasil.**

Requisitos Físicos		Limites Admissíveis
Tolerância Dimensional (mm)	Comprimento	± 3,0 mm
	Largura	± 3,0 mm
	Altura	± 3,0 mm
Resistência à Compressão Axial (MPa)	1	≥ 35,0 Veículos comerciais de linha
	2	≥ 50,0 Veículos especiais ou cargas que produzem acentuados efeitos de abrasão

**Fonte:** ABNT, 2013.

Dito isto, realizou-se verificações dimensionais em cada PPC com o auxílio de trenas, paquímetro e réguas. Desta forma, observou-se que alguns dos blocos de concreto coletados variam suas dimensões de acordo a tolerância permitida, como mostra a tabela 11.

**Tabela 11: Dimensão real dos blocos coletados.**

Fabricantes	Dimensão Real (cm)		
	Comprimento	Largura	Altura
<b>A</b>	19,8	9,9	4,0
<b>B</b>	19,9	9,9	5,9
<b>C</b>	19,8	9,8	5,8
<b>D</b>	19,8	10,0	5,8
<b>E</b>	20,0	10,0	10,0
<b>F</b>	19,9	9,9	5,9
<b>G</b>	19,9	9,9	4,0
<b>H</b>	20,0	10,0	8,0
<b>I</b>	20,0	10,0	6,0
<b>J</b>	20,0	10,0	10,0

**Fonte:** Autor, 2016.

Notou-se que as empresas que fabricam as peças de forma artesanal (A, D e F) são mais susceptíveis a utilização dos limites admissíveis para as PPC, onde todas as amostras coletas foram aprovadas devido a este fator.

Para as empresas que confeccionam as PPC de forma industrializada, observou-se que os limites admissíveis para variação das dimensões dos blocos de concreto são aplicados de forma padrão, sendo mais rigorosos pelas empresas de médio e grande porte. Isso se da ao processo de confecção automatizado utilizado por abas categorias de fabricantes. Nas empresas de pequeno porte as variações de limites dimensionais também são utilizados de forma padrão, tendo a desvantagem de alterações dimensionais devido ao processo utilizado de construção das peças.

A tabela 12 apresenta os resultados nas verificações dimensionais realizadas nos blocos de concreto de cada uma das empresas fabricantes.

**Tabela 12: Verificação dimensional, conforme NBR 9781:2013.**

DIMENSÕES ADMISSÍVEIS (cm)	Fabricação Artesanal			Fabricação Industrial						
				Pequeno Porte				Médio Porte		Grande Porte
HxLxC	A	D	F	B	C	G	I	H	E	j
4x10x20	-					-				
6x10x20		OK	OK	OK	OK		OK			
8x10x20								OK		
10x10x20									OK	OK

Fonte: Autor, 2016.

Todos os blocos selecionados para a realização de verificações dimensionais, tendo como base a NBR 9781:2013, se enquadram nas especificações exigidas pela mesma, considerando as tolerâncias permitidas.

#### 4.2.3.1 Resistência a Compressão Axial

O ensaio de resistência à compressão é um dos principais ensaios para avaliação do desempenho e da durabilidade das PPC. Desta forma, se torna o único parâmetro de desempenho mecânico dos blocos de concreto, admitindo que todas as outras características estivessem diretamente relacionadas com a capacidade estrutural de receber esforços de compressão.

Diante disso, foram realizados ensaios de resistência à compressão axial, fazendo-se a preparação adequada das PPC. Assim, foram utilizados blocos de concreto com idade de cura inferior a 28 dias, desta forma a resistência à compressão final deve constar no mínimo 80% da resistência total específica na tabela 5, onde apresenta as resistências exigidas por norma de acordo ao tráfego de veículos destinado a determinado pavimento. O ensaio de resistência à compressão foi realizado com 18 blocos intertravados de concreto e, conforme a NBR 9781:2013, os blocos devem ter a resistência igual ou maior que 35 MPa.

Nos concretos de consistência seca, a resistência é fator dependente da compactação final da peça moldada, que, por sua vez, depende da seleção da dosagem para o tipo de energia de adensamento que é empregada. Os finos

presentes na dosagem podem ser do cimento ou do próprio agregado. Assim, a resistência do bloco intertravado não é função direta do consumo de cimento, como acontece nos concretos plásticos.

