

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

JOÃO LUÍS VICENTIN

**DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DE
PATOLOGIAS MAIS FREQUENTES EM PISOS DE CONCRETO DE
EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS DOS CORREIOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2017

JOÃO LUÍS VICENTIN

**DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DE
PATOLOGIAS MAIS FREQUENTES EM PISOS DE CONCRETO DE
EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS DOS CORREIOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de Especialização em Patologia das Construções, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Me. Eng. Amacin R. Moreira

CURITIBA
2017

JOÃO LUÍS VICENTIN

**DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS MAIS
FREQUENTES EM PISOS DE CONCRETO DE EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS
DOS CORREIOS**

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de Especialização em Patologia das Construções, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Me. Eng. Amacin Rodrigues Moreira
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – *Câmpus* Curitiba

Banca:

Prof. Me. Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – *Câmpus* Curitiba

Prof. Me. Eng. José Manoel Caron
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – *Câmpus* Curitiba

CURITIBA
2017

(A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso)

RESUMO

VICENTIN, João Luís. **Diretrizes para Avaliação e Tratamento de Patologias mais Frequentes em Pisos de Concreto de Edificações Operacionais dos Correios**. 140 f. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

As edificações operacionais dos Correios, apesar das similaridades com as atividades logísticas mais usuais, apresentam certas particularidades nas condições de armazenamento e movimentação de carga, resultando em operações de tratamento e entrega de objetos de natureza específica, que merecem ser consideradas na definição de procedimentos que contribuam para o bom desempenho dos pisos de concreto ao longo da sua vida útil. Neste contexto, o presente trabalho procurou realizar a caracterização dos tipos de unidades operacionais mais importantes da infraestrutura postal dos Correios, abordando questões relativas aos tipos de objetos, fluxo interno, leiaute, equipamentos empregados e solicitações geradas, o que permitiu identificar de maneira qualitativa as tendências de deterioração nos pisos de concreto conforme o tipo de unidade. A partir daí, foram estabelecidos requisitos mínimos a serem atendidos pelos pisos de concreto diante do uso exigido pelas atividades dos Correios, quanto ao tipo de pavimento rígido mais adequado, bem como requisitos gerais e específicos, referentes à resistência às solicitações, resistência à abrasão, juntas, planicidade e nivelamento. Passou-se então, à definição de elementos importantes para avaliação de patologias em pisos de concreto, cujos aspectos tratam das inspeções, análise prévia de projeto e instrumentação ou ensaios, com a devida caracterização e identificação das patologias mais frequentes nos pisos das edificações operacionais. Por fim, foram propostos procedimentos para tratamento das patologias identificadas, sob o foco da manutenção preventiva ou corretiva. Assim, o produto final da pesquisa consiste em um conjunto de informações técnicas relevantes organizadas para subsidiar a avaliação e o tratamento de patologias em pisos de concreto, previamente à ocupação ou durante o uso, de edificações dos Correios próprias ou locadas.

Palavras-chave: Patologia das construções. Pisos de concreto. Patologias em pisos de concreto. Inspeções em pisos de concreto. Manutenção de pisos de concreto.

ABSTRACT

VICENTIN, João Luís. **Guidelines for Evaluating and Treating More Frequent Pathologies in Concrete Floors of Operational Buildings of the Brazilian Post Office.** 140 f. Monograph (Specialization in Pathology of Buildings) - Academic Department of Civil Construction, Federal Technological University of Paraná (UTFPR), Curitiba, 2017.

The Post Office operational buildings in Brazil, despite similarities with the most usual logistics activities, presents certain peculiarities in the conditions of storage and load handling, resulting in specific kinds of operations for treatment and delivery of objects, which deserve to be considered in the definition of procedures that contribute to the good performance of concrete floors over their life cycle. In this context, the present work sought to characterize the types of most important operational units of the postal infrastructure of the Post Office, approaching issues related to types of objects, internal flow, layout, equipments used and demands generated, which allowed identifying in a qualitative way the deterioration tendencies on concrete floors depending on the type of unit. From that point on, minimum requirements were established to be met by concrete floors in view of the use required by the activities of the Post Office, regarding the most suitable rigid pavement type, as well as general and specific requirements regarding resistance to demands, abrasion resistance, joints, flatness and leveling. So, it has followed to the definition of important elements for evaluation of pathologies in concrete floors, whose aspects are related to inspections, previous project analysis and instrumentation or tests, with the proper characterization and identification of the most frequent pathologies in the floors of the operational buildings. Finally, procedures were proposed to treat the identified pathologies, under the focus of preventive or corrective maintenance. Thus, the final research product consists in a set of relevant technical information organized to subsidize the evaluation and treatment of pathologies in concrete floors, previously to occupation or during the use of buildings owned or leased.

Keywords: Pathology of buildings. Concrete floors. Pathologies in concrete floors. Inspections on concrete floors. Concrete floors maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Seção de pavimento de concreto simples sem barra de transferência.....	21
Figura 2 –	Seção de pavimento de concreto simples com barra de transferência.....	21
Figura 3 –	Seção de pavimento de concreto com armadura distribuída descontínua.....	22
Figura 4 –	Seção de pavimento de concreto com armadura distribuída contínua.....	22
Figura 5 –	Seção de pavimento de concreto estruturalmente armado.....	23
Figura 6 –	Seção de pavimento de concreto reforçado com fibras.....	23
Figura 7 –	Seção de pavimento de concreto de concreto protendido.....	24
Figura 8 –	Camadas constituintes dos pisos industriais.....	25
Figura 9 –	Equipamento de adensamento <i>laser screed</i>	31
Figura 10 –	Rodo de corte para acabamento superficial.....	33
Figura 11 –	Acabadora mecânica de superfície.....	33
Figura 12 –	Junta de construção (JC) com barras de transferência.....	34
Figura 13 –	Junta serrada (JS) com barra de transferência.....	35
Figura 14 –	Junta de encontro (JE) com elementos estruturais.....	35
Figura 15 –	Configurações típicas de juntas de encontro (JE) com pilares.....	36
Figura 16 –	Etapas da metodologia para desenvolvimento do trabalho.....	40
Figura 17 –	Vista interna geral de um Centro de Tratamento de Encomendas (CTE).....	42
Figura 18 –	Disposição de setores em Centro de Tratamento de Encomendas (CTE).....	47
Figura 19 –	Fluxograma com etapas para diagnóstico de patologias.....	67
Figura 20 –	Esclerômetro de reflexão.....	75
Figura 21 –	Equipamento de ultrassom.....	77
Figura 22 –	Técnicas de aplicação do ultrassom.....	78
Figura 23 –	<i>Dipstick floor profiler</i>	81
Figura 24 –	Fissura linear transversal em placa; desgaste por abrasão.....	88
Figura 25 –	Fissura linear longitudinal (a) e fissura linear transversal (b).....	88
Figura 26 –	Fissuras lineares diagonais.....	89
Figura 27 –	Partição de placa.....	89
Figura 28 –	Fissuras de retração por secagem (transversais ou longitudinais), na proximidade das juntas.....	90
Figura 29 –	Recalque de placa. Em (a) nota-se a acentuada declividade das muretas de proteção da base das grades metálicas. As fissuras lineares diagonais são consequência do recalque.....	90
Figura 30 –	Recalque de placa. Em (a) ocorreu fissuração (diagonal) da alvenaria apoiada sobre a placa; em (b) a placa separou-se da alvenaria, criando abertura no encontro entre piso e parede.....	91
Figura 31 –	Ausência de trecho final de juntas serradas, originando fissura na continuidade das juntas.....	91
Figura 32 –	Fissura de canto de placa, esborcinamento de junta e desgaste por abrasão (note-se solução antiga em cantoneiras metálicas para reforço nas juntas).....	92
Figura 33 –	Esborcinamento de junta e desgaste por abrasão (note-se solução antiga em cantoneiras metálicas para reforço nas juntas).....	92
Figura 34 –	Esborcinamento de junta, desgaste por abrasão e delaminação (a); microfissuras tipo “pé-de-galinha”, desgaste por abrasão e delaminação (b).....	93
Figura 35 –	Desgaste por abrasão e delaminação em piso de concreto com armadura	

	distribuída (a) e reforçado com fibras de aço (b).....	93
Figura A.1 –	Mesa de múltiplo uso.....	110
Figura A.2 –	Mesa de roletes para tratamento de encomendas.....	111
Figura A.3 –	Contêiner desmontável leve.....	112
Figura A.4 –	Contêiner aramado fixo.....	113
Figura A.5 –	Carrinho para transporte e ordenamento.....	114
Figura A.6 –	Empilhadeira contrabalançada à combustão.....	115
Figura A.7 –	Empilhadeira contrabalançada elétrica.....	116
Figura A.8 –	Paleteiras: (a) manual; (b) elétrica.....	117
Figura B.1 –	Gráfico da relação entre valores do CBR e k: (a) no topo do sub-leito; (b) no topo de bases compactadas sobre o sub-leito.....	121
Figura B.2 –	Raio de influência dentro do qual qualquer carregamento irá produzir um incremento de carga no ponto A.....	123
Figura B.3 –	Esquema de distribuição triangular para obtenção das cargas contribuintes.....	124
Figura B.4 –	Carregamento para o máximo esforço gerado por uma carga distribuída.....	125
Figura B.5 –	Esquema de carregamento para prateleiras.....	126
Figura B.6 –	Momento admissível da placa apoiada em meio elástico.....	128
Figura D.1 –	Esquema de cargas contribuintes – situação 1.....	136
Figura D.2 –	Esquema de cargas contribuintes – situação 2.....	138
Figura D.3 –	Esquema de cargas contribuintes – situação 3.....	140

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Funções básicas das camadas do sistema de pavimentos industriais.....	25
Quadro 2 –	Tipos de sub-bases.....	27
Quadro 3 –	Sequência executiva do acabamento superficial dos pisos de concreto.....	32
Quadro 4 –	Características das unidades operacionais dos Correios no Paraná	42
Quadro 5 –	Ações atuantes nos pisos de concreto.....	50
Quadro 6 –	Pavimentos rígidos de concreto mais adequados às operações dos Correios.....	56
Quadro 7 –	Aspectos construtivos de acordo com a classe de utilização de pisos industriais de concreto segundo o ACI-302.....	57
Quadro 8 –	Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas às placas.....	83
Quadro 9 –	Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas às juntas.....	86
Quadro 10 –	Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas ao acabamento superficial.....	87
Quadro 11 –	Procedimentos de manutenção preventiva para algumas patologias em pisos de concreto de edificações operacionais.....	96
Quadro 12 –	Procedimentos de manutenção corretiva para algumas patologias em pisos de concreto de edificações operacionais.....	97
Quadro B.1 –	Principais características dos primeiros modelos para dimensionamento de pavimentos de concreto.....	119
Quadro B.2 –	Caracterização dos solos com base nos índices fornecidos pelo ensaio CBR.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Objetos distribuídos e infraestrutura operacional dos Correios – Brasil.....	16
Tabela 2 –	Rede de atendimento dos Correios – Brasil.....	16
Tabela 3 –	Grandes operações dos Correios – Brasil.....	16
Tabela 4 –	Objetos tratados em unidades operacionais do Paraná (valores médios aproximados).....	45
Tabela 5 –	Resumo das características dos equipamentos operacionais.....	46
Tabela 6 –	Fatores de uso de equipamentos em unidades operacionais.....	47
Tabela 7 –	Solicitações provocadas pelos equipamentos operacionais dos Correios, áreas e raios de contato, valores das ações e fator solicitação.....	52
Tabela 8 –	Combinação do fator de uso dos equipamentos com o fator de solicitação.....	54
Tabela 9 –	Diâmetro das barras de transferência (aço CA-25) conforme a espessura da placa de concreto.....	65
Tabela 10 –	Valores típicos do sistema <i>F-Numbers</i> (adaptação do ACI-302).....	66
Tabela 11 –	Equivalência entre os valores dos <i>F-Numbers</i> e o desvio medido em uma régua de 3 m.....	67
Tabela 12 –	Itens a serem verificados em projetos de piso de concreto x requisitos para os pisos das edificações operacionais.....	72
Tabela 13 –	Relação entre medidas de ultrassom e a qualidade do concreto.....	78
Tabela 14 –	Classificação das provas de carga.....	80
Tabela A.1 –	Principais características das empilhadeiras normalmente utilizadas nas unidades operacionais dos Correios.....	116
Tabela A.2 –	Principais características das paleteiras normalmente utilizadas nas unidades operacionais dos Correios.....	117
Tabela B.1 –	Correlações entre valores do CBR e k para alguns materiais de base para pavimentos de concreto.....	122
Tabela B.2 –	Coeficientes de ponderação no dimensionamento de pisos industriais de concreto, com base na TR34 da <i>Concrete Society</i> (2003) e NBR 6118/2014 da ABNT.....	122
Tabela B.3 –	Valores de k_3 e k_6 para concreto C30 e aço CA-60.....	129
Tabela C.1 –	Especificações da tela soldada designação “Q”.....	132
Tabela C.2 –	Especificações da tela soldada designação “T”.....	132
Tabela C.3 –	Especificações da tela soldada designação “L”.....	133
Tabela C.4 –	Especificações da tela soldada designação “R”.....	133
Tabela C.5 –	Especificações da tela soldada designação “M”.....	133
Tabela D.1 –	Armaduras obtidas para pisos estruturalmente armados através das variações de CBR da base, espessura da placa e espaçamento das juntas – com a ação da empilhadeira – casos do CTE, CEINT, CLI e CEE.....	135
Tabela D.2 –	Armaduras obtidas para pisos estruturalmente armados através das variações de CBR da base, espessura da placa e espaçamento das juntas – sem a ação da empilhadeira; com a ação da paleteira – caso do CTC.....	137
Tabela D.3 –	Armaduras obtidas para pisos estruturalmente armados através das variações de CBR da base, espessura da placa e espaçamento das juntas – sem a ação da empilhadeira; sem a ação da paleteira – caso do CDD.....	139