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados com o auxílio de uma prensa elétrica hidráulica 1MN com indicador digital, como apresenta a figura 54.

**Figura 54: Prensa elétrica hidráulica 1 MN com indicador digital.**



**Fonte:** Autor, 25 de Abril 2016.

Devido à irregularidade das superfícies que os blocos de concreto apresentam, foi necessário a realização da regularização por meio de capeamento com pasta de cimento e água, com espessura de 3 mm. A figura 55 apresenta o método de capeamento utilizado para regularização das superfícies das PPC.

**Figura 55: Capeamento das faces dos blocos (regularização).**



**Fonte:** Autor, 25 de Abril 2016.

Antes da realização do ensaio de determinação de resistência a compressão, foi necessária manter os blocos de concreto saturados (temperatura de aproximadamente 26°) por no mínimo 24h antes do rompimento, conforme apresenta a figura 56.

**Figura 56: PPC submerso em água por 24h antes do rompimento.**



**Fonte:** Autor, 28 de Abril 2016.

O bloco de concreto foi posicionado de forma que, quando estiver centrado, seu eixo coincida com o eixo da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro. Para isso, é fundamental a marcação do centro de gravidade de cada PPC, como mostra a figura 57.



**Figura 57: Marcação do centro de gravidade de cada PPC.**



**Fonte:** Autor, 25 de Abril 2016

Durante os procedimentos de ensaio de resistência a compressão é utilizada placas auxiliares circulares fabricadas em aço, com dureza superficial maior que 60 RC, tendo área de aproximadamente 5.675 mm<sup>2</sup>. Sendo esta área que entrara em contato direto com a superfície do bloco de concreto, conforme figura 58.

**Figura 58: PPC em contato com as placas auxiliares (inferior e superior).**



**Fonte:** Autor, 25 de Abril 2016.

Em peças de concreto para pavimentação que corresponde a NBR 9781:2013, onde estabelece os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de concreto para pavimentação intertravada, sendo o pavimento



voltado para tráfego de pedestres, de veículos pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos. Assim, o pavimento intertravado destinado a tráfego de veículos leves e veículos comerciais, os blocos de concreto devem apresentar resistência à compressão é de  $\geq 35$  MPa. No caso de tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados a resistência à compressão a exigida é de  $\geq 50$  MPa.

Desta forma, foram realizados ensaios em blocos de concreto coletados nas empresas especificadas anteriormente, obtendo-se os resultados apresenta na tabela 13, logo a seguir.

**Tabela 13: Resultados de ensaios de resistência à compressão.**

<b>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL</b>									
<b>FABRICAÇÃO</b>				<b>PESO (KG)</b>	<b>DIMENSÕES REAIS (CM)</b>	<b>BASES (MM<sup>2</sup>)</b>	<b>FATOR <math>p</math></b>	<b>CARGA DE RUP. (N)</b>	<b>TENSÃO DE RUP. (KN)</b>
<b>ARTESANAL</b>	<b>INDUSTRIAL</b>								
	<b>PEQUENO PORTE</b>	<b>MÉDIO PORTE</b>	<b>GRANDE PORTE</b>						
A	-	-	-	1,540	4X10X20	5.675	-	<b>65.60</b>	<b>12,10</b>
-	B	-	-	3,036	6X10X20	5.675	0,95	<b>80.20</b>	<b>14,80</b>
-	C	-	-	3,024	6X10X20	5.675	0,95	<b>78.10</b>	<b>14,50</b>
D	-	-	-	2,878	6X10X20	5.675	0,95	<b>73.70</b>	<b>13,60</b>
-	-	E	-	3,354	8X10X20	5.675	1,00	<b>111.10</b>	<b>20,60</b>
F	-	-	-	2,608	6X10X20	5.675	0,95	<b>74.20</b>	<b>13,70</b>
-	G	-	-	1,488	4X10X20	5.675	-	<b>70.60</b>	<b>13,10</b>
-	-	H	-	4,864	10X10X20	5.675	1,05	<b>65.70</b>	<b>21,70</b>
-	I	-	-	2,562	6X10X20	5.675	0,95	<b>80.00</b>	<b>14,80</b>
-	-	-	J	4,760	10X10X20	5.675	1,05	<b>117.40</b>	<b>22,40</b>
<b>VALOR MÉDIO (MPa)</b>									<b>14,10</b>
<b>DESVIO PADRÃO (MPa)</b>									<b>3,57</b>
<b>COEFICIENTE DE STUDENT (t)</b>									<b>25,31</b>
<b><math>f_{pk}</math> ESTIMADO (MPa)</b>									<b>8,20</b>

Fonte: Autor, 2016.