LISTA DE SIGLAS

AASHO	American Association of State Highway Officials
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
ANAPRE	Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASTM	American Society for Testing and Materials
CBR	California Bearing Ratio
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MEF	Método dos Elementos Finitos
NBR	Norma Brasileira
PCA	Portland Cement Association
PNLD	Programa Nacional de Livros Didáticos
RFB	Receita Federal do Brasil
SEDEX	Serviço de Encomenda Expressa Nacional
SPT	Standard Penetration Test
TRE	Tribunal Regional Eleitoral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo Geral	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: CONCEITOS SOBRE PISOS DE CONCRETO	18
2.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS	18
2.1.1. Pavimento de Concreto Simples.....	18
2.1.2. Pavimento de Concreto com Armadura Distribuída.....	19
2.1.3. Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado	20
2.1.4. Pavimento de Concreto Reforçado com Fibras	21
2.1.5. Pavimento de Concreto Protendido	22
2.2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PISOS INDUSTRIAIS.....	22
2.3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS RELATIVOS AOS PISOS INDUSTRIAIS.....	23
2.3.1. Sub-leito e Sub-base	24
2.3.2. Barreira de Vapor	25
2.3.3. Armaduras	26
2.3.4. Concretagem.....	26
2.3.5. Acabamento Superficial	30
2.3.6. Juntas.....	32
2.3.7. Cura	35
2.4. AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	35
3. METODOLOGIA	37
4. CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES OPERACIONAIS.....	39
4.1. TIPOS DE UNIDADES OPERACIONAIS	39
4.2. FLUXO OPERACIONAL INTERNO DAS UNIDADES.....	42
4.3. PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS	44
4.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O LEIAUTE DAS EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS	45
4.5. AÇÕES ATUANTES SOBRE OS PISOS DAS EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS	47
4.5.1. Tipos de Ações Atuantes Sobre os Pisos.....	47
4.5.2. Relações entre Leiaute Operacional e Solicitações	49
4.5.3. Solicitações Provocadas pelos Equipamentos Operacionais	50
4.6. TENDÊNCIAS DE DETERIORAÇÃO DOS PISOS DE CONCRETO	51
5. REQUISITOS PARA OS PISOS DE CONCRETO.....	53
5.1. PAVIMENTOS DE CONCRETO MAIS ADEQUADOS ÀS OPERAÇÕES	53
5.2. REQUISITOS GERAIS	54
5.3. RESISTÊNCIA ÀS SOLICITAÇÕES.....	57
5.3.1. Sub-leito e Sub-base.....	57
5.3.2. Espessura e Armaduras da Placa de Concreto.....	58
5.4. RESISTÊNCIA AO DESGASTE (ABRASÃO).....	60
5.5. JUNTAS	62
5.6. NIVELAMENTO E PLANICIDADE.....	63

6. AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO	66
6.1. INSPEÇÃO.....	68
6.2. ANÁLISE DE DADOS DE PROJETO.....	69
6.3. INSTRUMENTAÇÃO E ENSAIOS DE LABORATÓRIO	72
6.3.1. Esclerometria	73
6.3.2. Ultrassom.....	74
6.3.3. Extração de Testemunhos	76
6.3.4. Prova de Carga.....	77
6.3.5. Medição dos <i>F-Numbers</i>	79
6.3.6. Medição com Nível <i>Laser</i>	80
6.4. CARACTERIZAÇÃO DAS PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO	80
6.5. PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO DAS EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS	86
7. TRATAMENTO DE PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO	93
7.1. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	94
7.2. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA	94
8. ANÁLISE DOS RESULTADOS	97
8.1. QUANTO À CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES OPERACIONAIS.....	97
8.2. QUANTO À DETERMINAÇÃO DOS REQUISITOS	98
8.3. QUANTO À AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS.....	99
8.4. QUANTO AO TRATAMENTO DAS PATOLOGIAS	101
9. CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
APÊNDICE A – PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS	107
APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DE PISOS DE CONCRETO.....	116
APÊNDICE C – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS TELAS SOLDADAS	129
APÊNDICE D – SIMULAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO DE PISOS DE CONCRETO...132	

1. INTRODUÇÃO

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

A história dos Correios está diretamente relacionada à transformação histórica do próprio Brasil. Os principais fatos ligados à implantação e ao aperfeiçoamento dos serviços postais fornecem um panorama do desenvolvimento histórico brasileiro ao longo de séculos, refletindo a evolução da administração pública e da tecnologia em nosso país. Do início dos serviços postais, ainda nos primórdios da colonização portuguesa, até os dias de hoje, os Correios assumiram o papel de aproximar as pessoas, buscando sempre o aperfeiçoamento dos serviços e produtos oferecidos à sociedade, de modo a sagrar-se como uma das instituições mais respeitáveis do Brasil.

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT) ou simplesmente Correios, foi concebida como empresa pública vinculada ao Ministério das Comunicações, formato atualmente conhecido pela sociedade, com a Lei nº 509 de 20 de março de 1969, de modo a proporcionar a reorganização do serviço postal a partir de um modelo mais moderno que o do antigo Departamento de Correios e Telégrafos.

A partir daí, a evolução da empresa foi impulsionada pela criação das primeiras linhas tronco-rodoviárias em 1970; com a criação dos primeiros centros de triagem automática em 1972; pelo início da rede postal aérea noturna em 1974; pela criação do SEDEX em 1982; com a inauguração de nova fase de automação dos processos operacionais em 1999; pela inauguração da primeira agência do Banco Postal em 2000; com o início da distribuição de livros do PNDL em parceria com o FNDE em 2001; pelo lançamento do Serviço de Logística Integrada e do PAC, modalidade de serviço de encomenda econômica não expressa, em 2002; e com o lançamento da nova identidade corporativa, incluindo a sustentabilidade como valor da empresa, em 2009.

Nesse período, os Correios consolidaram seu papel como importante agente de ação social do governo e de integração nacional. Posteriormente, buscando nova modernização e fortalecimento diante do cenário econômico e tecnológico atualmente desenhado, novas alterações no estatuto da empresa vieram a ocorrer com a publicação da Lei nº 12.490/2011.

A dimensão das atividades realizadas pelos Correios em todo o Brasil pode ser evidenciada através de alguns números, como os apresentados na tabela 1:

Tabela 1 – Objetos distribuídos e infraestrutura operacional dos Correios - Brasil

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Objetos distribuídos/dia	33,2 milhões
Objetos distribuídos em 2015	8,3 bilhões
Unidades operacionais (tratamento, distribuição e logística)	10.524
Frota (motocicletas, veículos leves e pesados)	25.236
Linhas da rede postal aérea noturna	13

Fonte: Correios – abril/2016

O quantitativo da rede de atendimento dos Correios pode ser visualizado na tabela 2:

Tabela 2 – Rede de atendimento dos Correios - Brasil

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
Agências próprias	6.511
Agências filatéticas	31
Agências comerciais (permissionárias)	144
Agências franqueadas	1.007
Agências comunitárias	4.669

Fonte: Correios – abril/2016

Dentre as grandes operações dos Correios destacam-se as mostradas na tabela 3:

Tabela 3 – Grandes operações dos Correios - Brasil

DISTRIBUIÇÃO DE LIVROS DIDÁTICOS – OPERAÇÃO FNDE 2014/2015	
Livros distribuídos	157 milhões
Número de alunos atendidos	37 milhões
Peso da carga (toneladas)	90 mil
Número de escolas atendidas	147 mil
DISTRIBUIÇÃO DE URNAS ELETRÔNICAS – OPERAÇÃO ELEIÇÕES 2014	
Urnas eletrônicas entregues e coletadas	436.256
Demais objetos distribuídos	33.849
Veículos utilizados	4.692
Profissionais envolvidos na operação	15.444
DISTRIBUIÇÃO DE PROVAS DO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO - OPERAÇÃO ENEM 2014	
Total de provas	19,3 milhões
Número de escolas	17.849
Rotas de entrega	11.265
Número de municípios alcançados	1.751
Centralizadoras	88
Unidades distribuidoras	859
Peso da carga (toneladas)	1,3 mil

Fonte: Correios – abril/2016

Além da atuação no serviço postal, sobre o qual detém o monopólio por força constitucional, os Correios concorrem com o mercado privado de entrega de encomendas e logística, contando para isso com aproximadamente 117 mil colaboradores. A empresa está estruturada em quatro vice-presidências: rede de atendimento e varejo; negócio postal; encomendas; e logística. Dando apoio às áreas fim, estão mais quatro áreas de suporte, sendo uma delas a Vice-Presidência de Serviços, na qual se situa o Departamento de Engenharia, responsável pela gestão da manutenção, conservação, reforma, ampliação e adaptação dos imóveis próprios ou locados.

O Departamento de Engenharia possui o desafio constante de manter em condições adequadas de uso uma infraestrutura predial com mais de 10 mil unidades operacionais, para perfeito desenvolvimento das atividades da empresa, o que implica no contínuo aperfeiçoamento de métodos e processos de avaliação de edificações, elaboração de projetos e orçamentos, fiscalização de obras e serviços de engenharia.

As atividades realizadas nestas unidades são similares as dos galpões logísticos em geral, porém, com maior movimentação diária de cargas, o que permite pressupor, em primeira análise, acentuada solicitação dos pisos de concreto destas edificações. As operações de tratamento, entrega e logística ocorrem de modo a garantir que a carga de objetos seja recebida, tratada e encaminhada em período reduzido, muitas vezes de apenas um dia. Desta forma, a armazenagem em contêineres e o trânsito constante de empilhadeiras e paleteiras podem acelerar o surgimento e o agravamento de patologias nos pisos de concreto.

1.2. JUSTIFICATIVA

O Departamento de Engenharia dos Correios atualmente dispõe de alguns guias técnicos de uso interno que contém orientações para elaboração de projetos das unidades operacionais. Contudo, estes guias estão voltados mais aos aspectos arquitetônicos e de instalações de redes elétricas, lógicas ou telefônicas.

No que se refere à definição de requisitos para os pisos destas edificações operacionais, que constituem imóveis a serem locados e adaptados ou imóveis próprios a serem reformados, há ainda a necessidade de organização das informações técnicas para subsidiar a avaliação de patologias, considerando as particularidades das atividades dos Correios e os seus efeitos sobre a durabilidade dos pisos.

Desta maneira, a avaliação técnica do estado de conservação dos pisos, normalmente de concreto, fica prejudicada, por não haver clara definição dos procedimentos para

manutenção preventiva e corretiva necessários ao tratamento de eventuais patologias, podendo afastar o desempenho real destes pisos em relação ao desempenho desejado. A avaliação equivocada das condições dos pisos e a ausência de manutenção adequada afetam a produtividade e a qualidade das operações realizadas nestas edificações, acelerando também a deterioração dos equipamentos de transporte, resultando em custos evitáveis.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Como objetivo geral busca-se estabelecer diretrizes para avaliação e tratamento de patologias em pisos de concreto nas principais edificações operacionais, voltadas para atividades de tratamento, logística e entrega de encomendas, considerando as condições específicas geradas pelos carregamentos decorrentes dos equipamentos utilizados nas atividades dos Correios, com a função de subsidiar os profissionais de engenharia da empresa na avaliação de imóveis a serem locados e adaptados ou imóveis próprios que necessitam de intervenção.

1.3.2. Objetivos Específicos

Pretende-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Estabelecer requisitos a serem cumpridos pelos pisos de concreto, através do estudo das relações entre os objetos tratados, as atividades, o leiaute e os equipamentos;
- Caracterizar as patologias mais frequentes em pisos de concreto das edificações operacionais, abordando ainda a análise prévia de projeto e a inspeção em pisos com a aplicação dos requisitos;
- Propor medidas para manutenção preventiva ou corretiva visando o tratamento das patologias mais frequentes identificadas nos pisos.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em nove Capítulos.

No Capítulo 1 faz-se a introdução, com a apresentação da delimitação do tema, justificativa, objetivo geral, objetivos específicos e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 é realizada a revisão bibliográfica, a respeito dos conceitos sobre pisos de concreto, abordando tipos de pavimentos rígidos, caracterização do sistema de pisos industriais, aspectos construtivos relativos aos pisos industriais de concreto e conservação de pavimentos rígidos.

No Capítulo 3 apresenta-se a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento deste trabalho, que passará pela caracterização das unidades operacionais, determinação de requisitos para pisos, análise de patologias em pisos de concreto e recomendações para tratamento de patologias nestes pisos, com a devida análise dos resultados.

No Capítulo 4 são caracterizados os tipos de unidades operacionais selecionados para estudo, no que tange aos fluxos internos, equipamentos utilizados, considerações sobre layout e ações atuantes em função da natureza das operações, além da identificação das tendências de deterioração dos pisos das edificações associadas a estes tipos de unidades.

No Capítulo 5 é realizada a determinação dos requisitos para os pisos de concreto das unidades operacionais em estudo, contendo a indicação dos tipos de pavimentos rígidos mais adequados ao uso, requisitos gerais e requisitos específicos, relativos à resistência às solicitações, resistência ao desgaste, juntas, nivelamento e planicidade.

No Capítulo 6 é apresentada a análise de patologias em pisos de concreto, no qual são abordados: avaliação prévia de dados de projeto; inspeção em pisos com aplicação dos requisitos anteriormente estabelecidos e auxílio de instrumentação e ensaios de laboratório; caracterização das patologias em pisos de concreto; e identificação das patologias mais frequentes nos pisos das edificações operacionais.

No Capítulo 7 são estabelecidos alguns procedimentos de manutenção preventiva e corretiva para tratamento das patologias identificadas nas edificações operacionais.

A análise dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia está contemplada no Capítulo 8.

As conclusões sobre o trabalho desenvolvido se encontram no Capítulo 9.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: CONCEITOS SOBRE PISOS DE CONCRETO

Rodrigues e Pitta (1998) afirmam que as necessidades quanto aos pavimentos modificam-se em função do surgimento de novas tecnologias, da busca da melhor relação custo-benefício, dos novos conceitos de durabilidade e da exigência cada vez maior da sociedade quanto à qualidade dos bens e serviços públicos. Em indústrias, estacionamentos, portos, grandes ou pequenos armazéns, aeroportos, postos de gasolina e outras instalações, a preocupação com custo, desempenho e durabilidade fica em primeiro plano. Novas concepções sobre a movimentação de materiais nas áreas industriais, bem como a flexibilidade de leiaute, exigem pavimentos de alto desempenho, cuja planicidade e nivelamento crescem em importância. São condições fundamentais nos projetos de novos pavimentos a grande durabilidade e a baixa manutenção.

2.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Oliveira (2000) define os pavimentos rígidos como aqueles em que a camada de rolamento funciona como estrutura, redistribuindo os esforços e diminuindo a tensão imposta à sub-base, normalmente a única camada executada entre as placas de concreto e o sub-leito. São alternativas viáveis na construção de rodovias, vias urbanas, pátios, pistas de aeroportos e pisos industriais, dentre outros. Os pavimentos de concreto empregados como pisos industriais podem ser classificados em cinco tipos, os quais são caracterizados a seguir.

2.1.1. Pavimento de Concreto Simples

Conforme Oliveira (2000), o pavimento de concreto simples é constituído de placas de concreto sobre a fundação, as quais resistem tanto aos esforços de compressão como de tração. As placas são separadas por juntas moldadas ou serradas, para controle da fissuração pela retração, do empenamento e da dilatação térmica. Como há necessidade de aumento da resistência à tração do concreto pela ausência de armadura, e conseqüentemente da resistência à compressão, nos pisos de concreto simples, deve-se buscar aumentar o consumo de cimento sem acentuar o problema da retração, utilizando-se baixo fator água/cimento.

Este piso pode ou não possuir barras de transferência, com a função de transferir esforços entre as placas, mas que não são consideradas armaduras, não descaracterizando o pavimento de concreto simples.

Na figura 1 tem-se a representação de um piso de concreto simples sem barras de transferência:

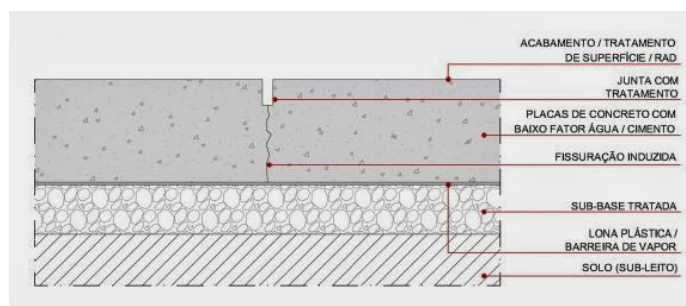


Figura 1 – Seção de pavimento de concreto simples sem barra de transferência

Fonte: Cristelli (2010)

Na figura 2 tem-se a representação de um piso de concreto simples com barras de transferência:

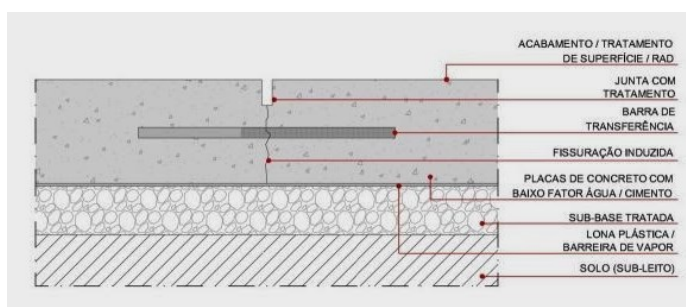


Figura 2 – Seção de pavimento de concreto simples com barra de transferência

Fonte: Cristelli (2010)

2.1.2. Pavimento de Concreto com Armadura Distribuída

Neste tipo de pavimento as placas possuem armadura, geralmente tela soldada de aço, posicionadas acima do plano médio da seção, com a função de inibir a propagação de fissuras causadas pela retração de secagem e pelas mudanças de temperatura. A armadura pode ser distribuída de forma descontínua ou contínua, posicionada a uma distância de um terço da altura da seção em relação à face superior da placa.

Com a armadura distribuída é possível reduzir o número de juntas, executando-se placas de até 30 m de comprimento (sendo o mais usual 15 m) e largura de mais de 6 m. Em armaduras contínuas (de emprego raro no Brasil devido aos altos custos de execução), não são executadas juntas de dilatação, exceto as de construção (OLIVEIRA, 2000).

Na figura 3 encontra-se a representação de um piso de concreto com armadura distribuída descontínua:

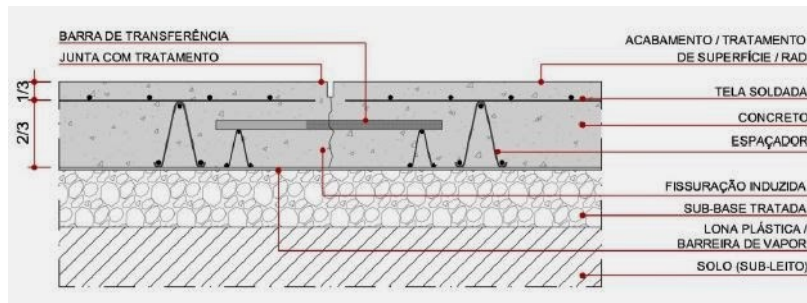


Figura 3 – Seção de pavimento de concreto com armadura distribuída descontínua
Fonte: Cristelli (2010)

Na figura 4 encontra-se a representação de um piso de concreto com armadura distribuída contínua:

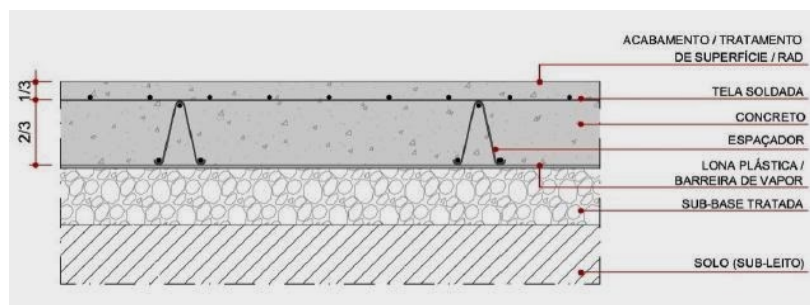


Figura 4 – Seção de pavimento de concreto com armadura distribuída contínua
Fonte: Cristelli (2010)

2.1.3. Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado

De acordo com Rodrigues e Pitta (1998), os pavimentos com armadura distribuída apenas acima da linha média da seção, não devem ser considerados como estruturalmente armados, pois esta armadura absorve pouco esforço gerado pelos carregamentos.

Oliveira (2000) define o pavimento de concreto estruturalmente armado como aquele formado por placas de concreto armadas na parte inferior, onde o aço tem a função de resistir às tensões de tração, o que proporciona diminuição da espessura da placa e maior espaçamento entre juntas em relação aos pavimentos de concreto simples. Este piso possui duas malhas de armadura (telas soldadas): uma abaixo do plano médio, para resistir à tração

provocada pelo momento fletor; e outra acima, para o controle da fissuração. É usual o emprego de barras de transferência (figura 5).

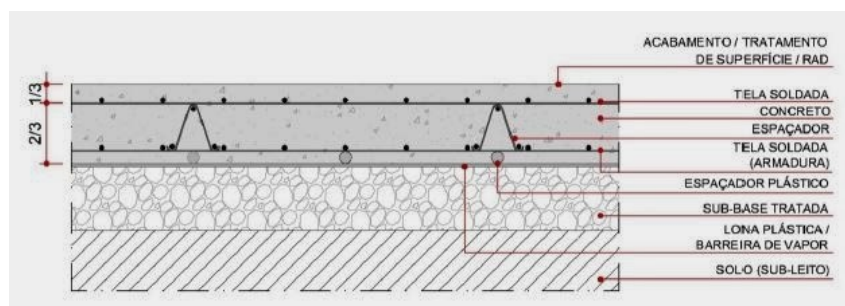


Figura 5 – Seção de pavimento de concreto estruturalmente armado
Fonte: Cristelli (2010)

2.1.4. Pavimento de Concreto Reforçado com Fibras

Segundo Oliveira (2000), este pavimento é formado por placas de concreto com adição de fibras de aço ou outro tipo de fibra, apresentando maior resistência à fissuração, ao impacto e ao desgaste, além de maior ductilidade (figura 6).

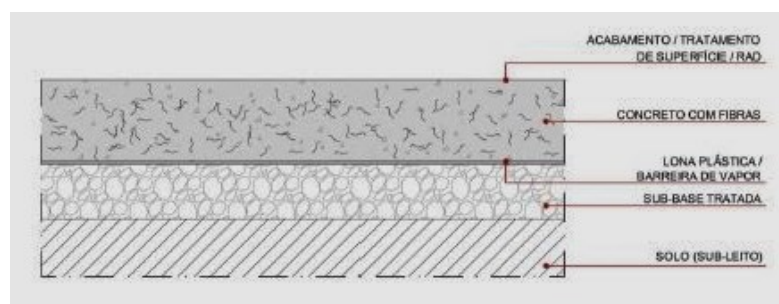


Figura 6 – Seção de pavimento de concreto reforçado com fibras
Fonte: Cristelli (2010)

Chodounsky e Viecili (2007) classificam as fibras em sintéticas e orgânicas (polipropileno ou carbono), sintéticas e inorgânicas (aço ou vidro) e naturais e orgânicas (celulose). Indicam como concentração mais usual 0,25% de fibras em relação ao volume de concreto. Afirmam que este tipo de piso apresenta algumas vantagens executivas, como: eliminação da etapa de colocação de armaduras, otimização do espaço no canteiro de obras, simplificação do processo de concretagem e de execução das juntas de dilatação (elimina a necessidade de barras de transferência).

Cárnio (1998 apud Oliveira, 2000) relata que a adição das fibras de aço ao concreto tem por finalidade inibir a abertura e propagação das fissuras; o material é capaz de se

deformar absorvendo esforço, caracterizando ductilidade. Nos elementos estruturais que apresentam possibilidade de redistribuição de esforços, com interface com meio elástico (pisos, pavimentos, revestimentos de túneis e taludes), é possível o uso de fibras em substituição às armaduras de flexão. Quando no dimensionamento se considera apenas o comportamento elástico do material, obtém-se um ganho qualitativo: o controle da fissuração; mas se considerado o comportamento plástico do concreto com fibras, há o aproveitamento da ductilidade para obtenção de um ganho quantitativo: a redução da espessura.

2.1.5. Pavimento de Concreto Protendido

Dal-Maso (2008 apud Cristelli, 2010) caracteriza os pisos de concreto protendido como os que utilizam armadura tracionada por cabos através de macacos hidráulicos, sendo esta força transferida à placa de concreto por meio de ancoragens nas extremidades (figura 7).

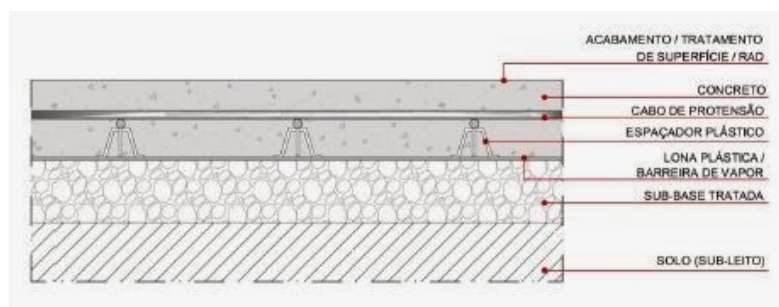


Figura 7 – Seção de pavimento de concreto protendido
Fonte: Cristelli (2010)

Segundo Schmid (1996 apud Oliveira, 2000), no pavimento rígido de concreto protendido a resistência do concreto à tração é controlada pela protensão que comprime previamente o concreto, criando uma reserva de tensão que permite uma redução sensível na espessura da placa, que se torna praticamente impermeável e sem trincas.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PISOS INDUSTRIAIS

Os pisos industriais são compostos por cinco camadas superpostas com funções específicas (figura 8). Os cuidados de projeto e execução de cada camada são de extrema importância para eficiência e qualidade final dos pisos, sendo a interação entre essas camadas fator determinante para atendimento aos critérios de qualidade do pavimento (CRISTELLI, 2010).

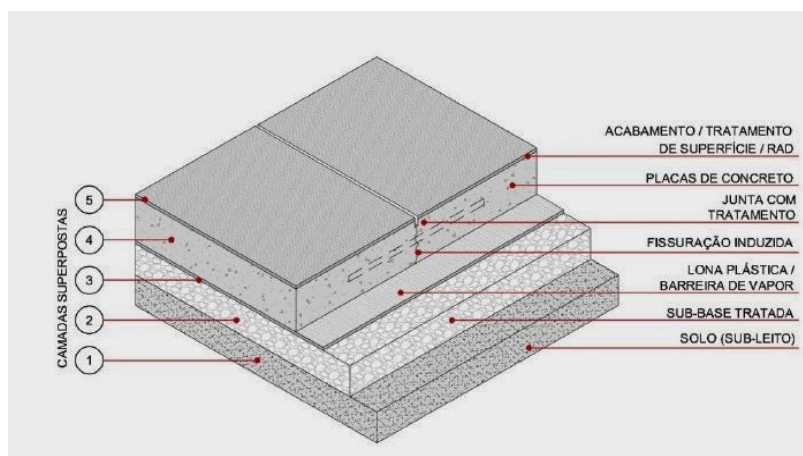


Figura 8 – Camadas constituintes dos pisos industriais
Fonte: Cristelli (2010)

Mesmo sendo executadas em momentos distintos e sequenciais na obra, tais camadas atuam em conjunto. As principais funções de cada camada são descritas no quadro 1:

	CAMADA	FUNÇÕES
1	Solo (base) / sub-leito	- Absorver as solicitações de cargas impostas ao pavimento; - Controlar o coeficiente de recalque k , de acordo com suas propriedades físico-mecânicas e capacidade de suporte.
2	Sub-base	- Isolar e estabilizar as condições do sub-leito através de tratamentos granulométricos e de capacidade de distribuição de carga; - Dar suporte uniforme e constante; - Evitar bombeamento; - Controlar variações volumétricas do sub-leito; - Aumentar o suporte da fundação.
3	Lona plástica / barreira de vapor	- Impermeabilizar a superfície para evitar umidade ascendente nas placas de concreto; - Garantir livre movimentação da placa de concreto em relação à sub-base; - Garantir hidratação do cimento, evitando perda de água de amassamento para a sub-base.
4	Placa de concreto	- Absorver os carregamentos do piso e transferir os esforços para a fundação, trabalhando no regime elástico; - Servir de base de aplicação (ancoragem) dos revestimentos.
5	Acabamento / tratamento de superfície / revestimento de alto desempenho (RAD)	- Acrescentar características superficiais específicas ao sistema do piso, de acordo com a demanda de utilização; - Garantir à superfície do piso a resistência ao desgaste por abrasão; - Promover a compactação superficial e eliminar as imperfeições, influenciando no conforto de rolamento das empilhadeiras.