Os resultados obtidos mostram que nenhuma das empresas conseguiu se manter dentro dos parâmetros exigidos por norma para aceitação das PPC, mesmo sendo considerado que todos os blocos de concreto selecionados ainda não

obtiveram idade de cura de 28 dias. Desta forma, o valor de tensão de ruptura deve atingir no mínimo 80 % do valor de tensão de ruptura estimado. A tabela 14 apresenta um comparativo entre as tensões de ruptura obtidas em ensaios de resistência à compressão dos blocos de concreto fabricados por todas as empresas selecionadas e comparando-as com as tensões de ruptura mínimas exigidas pela NBR 9781:2013.

**Tabela 14: Comparativo de resistência à compressão.**

DIMENSÕES	EMPRESAS	TENSÃO DE RUP. (KN)	TENSÃO EXIGIDA POR NORMA (MPa)
4x10x20	A	12,10	-
	G	14,80	
6x10x20	D	14,50	≥ 35 MPa (VEICULOS LEVES E COMERCIAIS DE LINHA)
	F	13,60	
	B	20,60	
	C	13,70	
	I	13,10	
8x10x20	E	21,70	
10x10x20	H	14,80	≥ 50 MPa (VEICULOS ESPECIAIS)
	J	22,40	

Fonte: Autor, 2016.

A resistência característica à compressão deve ser determinada de acordo as tensões estipuladas por norma e também deve atender às especificações mínimas.

Todos os resultados obtidos durante o período de ensaios de resistência a compressão ficaram abaixo do limite mínimo (de  $\geq 35$  MPa) exigido para aprovação de lotes fabricados, conforme apresenta a tabela 15.

Tabela 15: Verificação tensões, conforme NBR 9781:2013.

EMPRESAS		TENSÕES ADMISSÍVEIS (NBR 9781:2013)			
		≥ 35 Mpa		≥ 50 Mpa	
		ATENDE	NÃO ATENDE	ATENDE	NÃO ATENDE
ARTESANAL		A	X		
		D	X		
		F	X		
INDUSTRIAL	PEQUENO PORTE	B	X		
		C	X		
		G	X		
		I	X		
	MÉDIO PORTE	H	X		
		E			X
	GRANDE PORTE	J			X

Fonte: Autor, 2016.

Desta forma, todos os blocos selecionados para ensaios de resistência a compressão fabricados na capital Tocantinense não atendem as especificações mínimas para aprovação das PPC exigidas pela NBR 9781:2013. Pois, todas as tensões de rupturas atingidas ficaram abaixo de 35 MPa, valor mínimo de resistência estimado em norma para pavimentação em blocos de concreto pré-moldados.

## 5 CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, foi possível observar que o pavimento intertravado se enquadra como uma boa alternativa de revestimento para áreas destinadas a aplicação de cargas de tráfego veicular. É notório o surgimento de patologias ligadas a esse tipo de pavimentação, pois vários são os fatores que influenciam diretamente sobre o desempenho e durabilidade do mesmo. As patologias diagnosticadas são pertinentes em todos os estacionamentos onde foram realizadas verificações.

O número de manifestações patológicas nos estacionamentos vem crescendo de forma gradativa, devido aos grandes fluxos de veículos diários como também a falta de manutenções preventivas rotineiras, com a finalidade de inibir o surgimento de novas patologias nestes trechos. Podemos afirmar também que outro indício de patologias existente nesta área está ligado diretamente ao mau uso das vias por seus usuários, como por exemplo, fazendo-se o lançamento de águas pluviais diretamente no pavimento, possibilitando e facilitando o surgimento de novas patologias.