Quadro 1 – Funções básicas das camadas do sistema de pavimentos industriais
Fonte: Cristelli (2010)

2.3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS RELATIVOS AOS PISOS INDUSTRIAIS

A observância de alguns aspectos construtivos importantes, descritos a seguir, relacionados a projeto, materiais e técnicas executivas, contribui significativamente para a

qualidade final dos pisos industriais de concreto, reduzindo a ocorrência de patologias e sendo determinante no desempenho satisfatório ao longo da sua vida útil.

2.3.1. Sub-leito e Sub-base

Rodrigues, Faria e Silva (2015), apontam as considerações mais importantes quanto à preparação do sub-leito:

- O controle da compactação do sub-leito é feito comparando-se a densidade em campo com a máxima obtida em laboratório, sendo esse índice denominado grau de compactação (GC), com o mínimo 95% do ensaio *Proctor* Normal (PN)¹. Para o caso das areias, deve-se controlar a compacidade relativa - CR, dada pela relação entre os volumes de vazios máximos, mínimos e de campo. A areia é considerada fofa, para $CR < 0,33$, de compacidade média para $0,33 \leq CR \leq 0,66$ e compacta se $CR > 0,66$;
- A compactação de um solo é função da energia empregada e do teor de umidade. Para uma mesma energia, variando-se a umidade, obtém-se uma curva em que seu cume define o par de valores - umidade ótima e densidade seca máxima;
- À medida que a energia de compactação é incrementada, a densidade seca máxima aumenta e a umidade ótima diminui. Quando a umidade está acima da ótima, o ar acaba ficando confinado pela água e não pode ser expulso, evidenciando o comportamento elástico, causado pela compressão do ar na passagem do compactador e voltando a posição original quando descarregado; em virtude dessa movimentação esse comportamento é comumente denominado na obra por “borrachudo”;

Estes mesmos autores apresentam as sub-bases com três funções principais: funcionam como camada drenante; tem função estrutural, conferindo maior capacidade de suporte e homogeneidade; e no aspecto geométrico, sua conformação reduz desvios na execução da camada de concreto. As sub-bases podem ser classificadas conforme o quadro 2:

¹ Ensaio de compactação *Proctor* é um dos mais importantes procedimentos de estudo e controle de qualidade de aterros de solo compactado. Através dele é possível obter a densidade máxima do maciço terroso, condição que otimiza o empreendimento com relação ao custo e ao desempenho estrutural e hidráulico. A metodologia foi desenvolvida pelo engenheiro Ralph Proctor em 1933, sendo normatizada nos Estados Unidos pela AASHO e no Brasil sua execução segue a NBR 7182/1986 - Ensaio de Compactação - da ABNT. Consiste em compactar uma porção de solo em um cilindro com volume conhecido, variando a umidade de forma a obter o ponto de compactação máxima, no qual se obtém a umidade ótima de compactação. Pode ser realizado em três níveis de energia de compactação, conforme as especificações da obra: normal, intermediária e modificada.

TIPOS DE SUB-BASES	Sub-bases granulares	Granulometria aberta		
		Granulometria fechada		
	Sub-bases tratadas	Com cimento	Solo-cimento - SC	
			Solo melhorado com cimento - SMC	
			Brita graduada tratada com cimento - BGTC	
			Concreto rolado – CCR	
		Com outros aditivos	Cal	
			Pozolana	
Asfalto				
		Aditivos químicos		

Quadro 2 – Tipos de sub-bases
 Fonte: Chodounsky e Viecili (2007)

Os equipamentos mais adequados para a compactação de materiais granulares são os rolos compactadores vibratórios lisos e a energia empregada no seu controle deve ser a modificada, exigindo-se sempre grau de compactação (GC) mínimo de 100%.

As sub-bases granulares são as mais comumente empregadas na execução dos pisos industriais, constituídas por materiais diversos de granulometria padrão (rochas britadas). São distribuídas acima do sub-leito com vibroacabadora de maneira uniforme e devidamente compactadas. Uma boa compactação evita problemas de fissuração em função de deformações no piso, aumentando o coeficiente de recalque k. As espessuras variam de 10 a 30 cm (CRISTELLI, 2010).

2.3.2. Barreira de Vapor

Em pisos industriais é bastante comum se empregar filmes plásticos (espessura mínima de 0,15 mm) entre a placa de concreto e a sub-base, tendo como principal objetivo a redução do coeficiente de atrito, importante em placas de grandes dimensões. Entretanto, esses filmes são também impermeabilizantes, contribuindo para o empenamento das placas (RODRIGUES; FARIA; SILVA, 2015).

Além de atuar como camada de deslizamento, evitando a consolidação estrutural das camadas inferior e superior, o filme de polietileno (lona plástica) permite a retração e a dilatação térmica do piso (sistema de placas não aderidas). A barreira de vapor formada auxilia no processo de cura do concreto, garantindo a hidratação do cimento e evitando a perda de água de amassamento para a sub-base (CRISTELLI, 2010).

2.3.3. Armaduras

Segundo Rodrigues, Faria e Silva (2015), no posicionamento das armaduras em pisos com armadura distribuída ou estruturalmente armados, deve ser observado:

- A armadura superior de tela deverá estar posicionada a um terço da face superior da placa com um recobrimento máximo de 5 cm; quando prevista em projeto a armadura inferior, esta deverá estar posicionada a 3 cm da face inferior da placa;
- A armadura superior deve ser posicionada adequadamente com o auxílio de espaçadores apropriados, como os soldados (treliças). O posicionamento das treliças é feito em linhas paralelas distanciadas de aproximadamente 0,80 m a 1,00 m, dependendo do diâmetro da tela; fios de diâmetro mais elevado são mais rígidos, permitindo maior espaçamento das treliças;
- O posicionamento da armadura inferior acaba sendo bem mais simples do que a tela superior, utilizando-se pastilhas de cimento ou espaçadores plásticos;
- As barras de transferência precisam ser corretamente posicionadas, para garantir o mecanismo da transferência de cargas, trabalhando com a metade do comprimento não aderida (aplica-se graxa ou outro desmoldante), permitindo que nos movimentos contrativos da placa ela deslize no concreto, sem gerar tensões prejudiciais. As barras devem estar paralelas entre si, tanto no plano vertical como horizontal, e concomitantemente ao eixo da placa. Nas juntas serradas, as barras de transferência deverão ser posicionadas exclusivamente com o auxílio de espaçadores.

Nas figuras 3 a 5 pode ser visualizado o posicionamento dos elementos quando a armadura é distribuída descontínua. Os pisos estruturalmente armados, reforçados com fibras ou protendidos têm outros detalhes específicos.

2.3.4. Concretagem

Conforme destacado por Rodrigues, Faria e Silva (2015) a concretagem do piso tem influência marcante no seu desempenho final, merecendo intenso controle executivo. Aos procedimentos inadequados na concretagem estão associadas diversas patologias, como as baixas resistências a abrasão, fissuras de natureza plástica, delaminações, texturas incorretas, baixos níveis de planicidade e nivelamento, absorção elevada, dentre outras. O concreto

empregado em pisos difere em diversos aspectos daquele empregado em estruturas, podendo ser citados:

- Nos pisos, a relação área/volume é muito maior, indicando que o concreto está muito mais sujeito aos fenômenos de superfície, como a exsudação e a retração plástica;
- A placa de concreto é na maior parte das vezes empregada sem revestimento, exercendo dupla função, estrutural e de acabamento;
- Quando o concreto não possuir armadura estrutural, qualquer procedimento inadequado de concretagem poderá prejudicar sua resistência à tração na flexão;
- As condições de concretagem em clima quente devem ser consideradas na execução, visto ser o Brasil um país tropical em praticamente toda a sua extensão.

Segundo estes autores, a exsudação é a segregação da água do concreto, que aflora a superfície após o adensamento, perdurando por praticamente todo o período de dormência, cessando próximo ao início de pega, quando a rede de cristais de etringita reduz drasticamente a permeabilidade do concreto. Ressaltam que:

- A perda de água reduz a relação água/cimento, criando vazios na estrutura;
- A exsudação provoca aumento no teor de água das camadas superficiais, reduzindo a sua resistência mecânica, resultado em empoeiramento, descamamento e pequeno desgaste superficial no início da operação;
- A exsudação pode ser reduzida com o aumento da coesão da mistura, com o incremento do teor de finos e com o emprego de aditivos, evitando-se também a vibração excessiva do concreto, que favorece a segregação;
- A exsudação pode ser muitas vezes desprezível nas estruturas convencionais, mas é particularmente importante nos pisos em virtude da elevada área superficial, afetando a resistência ao desgaste e prejudicando as operações de acabamento.

Sobre a retração do concreto, tais autores afirmam que se constitui hoje um caso à parte na tecnologia dos pavimentos industriais e rodoviários, dado a grande quantidade de problemas observados. Essa condição advém das mudanças nas características dos cimentos atuais, como o expressivo aumento nas finuras e teores de adições, que proporcionaram o aumento da resistência inicial e final ou incremento na durabilidade, mas tornaram o concreto mais susceptível à fissuração, notadamente nas primeiras idades. Salientam que:

- A evaporação da água do concreto inicia-se nas fases de mistura, transporte, lançamento e adensamento. Não sendo exagerada, não é prejudicial. Após o adensamento e antes do início de pega, a evaporação é a mais elevada observada no

período de cura, devido à alta permeabilidade e a exsudação, trazendo consequências negativas ao concreto;

- Mesmo após a pega, com expressiva redução na permeabilidade, há ainda grande facilidade de evaporação da água, que se não for impedida ou restringida, contribui para a formação de fissuras. As variações de volume ocorridas neste período denominam-se retração inicial (retrações plástica tradicional, autógena e hidráulica inicial);
- A retração plástica traz um tipo bem característico de fissuras, paralelas entre si, com abertura elevada e baixa profundidade, da ordem de milímetros, sendo bastante evidente em pisos não submetidos ao desempenho após o início de pega e com deficiências no sistema de cura inicial. É conveniente o emprego de cura química com produtos que criam um filme na superfície e impedem a perda de água nas primeiras idades;
- O controle das fissuras plásticas constitui uma combinação de diversos aspectos executivos para controle da evaporação. A água de exsudação sobe para a superfície em taxas decrescentes e enquanto existir o equilíbrio entre a água exsudada e a evaporada, ou a primeira for maior, não ocorrerão fissuras plásticas; no momento em que a água exsudada é menor, a superfície retrai, ocorrendo fissuras. Deve-se então: empregar barreiras contra sol e vento; resfriar com água os agregados, antes da carga do caminhão; proteger o concreto com filmes (cura química), ou empregar nebulização com água, dificultando a evaporação;
- Os outros tipos de fissuras geradas pela retração inicial apresentam comportamento aleatório e irregular, ramificadas e nem sempre com suas extremidades em uma junta. As condições da cura inicial são críticas na geração dessas fissuras, mas as características do concreto, como baixa relação água/cimento (inferior a 0,42) e o emprego de adições ativas finamente divididas levam a ocorrência de retrações químicas ou autógenas;
- A tela soldada pouco pode contribuir no combate a essas fissuras, pois elas ocorrem em uma fase onde a aderência com a pasta de cimento ainda não é plena. Sua contribuição será em manter posteriormente essas fissuras fechadas, evitando a sua degradação;
- Independente da qualidade da cura, o concreto sempre irá retrair, pois a quantidade de água empregada excede ao necessário à hidratação do cimento. Com a cura busca-

se garantir perda de água mínima, para que a hidratação ocorra quando o concreto atingir resistência suficiente às tensões geradas ou boa aderência com a tela.

Rodrigues, Faria e Silva (2015) abordam ainda questões relativas ao lançamento e adensamento do concreto:

- As operações de lançamento, embora simples, podem alterar substancialmente o desempenho do piso, visto que frequentemente são observados defeitos advindos da alteração da posição original da armação. O trânsito de operários por sobre a tela deve ser restringido durante os trabalhos, municiando-os com ferramentas adequadas para que possam espalhar o concreto externamente à região de concretagem. O espalhamento deve ser uniforme e em quantidade tal que, após o adensamento, haja pouco material para ser removido, facilitando os trabalhos com a régua vibratória;
- As grandes áreas dos pisos aliadas as suas baixas espessuras sugerem que o adensamento do concreto deva ser feito por meio de régua vibratórias. Essa operação é facilitada pela própria natureza do piso, desprovida de elementos complicadores, como taxas elevadas de armação ou locais pouco acessíveis. Os vibradores de imersão podem e devem ser empregados em pisos, consorciados com as régua. Cabe destacar o equipamento denominado *laser screed* (figura 9), que espalha, vibra e dá um primeiro acabamento, similar ao da régua vibratória, permitindo grande produtividade.



Figura 9 – Equipamento de adensamento *laser screed*
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

2.3.5. Acabamento Superficial

As etapas de acabamento superficial dos pisos de concreto podem ser resumidas conforme o quadro 3.

	ETAPAS	EQUIPAMENTOS	PROCESSO	FUNÇÃO
1	Desempeno (float/bull float)	Desempenadeira manual, metálica ou de madeira com 80 cm a 300 cm de comprimento e 20 cm de largura, com extremidades arredondadas	Operação de alisamento da superfície	Promover um primeiro alisamento superficial, fechando as imperfeições deixadas pela régua vibratória
2	Rodo de corte	Ferramenta constituída por uma régua de alumínio de 3 m, montada ortogonalmente a um cabo articulado que permite mudar o seu ângulo (corte puxado ou empurrado)	Remoção de material superficial através de atrito da lâmina nos pontos de espessuras diferentes e desnivelamentos	Melhorar a planicidade do piso, permitindo a execução de superfícies mais planas
3	Período de espera	Barreiras de vento, proteções contra incidência solar e partículas de cura química específicas	Instalação de dispositivos de proteção ou aplicação de cura química sobre a superfície	Controlar a perda de água do concreto por exsudação e agentes externos durante o período de pega do concreto
4	Desempeno (float mecânico)	Discos metálicos com cerca de 80 cm de diâmetro, fixados nas acabadoras mecânicas, duplas ou simples (discão)	Alisamento mecânico da superfície do concreto através do uso das acabadoras em momento adequado da pega do concreto cerca de 2h30 após aplicação do rodo de corte (em função das características do concreto o tempo de início desta etapa pode variar)	Promover a compactação superficial e garantir maior concentração de argamassa na superfície
5	Desempeno fino/ alisamento mecânico	Rodo de corte (opcional, no caso de pisos com elevados índices de planicidade) e acabadoras mecânicas com dispositivos de pás metálicas com inclinações variáveis	Aplicação do rodo de corte, e posteriormente, alisamento mecânico com forte tensão de contato das pás metálicas com a superfície do piso	Desempenar e alisar a superfície por ação abrasiva, controlando a sua rugosidade e conferindo brilho à superfície acabada. Diminuir o atrito na utilização do piso, caracterizando aumento de resistência à abrasão

Quadro 3 - Sequência executiva do acabamento superficial dos pisos de concreto

Fonte: Rodrigues, Gasparetto e Botacini (2006)

Rodrigues, Faria e Silva (2015) destacam que a superfície do piso é a principal fonte de medida do seu desempenho, estando em contato com todas as ações solicitantes. Citam o procedimento de aspersão de agregados de alta dureza, tanto de origem mineral como metálica, na superfície de concreto (de 4 kg/m² a 8 kg/m²) preferencialmente com adição de

cimento (de 15% a 30%), misturado na própria obra ou com o emprego de produtos industrializados, para incrementar a resistência abrasiva do piso.

Cristelli (2010) cita como principais produtos para incrementar a resistência superficial dos pisos de concreto os líquidos endurecedores de superfície e os agregados minerais e metálicos. Os agregados podem ser aplicados sob a forma de aspersão (*dry shakes*), argamassas cimentícias de alta resistência ou microconcreto de alto desempenho (este último aplicado na forma úmido sobre úmido ou sobre substrato de concreto endurecido e com superfície fresada (sistema *overlay*)).

O rodo de corte pode ser visto na figura 10:



Figura 10 – Rodo de corte para acabamento superficial
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

Na figura 11 pode ser visualizada a acabadora de superfície:



Figura 11 – Acabadora mecânica de superfície
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

2.3.6. Juntas

Rodrigues, Gasparetto e Botacini (2006), definem as juntas como mecanismos de descontinuidade estrutural com a função de permitir a movimentação dos segmentos estruturais de forma independente, controlando as variações higrotérmicas do concreto, permitindo retração e dilatação das placas. Nos pisos industriais, os detalhes executivos das juntas apresentam elementos capazes de redistribuir os esforços entre as placas quando o carregamento é aplicado na área das bordas, mantendo a planicidade, assegurando a qualidade do piso e o conforto de rolamento.

A simples execução de um piso com placas de grandes dimensões não garante que os problemas de juntas sejam minimizados. O projetista deve definir as dimensões das placas com base no conhecimento do comportamento de cada junta e no leiaute de operação da área, desenvolvendo projeto geométrico que posicione as juntas em áreas de tráfego reduzido, visando durabilidade e eficiência do piso (CHODOUNSKY e VIECILI, 2007).

Cristelli (2010) coloca que atualmente a tecnologia de pavimentação industrial apresenta alternativas diversas para a redução do número de juntas, como a utilização do concreto protendido e do concreto reforçado com fibras, visto a relação entre a vulnerabilidade das juntas e o surgimento de patologias.

Os tipos de juntas descritos por Rodrigues, Faria e Silva (2015) são:

- Junta de construção (JC): é empregada em função da limitação dos equipamentos de construção e devem ser executadas com dispositivos de transferência de carga, como as barras de transferência (figura 12). São geralmente mais susceptíveis a quebras devido ao acúmulo de argamassa nas bordas, além de empenarem com mais facilidade do que as serradas, devendo ser reduzidas a menor quantidade possível;

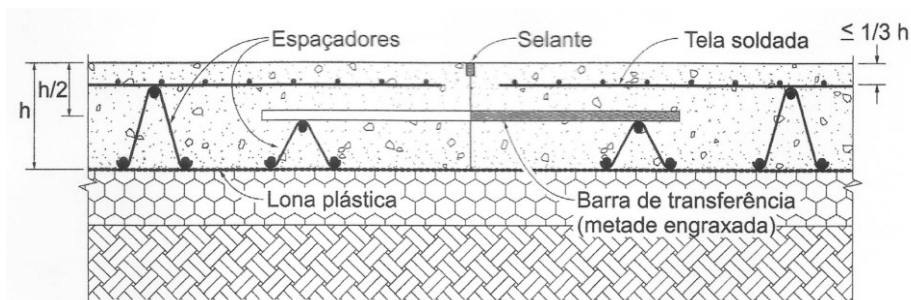


Figura 12 – Junta de construção (JC) com barra de transferência
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

- Junta serrada (JS): é empregada para permitir a acomodação das tensões geradas pela retração do concreto e o seu espaçamento é função da taxa de armadura empregada. É importante o emprego de barras de transferência, para controle do empenamento da placa (figura 13). As juntas serradas são normalmente ortogonais à maior direção da placa, sendo, portanto, sujeitas às maiores movimentações em função da retração do concreto. A moderna tecnologia construtiva para pisos impõe a concretagem em faixas, limitadas pelas juntas longitudinais. Após o período de cura inicial, para permitir que o concreto alcance resistência suficiente para suportar o corte por meio da cortadora de junta, são feitos cortes no sentido transversal da faixa, que definirão as juntas transversais serradas. A profundidade do corte deverá ser: pelo menos de 40 mm; maior que um quarto da espessura da placa; menor que um terço da espessura da placa.

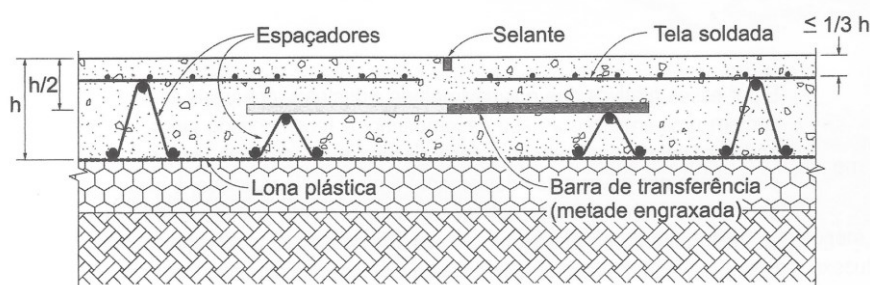


Figura 13 – Junta serrada (JS) com barra de transferência
 Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

- Junta de encontro (JE) ou junta de expansão: situada nos encontros do piso com elementos estruturais (blocos, vigas baldrame e pilares) ou outros elementos, como canaletas e bases de máquinas, plataformas e estruturas enterradas, que impedem a livre movimentação do piso (figura 14).

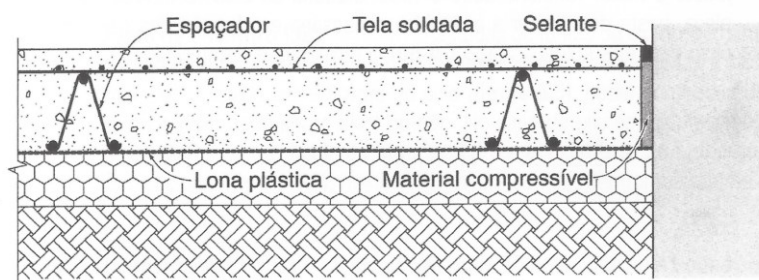


Figura 14 – Junta de encontro (JE) com elementos estruturais
 Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

Para os pilares há diversas alternativas, como as juntas diamante ou circulares, ou emprego da junta de encontro convencional; os cantos reentrantes deverão ser armados (figura 15).

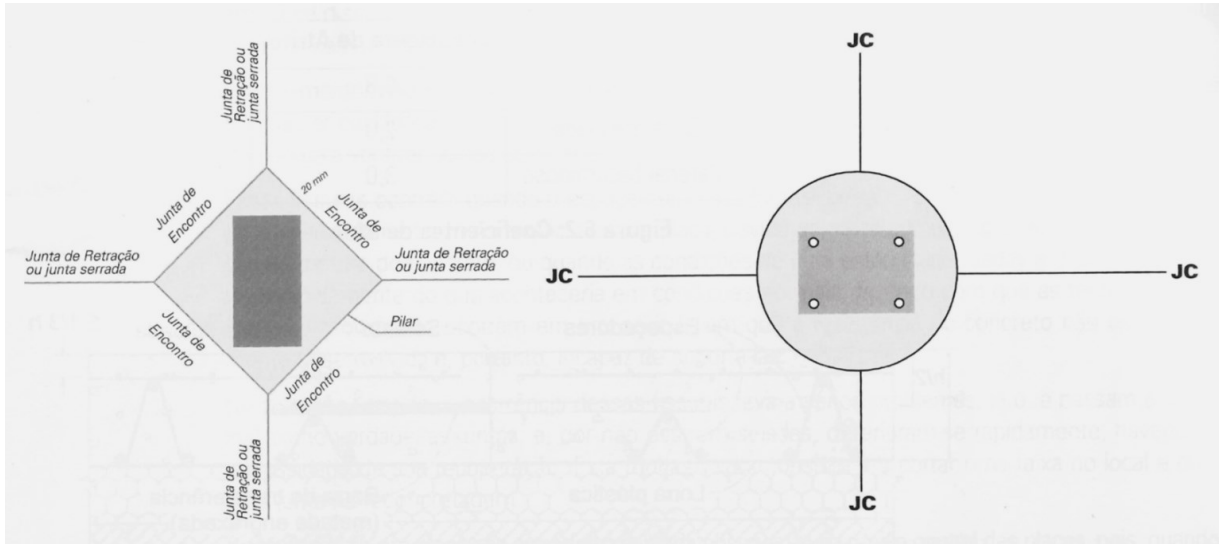


Figura 15 – Configurações típicas de juntas de encontro (JE) com pilares
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

As barras de transferência constituem o principal e mais eficiente mecanismo de transferência de cargas empregado nas juntas. São formadas por barras de aço de seção circular ou quadrada, maciças e de superfície lisa, de aço CA-25. Não devem aderir ao concreto em um dos seus lados, para permitir o seu deslizamento quando da retração da placa, devendo estar com metade do seu comprimento lubrificado. Como nesse trecho não há aderência, não ocorre a passivação da armadura, sendo conveniente a sua pintura para protegê-la da corrosão (RODRIGUES; FARIA; SILVA, 2015).

O tratamento de juntas é essencial para garantia da durabilidade do piso, evitando que se tornem frágeis e acelerem o processo de deterioração. O preenchimento com materiais selantes adequados, como poliuretano, silicone, acrílicos, epóxi modificado com uretano, polissulfeto, poliuretano modificado com asfalto, dentre outros, impede a entrada de impurezas e partículas contaminantes, aumentando a resistência das bordas laterais solicitadas pelo carregamento gerado por rodas de maquinário de transporte, evitando pontos de concentração de tensões que provocam trincas e desprendimentos (CRISTELLI, 2010).

2.3.7. Cura

Rodrigues, Faria e Silva (2015) denominam de cura do concreto todas as medidas tomadas para manter as condições de hidratação do cimento (umidade e temperatura). A cura do concreto, além da resistência, está intimamente relacionada ao problema de qualidade superficial. Divide-se em duas etapas no período de hidratação do cimento, inicial e complementar, como descrito:

- A cura inicial é executada imediatamente após as operações de acabamento do concreto, podendo iniciar-se de modo indireto após o adensamento. No seu período há maior influência dos fenômenos de superfície, que diferentemente das estruturas, assume papel fundamental nos pisos. Após o acabamento final, quando a superfície se encontra a meio caminho do fim de pega, pode-se empregar meios diretos, sem prejudicar a superfície do piso, como: aplicação de membranas de cura, que são emulsões a base de polímeros, notadamente o PVA, com corante, que, com a secagem da água, formam na superfície um filme impermeável; ou filmes plásticos, transparentes ou opacos, que são popularmente conhecidos por lona preta, igualmente eficientes como meio de cura;
- A cura complementar consiste na saturação com água da superfície concretada, devendo ser iniciada após o fim de pega do concreto. A sua execução é feita com a colocação de materiais absorventes na superfície. Os materiais mais empregados são as mantas de cura produzidas com tecidos ou não tecidos poliméricos, com boa capacidade de retenção de água. Deve estender-se até que o concreto tenha alcançado pelo menos 75% da sua resistência final, quando então terá baixa permeabilidade para manutenção da umidade para a completa hidratação do cimento.

2.4. AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

No Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (2005) são apresentados conceitos importantes sobre a conservação dos pavimentos rodoviários, os quais são perfeitamente aplicáveis, mediante devidas adaptações, aos pisos industriais de concreto. Os defeitos mais comuns estão relacionados às técnicas executivas, aos materiais inadequados e a ausência de manutenção rotineira, ocorrendo em diversos graus de severidade.

A avaliação criteriosa proposta pelo DNIT (2005) pretende estabelecer índices que representam as condições de uso dos pavimentos, servindo como parâmetro para estimar a

vida útil, priorizar e gerenciar os programas de manutenção. No manual considera-se que ocorrem nos pavimentos tanto defeitos localizados, provocados por causas específicas, como degradação uniforme decorrente de deficiências de projeto ou fadiga do concreto ao final da vida útil. Torna-se importante assim, a definição de modelos de avaliação de desempenho dos pavimentos e a elaboração de cadastro detalhado da ocorrência destes defeitos (patologias).