Quando se trata em peças pré-moldadas de concreto para pavimento intertravado, surge a necessidade de buscar novas tecnologias e investir em equipamentos e materiais visando melhorar a qualidade dos pavimentos das grandes áreas de circulação de veículos. Desta forma, notou-se que os processos de fabricação dos blocos de concreto são realizados de duas formas distintas, industriais e artesanais. A utilização desses métodos construtivos está ligada diretamente ao desempenho final que cada peça apresentará. De um lado, faz-se uso de procedimentos ainda considerados arcaicos, devido à execução manual de cada etapa que corresponde à fabricação final do produto. Do outro lado, se torna usual a utilização de equipamentos automatizados, que atribuem uma maior autonomia em cada etapa do processo construtiva, implicando diretamente na resistência final do produto.

O pavimento intertravado tem como principal finalidade suportar cargas aplicadas por veículos de diversas categorias, desde veículos simples e comerciais, a veículos especiais. Com isso, uma das principais formas de combater a esses

esforços verticais aplicados por veículos é aplicando uma maior resistência aos blocos fabricados. Isso se dá desde todo processo de fabricação dos blocos até aos ensaios exigidos pela NBR 9781:2013, onde especificam as características de resistência à compressão mínima que as peças pré-moldadas de concreto devem apresentar para aprovação.

Diante disso, percebeu-se que todos os métodos construtivos dos blocos de concreto realizados por empresas localizadas em Palmas – TO são falhos, pois nenhuma das peças pré-moldadas de concreto fabricados na capital atingiram as tensões de resistência mínima de ruptura estipuladas por norma, que são de  $\geq 35$  Mpa, para veículos leves e comerciais de linha e de  $\geq 50$  Mpa, para veículos especiais (conforme apresenta a Tabela 14), passando assim a não atender as necessidades básicas que são o conforto e a segurança de seus usuários.

Portanto, mesmo o pavimento intertravado sendo uma boa alternativa de revestimento para grandes áreas de circulação de veículos, se torna necessário o surgimento de um controle mais rigoroso sobre as peças pré-moldadas de concreto, partindo desde a escolha dos materiais a serem utilizados na fabricação do concreto, como também nos métodos de fabricação, modelagem e cura dos blocos de concreto, pois estes estão ligados diretamente ao desempenho e durabilidades dos blocos, refletindo essas características no pavimento. Possibilitando assim, o atendimento das necessidades básicas exigidas para os usuários de transportes automotivos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Manual de Pavimento Intertravado**: Passeio Público. São Paulo: ABCP, 2010. 36 p.

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **NBR 15953**: Pavimento Intertravado com peças de concreto. São Paulo: ABCP, 2010. 63 p.

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Execução e Manutenção de Pavimento Intertravado**: Pavimento Intertravado com peças de concreto. São Paulo: ABCP, 2010. 63 p.

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Fabricação de Blocos Pré-Moldados de Concreto para Pavimentação**: Prática Recomendada. São Paulo: ABCP, 1995. 17 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7810**: Agregado em estado compactado seco – Determinação da massa unitária – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9780**: Determinação da Resistência à Compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781**: Peças de Concreto Para Pavimentação – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9938**: Agregados — Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15953**: Pavimento Intertravado com peças de concreto – Execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**: Novos materiais para construção civil. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 471 p.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: Materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina dos Textos, 2007. 555 p.

BERNUCCI, L.B. [et al]. **Pavimentação Asfáltica**: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

CONCRETO E CONSTRUÇÕES: **Pavimentos - A boa pratica da engenharia nacional e internacional**. São Paulo: IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto, jan. 2007.

CRUZ, Luiz Otávio Maia. **Pavimento Intertravado de Concreto: Estudo dos Elementos e Métodos de Dimensionamento**. 2003. 281 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/931605-Pavimento-intertravado-de-concreto-estudo-dos-elementos-e-metodos-de-dimensionamento-luiz-otavio-maia-cruz.html>>. Acesso em: 07 out. 2015.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **IPR 714: Manual de Pavimentos Rígidos**. 2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. 238 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **IPR 719: Manual de Pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 278 p.

JIMÉNEZ, Félix Edmundo Pérez. **Manual de Pavimentação**. São Paulo: CEPISA Portuguesa Petróleos S.A., 2010. 178 p.

METHA, P. Kumar. **Concreto: Microestruturas, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto, 2008. 694 p.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: PINI, 1997. 828 p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação Vol. 1**. 2 ed. São Paulo: PINI, 2007. 779 p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação Vol. 2**. São Paulo: PINI, 2001. 688 p.

## 7 ANEXOS