Rothen e Silva (2006) desenvolveram um estudo sobre a aplicação da metodologia do DNIT (2005) na avaliação de pavimentos rígidos em canaletas de ônibus biarticulado de Curitiba. São mencionadas as patologias mais comuns em pavimentos rígidos conforme a terminologia padronizada, bem como abordadas as características, mecanismos de contagem, agente patológico provável e o grau de severidade (baixo, médio ou alto). Um roteiro de inspeção é aplicado a alguns estudos de caso, passando pelas seguintes etapas: definição dos trechos de inspeção, tipo de inspeção (integral ou por amostragem), definição dos defeitos visíveis e catalogação dos dados coletados. São apresentadas ainda algumas técnicas de reparo para as patologias definidas na terminologia do manual.

Balbo (2009) apresenta procedimentos de avaliação e análise estrutural de pisos, contemplando avaliação destrutiva e não destrutiva, provas de carga e medidas de deflexões, retroanálise de parâmetros estruturais com Método dos Elementos Finitos (MEF), avaliação de deformações, análise de transferência de carga em juntas e análise de tensões em armaduras. Aponta como procedimentos de avaliação funcional e de patologias a medida de planicidade em placas recém construídas, a medida de irregularidade longitudinal, e a metodologia para determinação de um índice de condição do pavimento (ICP), a mesma adotada pelo DNIT (2005). Fornece também diretrizes de recuperação estrutural, relacionando os defeitos mais comuns nos pavimentos de concreto, as causas mais prováveis e os métodos de reparo, detalhando as técnicas de manutenção.

As principais diretrizes para inspeção em estruturas de concreto são encontradas em Mazer (2012) e Moreira (2016). Tais diretrizes podem ser adaptadas (naquilo que for aplicável) às atividades relacionadas ao processo de inspeção em pisos de concreto. Para auxílio aos trabalhos de inspeção, além das informações a serem obtidas em projeto (se disponível), podem ser empregados testes de caracterização através de instrumentação ou ensaios de laboratório, cujos principais métodos são definidos por Mazer (2012), direcionados primeiramente às estruturas de concreto, mas alguns com possibilidade de utilização na avaliação de pisos de concreto.

3. METODOLOGIA

Considerando os conceitos abordados na revisão bibliográfica, referentes principalmente à caracterização, ações atuantes, dimensionamento, aspectos construtivos e de conservação dos pisos industriais de concreto, pretende-se desenvolver o presente trabalho através de metodologia composta pelas seguintes etapas:

- Caracterização básica das unidades operacionais dos Correios, identificando a finalidade, as atividades, os tipos de objetos, a interdependência entre elas, o fluxo interno, o leiaute, os equipamentos utilizados e as cargas geradas sobre os pisos. Os aspectos abordados na caracterização das unidades serão base para, através de uma análise qualitativa, classificar os tipos de unidades operacionais conforme as tendências de deterioração identificadas nos pisos;
- Considerações sobre os requisitos mais importantes aplicáveis aos pisos, quanto a resistência às solicitações (sub-leito e sub-base, espessura da placa e armaduras), resistência ao desgaste, juntas, nivelamento e planicidade (padrão desejado de desempenho para os pisos das unidades, conforme as exigências de uso);
- Indicação de elementos a serem analisados previamente em projeto. Abordagem sobre a aplicação dos requisitos na inspeção em pisos, complementada pela utilização de ensaios ou instrumentação tecnicamente viáveis para determinação de algumas propriedades dos pisos. Caracterização das patologias mais frequentes nos pisos de concreto. Apresentação de conjunto de patologias encontradas em pisos de algumas edificações operacionais;
- Definição de procedimentos de manutenção preventiva e corretiva, para tratamento das patologias nos pisos de concreto visando à garantia do desempenho satisfatório ao longo da vida útil;
- Avaliar o estudo realizado, com a definição dos requisitos, caracterização das patologias e abordagem sobre os procedimentos para tratamento, com foco nas edificações operacionais dos Correios. O material produzido deverá constituir um guia de orientação aos profissionais de engenharia dos Correios que atuam na avaliação de edificações operacionais, sejam aquelas propostas para locação ou próprias em que se faz necessária intervenção para melhoria do desempenho.

As etapas que compõem a metodologia são apresentadas no fluxograma da figura 16:

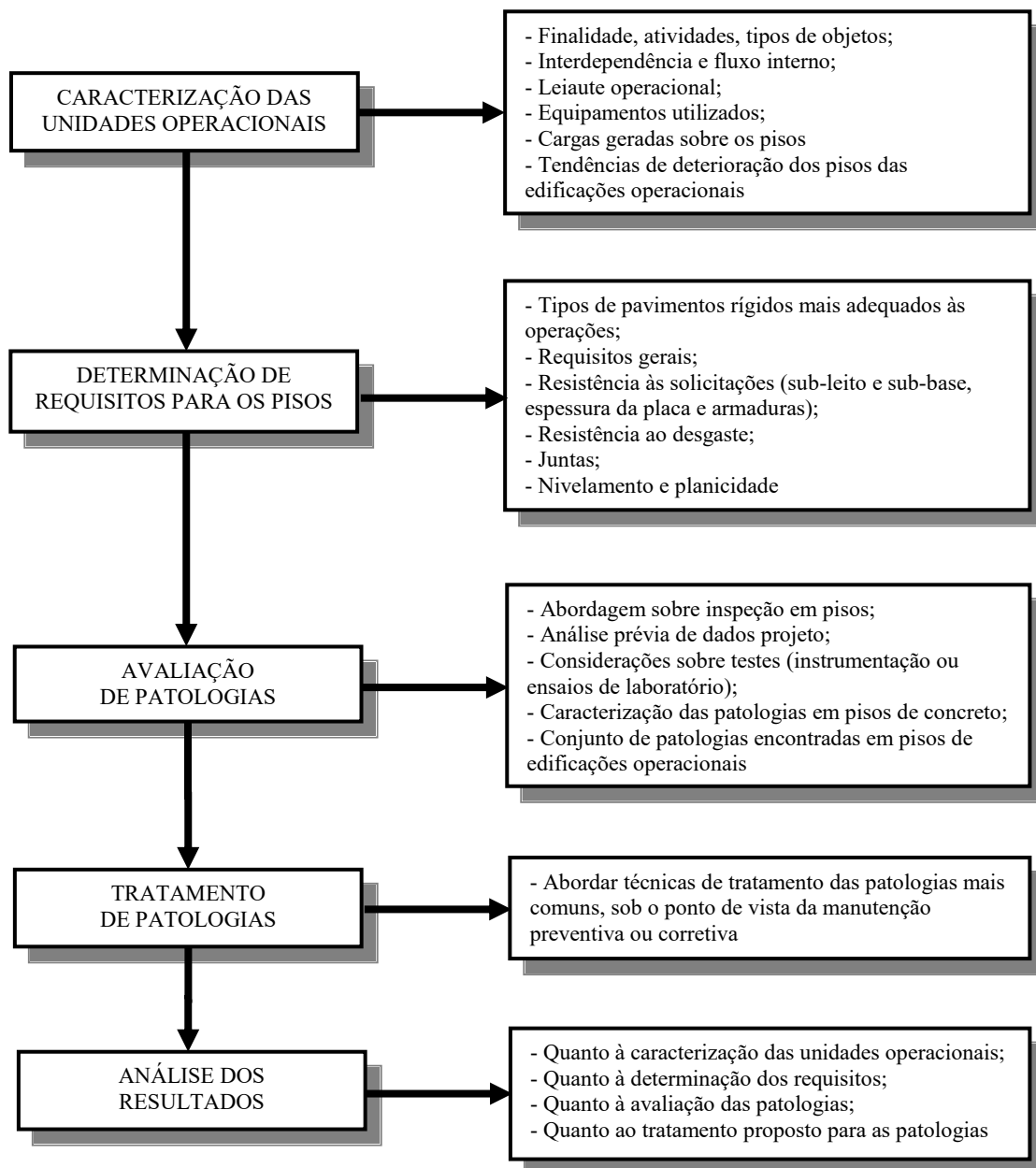


Figura 16 – Etapas da metodologia para desenvolvimento do trabalho

Fonte: autoria própria (2016)

4. CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES OPERACIONAIS

Com a caracterização das unidades operacionais buscar-se-á identificar elementos balizadores para determinação dos requisitos para os pisos de concreto sob influência das atividades postais. Destacam-se as análises a respeito das relações entre massa e volume dos objetos manuseados, da frequência de uso dos equipamentos em cada tipo de unidade, associada à natureza das solicitações geradas por estes equipamentos, se estáticas ou móveis.

Ao final deste Capítulo, apresentar-se-á a classificação em ordem decrescente das unidades operacionais que tendem a sofrer maior deterioração em seus pisos de concreto, através das ponderações efetuadas entre as características dos objetos, o uso dos equipamentos e a natureza das solicitações. Esta ordenação das unidades permitirá obter, de maneira geral, indicativo de possível comprometimento do estado de conservação e do desempenho dos pisos de concreto ao longo da vida útil.

4.1. TIPOS DE UNIDADES OPERACIONAIS

Os tipos de unidades selecionadas para estudo respondem quase que pela totalidade de objetos tratados e entregues no âmbito das operações dos Correios. São elas:

- Centro de Tratamento de Cartas (CTC);
- Centro de Tratamento de Encomendas (CTE);
- Centro Internacional (CEINT);
- Centro de Logística Integrada (CLI);
- Centro de Entrega de Encomendas (CEE);
- Centro de Distribuição Domiciliar (CDD).

No quadro 4 estão descritas as características principais destas unidades que fazem parte da infraestrutura operacional dos Correios.

UNIDADE OPERACIONAL (1)	QTDE.	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE OBJETOS MANUSEADOS	ÁREA OCUPADA (m²) (4)	FUNÇÃO/ATIVIDADES
Centro de Tratamento de Cartas (CTC)	2	Curitiba, Londrina (2)	- Cartas	18.500,00	- Receber as cartas postadas nas agências do estado; - Receber cartas do CTC de outros estados; - Realizar a triagem automatizada de cartas; - Encaminhar os objetos triados para o CDD ou agência de destino.
Centro de Tratamento de Encomendas (CTE)	2	Curitiba, Londrina (2)	- Encomendas - Malotes	14.000,00	- Receber as encomendas e malotes postados nas agências do estado; - Receber as encomendas e malotes do CTE de outros estados; - Realizar a triagem automatizada de encomendas e malotes; - Encaminhar as encomendas e malotes para o CEE, CDD ou agência destino.
Centro Internacional (CEINT)	1	Pinhais	- Encomendas internacionais com até 5 kg	13.000,00	- Receber encomendas postadas no exterior; - Realizar a triagem manual das encomendas; - Encaminhar as encomendas ao CTE de cada estado; - As encomendas recebidas de fora do Brasil em sua chegada estão sujeitas à tributação, cuja fiscalização é de responsabilidade da RFB, que possui escritório no interior do CEINT; - Outros órgãos, como ANVISA, IBAMA, MAPA e Exército possuem postos de fiscalização para controle da entrada de medicamentos, animais silvestres ou exóticos, sementes, armas e explosivos.
Centro de Logística Integrada (CLI)	4	Pinhais, Ponta Grossa, Londrina, Cascavel	- Livros didáticos - Provas do ENEM - Urnas eletrônicas	2.700,00	- Realizar as operações logísticas, de apoio a outros órgãos do governo, como ao Ministério da Educação, na entrega anual dos livros didáticos às escolas públicas (5) ou entrega das provas do ENEM; ou ao TRE, com a entrega das urnas eletrônicas; - Atender a empresas privadas de comércio eletrônico, através de contrato de prestação de serviços de logística com os Correios
Centro de Entrega de Encomendas (CEE)	8	Curitiba (3), Ponta Grossa, Londrina, Maringá, Cascavel	- Encomendas - Malotes	1.000,00	- Receber as encomendas do CTE; - Efetuar a separação e ordenação das encomendas por distrito postal; - Entregar as encomendas nos domicílios, dentro da sua área de abrangência;
Centro de Distribuição Domiciliar (CDD)	50	Curitiba e cidades do interior (médio e grande porte)	- Cartas - Encomendas - Malotes	600,00	- Receber as cartas do CTC; - Efetuar a separação e ordenação das cartas por distrito postal (6); - Entregar cartas nos domicílios, dentro da sua área de abrangência (6);

Quadro 4 – Características das unidades operacionais dos Correios no Paraná

Fonte: Correios – adaptação de informações fornecidas pelas áreas gestoras das unidades operacionais (2016)

Notas:

(1) Os fluxos de objetos mais frequentes entre as unidades são:

Postagem

- Agência → CTC;

- Agência → CTE

Tratamento e entrega

- CEINT → CTE → CEE;

- CEINT → CTE → CDD;

- CEINT → CTE → Agência;

- CTC → CDD;

- CTC → Agência;

- CTE → CEE;

- CTE → CDD;

- CTE → Agência;

- CLI (opera de forma isolada em relação às demais unidades).

(2) O CTC e o CTE ocupam a mesma edificação em Londrina, denominado CTCE Londrina.

(3) Em Curitiba são quatro unidades: CEE Curitiba Centro, CEE Curitiba Norte, CEE Curitiba Leste e CEE Curitiba Sul.

(4) A área informada para o CTC foi obtida do Guia de Padronização dos Centros de Cartas e Encomendas dos Correios (2012), porte médio, supondo-se 50% da área total do CCE ocupada pelo CTC. A área informada para o CTE foi obtida do Guia de Padronização dos Centros de Tratamento de Encomendas Automatizados dos Correios (2014). As áreas informadas para o CEINT e o CLI se baseiam nas áreas atualmente ocupadas nas edificações em que se situam. As áreas informadas para CEE e CDD constituem médias das áreas ocupadas dentre todas as unidades deste tipo.

(5) Os livros didáticos são fornecidos através do FNDE.

(6) Nos municípios em que não há atendimento por um CEE, a separação, ordenação e entrega das encomendas nos domicílios é feita pelo CDD local. No caso de municípios de pequeno porte, que também não dispõem de um CDD, a separação, ordenação e entrega de cartas e encomendas é feita pela própria agência dos Correios da localidade.

Na figura 17 é apresentada a vista interna geral de um Centro de Tratamento de Encomendas (CTE):



Figura 17: Vista interna geral de um Centro de Tratamento de Encomendas (CTE)

Fonte: Guia de Padronização dos Centros de Tratamento de Encomendas Automatizados dos Correios (2014)

4.2. FLUXO OPERACIONAL INTERNO DAS UNIDADES

Independentemente do tipo de unidade operacional, pode-se afirmar que o fluxo das atividades ali desenvolvidas se assemelha, sendo resumido em:

- a) Descarregamento e recebimento;
- b) Desconsolidação da carga e transbordo;
- c) Movimentação interna;
- d) Empilhamento;
- e) Abertura;
- f) Separação e ordenamento;
- g) Fechamento e consolidação da carga;
- h) Carregamento (para envio até a próxima unidade ou ao destinatário).

Algumas unidades têm seu fluxo interno influenciado pela sazonalidade, como o CTE e o CEE, quando o número de encomendas tratadas e entregues aumenta nos meses de novembro e dezembro (em função do Natal); e o CLI, quando o número de objetos movimentado aumenta nos meses de janeiro a março (antes do início do período escolar).

Na tabela 4 a seguir, podem ser visualizadas informações sobre os objetos tratados nas unidades operacionais selecionadas para estudo:

Tabela 4 – Objetos tratados em unidades operacionais do Paraná (valores médios aproximados)

UNIDADE	QTDE. OBJETOS (UD/MÊS)	MASSA OBJETOS (kg/UD)	VOLUME OBJETOS (dm ³ /UD)	QTDE. OBJETOS/ CONTEINER	MASSA CONTEINER (kg)	QTDE. CONTEINER/ MÊS
CTC	1.200.000	0,0045	0,0214	46635	210	26
CTE	1.500.000	2,15	11,00	91	195	16.500
CEINT	4.200.000	0,18	0,82	1221	221	3.400
CLI	100.000	0,70	0,90	1111	778	90
CEE	5.000	2,15	11,00	91	195	55
CDD	450.000	0,24	1,23	814	196	553

Fonte: Correios – adaptação de informações fornecidas pelas áreas gestoras das unidades operacionais (2016)

Notas:

- (1) As médias mensais foram obtidas de dados coletados correspondentes ao período de janeiro a novembro de 2016.
- (2) O contêiner fictício definido como padrão possui volume de 1000 dm³, servindo somente para efeito de comparação entre unidades, fornecendo proporcionalmente a medida da movimentação de carga.

Observa-se que as massas e os volumes dos objetos tratados são bastante variados. A maior ou menor exigência de movimentação das cargas não está diretamente atrelada à quantidade absoluta de objetos tratados, mas sim do número de unitizadores ou contêineres envolvidos no transporte interno, que é função do volume médio dos objetos.

Assim, objetos com volumes maiores demandam maior movimentação de carga e maior uso de equipamentos, embora com menor massa por contêiner. Por sua vez, aqueles objetos que resultam em maior massa por contêiner (pelo menor volume por objeto), acarretam em menor movimentação de carga.

A grande quantidade de carga a ser movimentada no CTE é o que justifica a automatização da triagem (separação e ordenamento), contudo, todas as demais atividades continuam a demandar os equipamentos convencionais de transporte (carrinhos, paleteiras e empilhadeiras). O CLI constitui caso particular, pois demanda maiores exigências quanto à armazenagem dos objetos, que possuem massa média bem acima dos demais e permanecem por maior período de tempo na unidade.

Com base na tabela anterior, em função da quantidade de contêineres padrão, tem-se, em ordem decrescente de maior movimentação de carga: 1º - CTE; 2º - CEINT; 3º CDD; 4º - CLI; 5º - CEE; 6º - CTC.

4.3. PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS

Com o estudo dos principais equipamentos operacionais, será possível determinar, de modo complementar, o grau de utilização destes equipamentos dentro de cada unidade operacional, considerando somente aqueles que, em função das suas características, provocam solicitações importantes sobre os pisos de concreto.

Através da análise de alguns catálogos de empilhadeiras e paleteiras disponíveis no mercado, bem como do Catálogo de Especificações Técnicas de Equipamentos Operacionais dos Correios (2016), foi possível relacionar as características destes equipamentos, descritas com maiores detalhes no Apêndice A, inclusive com ilustrações. Nas tabelas 5 e 6 são apresentados respectivamente, um resumo das características dos equipamentos e uma escala de medida qualitativa do grau de utilização dos equipamentos tomados para estudo (nulo, baixo, médio ou alto) em cada tipo de unidade operacional. Esta escala teve como base a lista da quantidade de equipamentos disponíveis em algumas destas unidades.

Tabela 5 – Resumo das características dos equipamentos operacionais

EQUIPAMENTO	DIMENSÕES – L x C x A (m) (1)	CAPACIDADE DE CARGA (kg)	MATERIAL DAS RODAS
Mesa de múltiplo uso	90 x 210 x 85	460	Borracha termoplástica – dureza <i>Shore</i> A80 ± 5 (2)
Mesa de roletes para triagem de encomendas	80,5 x 210 x 90,5	2.000	-
Contêiner desmontável leve	101,5 x 123	1.080	-
Contêiner aramado fixo	100 x 120 x 120	1.250	-
Carrinho de transporte e ordenamento	75 x 186 x 153	800	Borracha termoplástica – dureza <i>Shore</i> A80 ± 5 (2)
Empilhadeira à combustão	1,169 x 3,754 x 2,685	2.500	Borracha (pneumático)
Empilhadeira elétrica	1,308 x 3,541 x 2,297	2.041	Borracha (pneumático)
Paleteira manual	0,68 x 1,54 x 1,215	2.200	<i>Nylon</i> ou poliuretano rígido
Paleteira elétrica	0,86 x 2,335 x 1,47	2.500	<i>Nylon</i> ou poliuretano rígido

Fonte: autoria própria (2016)

Notas:

- (1) L = largura total; C = comprimento total; A = altura total.
- (2) O ensaio *Shore* tem sido usado desde 1907 para determinar a dureza de uma grande variedade de artigos de polímeros, elastômeros e borrachas. Atualmente existem 12 escalas para permitir testar uma grande variedade de materiais. Os equipamentos que realizam o ensaio *Shore* são conhecidos como durômetros, e o resultado chamado de dureza, definida como a resistência à penetração através de um indentador ao qual é aplicada uma força, perpendicularmente à superfície do material. Um sistema de leitura converte o deslocamento vertical do penetrador num valor de dureza *Shore* numa escala adequada. A escala de dureza foi definida por Albert F. Shore, que desenvolveu um dispositivo de medição em 1920.

Tabela 6 – Fatores de uso de equipamentos em unidades operacionais

EQUIPAMENTO	FATOR USO DO EQUIPAMENTO (1)					
	CTC	CTE	CEINT	CLI	CEE	CDD
Mesa de múltiplo uso	2	2	1	1	2	2
Mesa de roletas para triagem de encomendas	0	2	1	0	3	1
Contêiner desmontável leve	2	3	3	3	2	1
Contêiner aramado fixo	2	3	3	3	2	1
Carrinho de transporte e ordenamento	2	2	1	2	3	3
Empilhadeira (à combustão ou elétrica)	0	3	3	2	1	0
Paleteira (manual ou elétrica)	3	2	2	2	1	0

Fonte: autoria própria (2016)

Notas:

- (1) Fator uso do equipamento: determinado conforme a frequência de uso, pela percepção do autor e confirmação junto aos gestores das unidades operacionais pesquisadas. Assume os valores: nulo (não utilizado) = 0; baixo = 1; médio = 2; alto = 3.

Os fatores indicados na tabela acima fornecem de maneira qualitativa a proporção do uso dos equipamentos dentro das necessidades de movimentação e armazenamento de carga em cada unidade operacional. Nota-se que o uso da paleteira prevalece no CTC; o uso da empilhadeira predomina no CTE e CEINT; os contêineres são mais utilizados no CTE, CEINT e CLI; os carrinhos de transporte e ordenamento são mais empregados no CEE e CDD; a mesa de roletas para triagem de encomendas tem uso predominante no CEE.

4.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O LEIAUTE DAS EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS

O CTC e o CTE possuem leiautes com setores mais amplos, em função da quantidade de objetos tratados, que por consequência exige a instalação de máquinas automatizadas para triagem de cartas ou encomendas. A configuração do leiaute, neste caso, é feita em função das características das máquinas de triagem, que se apóiam em fundação própria independente do piso de concreto.

Unidades como o CEINT e o CLI se diferenciam parcialmente em relação à configuração de leiaute das demais unidades, o primeiro em função do recebimento de objetos vindo do exterior, com operações específicas de tributação e fiscalização de órgãos federais; e o segundo pelas características particulares da carga movimentada, se aproximando mais dos galpões logísticos convencionais.

O CEE e o CDD possuem seus leiautes definidos a partir da divisão da respectiva área de abrangência da unidade em distritos postais, cuja quantidade influencia no porte destas unidades. São os dois tipos de unidades com maior padronização nos seus leiautes,

pois apresentam operações bem definidas, em função do fluxo postal de entrega de cartas ou encomendas.

Embora cada tipo de unidade tenha suas peculiaridades, o leiaute de setores dentro da edificação operacional segue disposição semelhante em sua maior parte, baseada no fluxo interno decorrente das atividades afetas aos objetos tratados e entregues. Através do posicionamento dos setores, é possível mapear a atuação dos carregamentos sobre os pisos de concreto, bem como estabelecer requisitos para estes pisos de forma coerente com a configuração destes leiautes.

A estrutura física básica das unidades operacionais, independentemente do tipo, possui quatro setores distintos:

- Setor administrativo: destina-se ao atendimento e gerenciamento da unidade, normalmente possui recepção, gerência, arquivo e almoxarifado, dentre outros ambientes;
- Setor de serviços e apoio: dá suporte às necessidades operacionais, materiais e humanas da unidade. Este setor possui ambientes como instalações sanitárias, vestiários, refeitório, espaço qualidade de vida (sala de lazer), sala de treinamento e reuniões, sala técnica e depósito de material de limpeza;
- Setor operacional: destina-se ao tratamento dos diversos tipos de objetos, onde são desenvolvidas as principais ações relativas ao processo produtivo da unidade. Em geral possui áreas para abertura de unitizadores, pré-triagem e tratamento de objetos (simples e sob registro);
- Setores de carga e descarga: compostos pelas docas leves, docas pesadas, estacionamentos de veículos e motocicletas, bem como áreas de consolidação e desconsolidação da carga e área de guarda de equipamentos.

Na figura 18 é apresentado um exemplo de leiaute de unidade operacional. O setor operacional (delimitado em azul) e os setores de carga e descarga (delimitados em marrom) são aqueles em que há as solicitações mais importantes nos pisos. São objeto deste estudo somente as áreas internas das edificações operacionais, excluindo-se, por exemplo, a área de estacionamento (delimitado em cinza), externa, cujos sistemas de pavimentação normalmente adotados são em asfalto ou blocos intertravados de concreto, e eventualmente, para áreas específicas, em pavimento rígido de concreto.

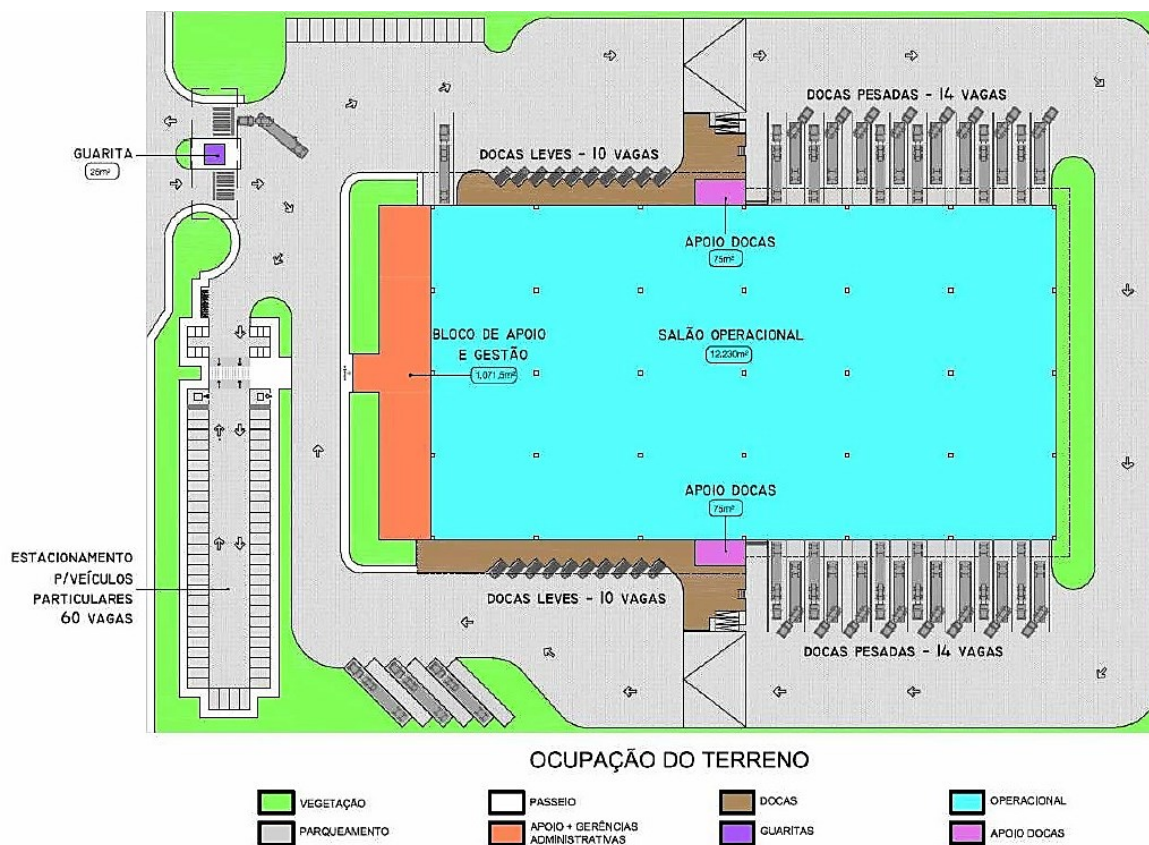


Figura 18 – Disposição de setores em Centro de Tratamento de Encomendas (CTE)

Fonte: Guia de Padronização dos Centros de Tratamento de Encomendas Automatizados dos Correios (2014)

4.5. AÇÕES ATUANTES SOBRE OS PISOS DAS EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS

A análise das ações atuantes sobre os pisos das edificações operacionais consistirá na apresentação dos tipos de ações atuantes sobre os pisos industriais, das relações entre o leiaute operacional e as solicitações, e por fim, da determinação das solicitações provocadas pelos equipamentos específicos da operação dos Correios.

4.5.1. Tipos de Ações Atuantes Sobre os Pisos

Oliveira (2000) aponta que os pavimentos de concreto estão sujeitos às ações diretas e indiretas. As ações diretas constituem forças ou pressões aplicadas sobre a estrutura, enquanto que as indiretas consistem em deformações impostas às placas. Tais ações podem ser classificadas de acordo com o quadro 5:

SOLICITAÇÃO	CARACTERÍSTICA	FORMA DE ATUAÇÃO	AGENTE CAUSADOR
AÇÕES DIRETAS	Ações dinâmicas	Pressão de rodas de veículos de transporte	Empilhadeiras e paleteiras
	Ações estáticas	Concentrado	Montantes de prateleiras
		Distribuído linear	Alvenarias
		Distribuído em área	Paletes ou unitizadores com materiais
AÇÕES INDIRETAS	Retração	Tração pelo atrito da placa com a base impedindo a deformação	Baixa umidade do ar, altas temperaturas e incidência de ventos
	Dilatação térmica	Tração e compressão pelo atrito da placa com a base	Variações de temperatura
	Empenamento	Restrição da tendência à curvatura da placa pelo seu peso próprio	Gradientes de temperatura entre a face superior e inferior da placa

Quadro 5 – Ações atuantes nos pisos de concreto
Fonte: adaptado de Oliveira (2000)

Sobre as ações diretas, Oliveira (2000) ressalta que:

- Nas ações dinâmicas (móveis), o número de repetições, a velocidade de circulação dos veículos e a posição na placa influenciam os esforços gerados na estrutura. As solicitações são de curta duração, e por atuarem repetidamente provocam o fenômeno da fadiga, o que pode romper o piso abaixo da tensão limite do concreto armado (a resistência a fadiga é definida como uma fração da resistência estática, em função do número de ciclos);
- As empilhadeiras, que podem ser de rodagem simples ou dupla, de pneus ou de rodas rígidas, pela frequência de solicitação e peso por eixo, acabam por superar as solicitações de eventual trânsito de caminhões. No instante de carga máxima, quase todo o peso das empilhadeiras está concentrado no eixo dianteiro;
- Nas ações estáticas decorrentes de carregamentos distribuídos devido a materiais estocados, o esforço máximo é um momento fletor que traciona a face superior da placa de piso na área de corredores de circulação existentes entre estes materiais;
- Nas ações estáticas decorrentes de montantes de prateleiras, são aplicadas forças distribuídas em pequenas áreas próximas, produzindo efeitos superpostos. É gerado momento fletor que traciona a face inferior do pavimento e força cortante que tende a puncionar a placa.

No que se refere às ações indiretas, o mesmo autor salienta que:

- A retração é o fenômeno de redução das dimensões do elemento de concreto, pela perda de água (retração por secagem), pela redução de volume dos produtos de hidratação do cimento (retração autógena), ou antes da pega do cimento (retração

plástica). Nos pisos a retração por secagem é mais significativa. Depende das características do material e da geometria da estrutura (volume e área), aumentando com a redução da umidade do ar, com o aumento da temperatura e com maior incidência de ventos. Está associada à fissuração. O atrito entre o pavimento e a sub-base impede a deformação das bordas para o centro da placa, induzindo tensões de tração;

- A dilatação térmica se caracteriza por variações de volume devido às variações de temperatura. Com o aumento de temperatura o volume aumenta, sofrendo compressão pelo atrito da placa; com a diminuição da temperatura, a placa se retrai, sendo tracionada pela força de atrito;
- O empenamento constitui a alteração na forma das placas em função do gradiente de temperatura na sua espessura. Durante o dia, o sol aquece a face superior em uma velocidade maior que as camadas inferiores, dilatando mais que a face inferior. Durante a noite a placa vai perdendo o calor absorvido; a face superior tem sua temperatura diminuída antes da face inferior, retraindo. O peso da placa restringe a deformação, ocasionando tração na face superior e compressão na inferior durante o dia; e tração na face inferior e compressão na superior durante a noite.

4.5.2. Relações entre Leiaute Operacional e Solicitações

Com base na descrição dos setores de interesse dentro do leiaute das edificações operacionais apresentada na seção anterior deste Capítulo, podem ser estabelecidas as seguintes relações entre estes setores e as solicitações impostas pelos equipamentos utilizados:

- Nas estações de abertura e pré-triagem e nas estações de tratamento de objetos, dentro do setor operacional, estão localizados os equipamentos nos quais são dispostos os objetos a serem triados e ordenados, como contêineres, bases de triagem e mesas de abertura ou ordenamento, responsáveis pelas ações diretas estáticas (concentradas ou distribuídas) sobre os pisos de concreto;
- As regiões do piso com circulação de empilhadeiras, paleteiras e carrinhos para transporte e ordenamento, no entorno destas estações, que trazem a carga vinda da área de docas pesadas, estão sujeitas às ações diretas dinâmicas;
- Nas docas leves e pesadas, dentro dos setores de carga e descarga, devido à circulação de empilhadeiras e paleteiras nas operações de transbordo, consolidação e

desconsolidação de carga, são geradas ações de natureza direta dinâmica, ocorrendo repetidamente, em várias direções, incidindo sobre a área de piso de concreto compreendida pelas docas, na parte externa da edificação operacional, e pelo entorno das portas de entrada ou saída da carga;

- Na mesma região das portas, há grande volume de objetos armazenados (temporariamente) aguardando as operações de transbordo, consolidação e desconsolidação de carga, dispostos sobre contêineres, provocando ações diretas estáticas (concentradas ou distribuídas) sobre os pisos de concreto;
- Pode existir ação estática linear, decorrente de paredes apoiadas sobre o piso, delimitando ambientes dos setores administrativo ou de serviços e apoio.

4.5.3. Solicitações Provocadas pelos Equipamentos Operacionais

Através das características dos equipamentos operacionais apresentadas na Seção 4.3 deste Capítulo e no Apêndice A, foram obtidas informações importantes sobre as ações atuantes, que constam na tabela 7. Para uma comparação qualitativa das ações atuantes, foram determinados fatores de solicitação, tendo em vista não somente o valor da carga, mas também as tendências de deterioração de juntas ou desgaste da superfície do piso, pela distinção existente entre cargas estáticas e móveis, sendo que estas últimas contribuem mais significativamente para os processos de deterioração.

Tabela 7 – Solicitações provocadas pelos equipamentos operacionais dos Correios, áreas e raios de contato, valores das ações e fator de solicitação

EQUIPAMENTO	NATUREZA DA SOLICITAÇÃO (1)	Ac (m ²) (2)	a (m) (3)	Pr (kN) (4)	W (kN/m ²) (5)	FATOR DE SOLICITAÇÃO (6)
Mesa de múltiplo uso	Móvel/baixa	0,0002	0,01	1,15	-	2
Mesa de roletes para triagem de encomendas	Estática pontual/baixa	0,0016	0,02	5,00	-	1
Contêiner desmontável leve	Estática uniformemente distribuída/alta	1,25	-	-	34,43	5
Contêiner aramado fixo	Estática pontual/média	0,005	0,04	12,50	-	3
Carrinho de transporte e ordenamento	Móvel/baixa	0,0002	0,01	2,00	-	2
Empilhadeira elétrica (7)	Móvel/alta	0,02	0,08	30,91	-	6
Paleteira elétrica (7)	Móvel/média	0,0002	0,01	10,61	-	4

Fonte: autoria própria (2016)

Notas:

- (1) Escala de valores de intensidade das solicitações: baixa – até 10 kN; média – entre 10 e 20 kN; alta – acima de 20 kN.

- (2) A_c é a área de contato da roda dos equipamentos móveis ou dos montantes dos equipamentos fixos. Particularmente para empilhadeiras, a área de contato é obtida pela seguinte fórmula:

$$A_c = \frac{Pr}{1,75}$$

O denominador representa a pressão de enchimento estimada dos pneus, de 1,75 MPa, conforme encontrado em Rodrigues, Faria e Silva (2015).

A área de contato com o piso é estimada nos demais equipamentos em função do tamanho das rodas rígidas ou da base dos pés de apoio.

- (3) a é o raio da área de contato com o piso. É dado pela expressão:

$$a = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$$

- (4) Pr é a carga pontual sobre o piso. O valor é obtido com a divisão do peso total do equipamento carregado pelo número de pontos de apoio. Nas empilhadeiras, considera-se o peso total sobre as duas rodas dianteiras; nas paleteiras, considera-se o peso total sobre as duas rodas traseiras; nos demais equipamentos, considera-se o peso total sobre quatro pontos de apoio.
- (5) W é a carga distribuída sobre o piso, para o equipamento em pleno carregamento. É resultado da multiplicação do peso total do contêiner (12,5 kN) por quatro empilhamentos (máximo), dividido pela área da base do contêiner.
- (6) Fator solicitação: estática/baixa = 1; móvel/baixa = 2; estática/média = 3; móvel/média = 4; estática/alta = 5; móvel/alta = 6. Tais fatores foram estabelecidos comparando-se as ações geradas entre os equipamentos, combinando o tipo da ação (estática ou móvel) e a intensidade, sendo as ações móveis aquelas que tendem a causar maiores efeitos de deterioração sobre os pisos, pelas rodas rígidas dos equipamentos de transporte. Para uma dada ação móvel (baixa, média ou alta), o fator assume uma unidade a mais que a ação estática equivalente.
- (7) A empilhadeira e paleteira elétricas geram maiores solicitações quando comparadas a empilhadeiras à combustão e paleteiras manuais, respectivamente, e por isso somente seus carregamentos são mostrados na tabela.

Pode-se constatar que as solicitações sobre os pisos das edificações operacionais assumem os seguintes valores, em ordem quantitativa decrescente: contêiner desmontável leve, empilhadeira, paleteira, contêiner aramado fixo, mesa de roletes para triagem de encomendas, carrinho de transporte e ordenamento e mesa de múltiplo uso.

Ao serem tomados os fatores de solicitação, a ordem decrescente de importância das ações em escala qualitativa (que considera se a ação é estática ou móvel) passa a ser: empilhadeira elétrica, contêiner desmontável leve, paleteira elétrica, contêiner aramado fixo, carrinho de transporte e ordenamento ou mesa de múltiplo uso e mesa de roletes para triagem de encomendas.

4.6. TENDÊNCIAS DE DETERIORAÇÃO DOS PISOS DE CONCRETO

Com a combinação (multiplicação) dos fatores de uso dos equipamentos (tabela 6) com os respectivos fatores de solicitação (tabela 7), obtêm-se as pontuações por unidade operacional, em valores por equipamento e totais, como visto na tabela 8.

Tabela 8 – Combinação do fator de uso dos equipamentos com o fator de solicitação

EQUIPAMENTO	FATOR DE USO X FATOR DE SOLICITAÇÃO					
	CTC	CTE	CEINT	CLI	CEE	CDD
Mesa de múltiplo uso	4	4	2	2	4	4
Mesa de roletes para triagem de encomendas	0	2	1	0	3	1
Contêiner desmontável leve	10	15	15	15	10	5
Contêiner aramado fixo	6	9	9	9	6	3
Carrinho de transporte e ordenamento	4	4	2	4	6	6
Empilhadeira (à combustão ou elétrica)	0	18	18	12	6	0
Paleteira (manual ou elétrica)	12	8	8	8	4	0
TOTAL	36	60	55	50	39	19

Fonte: autoria própria (2016)

Em ordem decrescente na escala qualitativa obtida da relação entre uso do equipamento e natureza das solicitações, tem-se: 1º - CTE; 2º - CEINT; 3º - CLI; 4º - CEE; 5º CTC; 6º - CDD.

Enquanto a análise quanto às características médias dos objetos manuseados, realizada na Seção 4.2 deste Capítulo, permite obter uma avaliação geral das necessidades de movimentação de carga, a classificação obtida acima leva em conta as especificidades de uso dos equipamentos em cada unidade operacional e a natureza da solicitação gerada, considerando a maior influência das ações móveis nos processos de deterioração dos pisos do que as ações estáticas de mesma grandeza.

Desta forma, as ações móveis tendem a exigir com maior intensidade o acabamento superficial e as juntas do sistema de piso, e as ações estáticas demandam resistência aos esforços necessária à placa de concreto, diretamente relacionada à base (características do solo), espessura (características do concreto) e armaduras (características do aço). Neste sentido, a natureza das operações dos Correios implica em características de objetos, equipamentos e solicitações que tendem a gerar ao longo do uso maior desgaste na superfície (abrasão) e nas juntas; e em menor proporção patologias relativas à resistência da placa de concreto.

Das unidades operacionais tomadas para estudo, pode-se afirmar que há maior probabilidade de surgimento de patologias relativas ao desgaste da superfície e das juntas no CTE e no CEINT. Por outro lado, no CLI há maior tendência de ocorrerem patologias relativas à resistência da placa de concreto, com certa probabilidade de também ocorrerem patologias relacionadas ao desgaste superficial e das juntas. Nas demais unidades, as patologias tendem a ser em menor gravidade ou menor extensão.

5. REQUISITOS PARA OS PISOS DE CONCRETO

Os requisitos aqui descritos se referem a conceitos a serem aplicados nas inspeções de pisos existentes, em edificações recém construídas a serem ocupadas (locadas) ou em edificações com ocupação consolidada, mas que pelo tempo de uso faz-se necessária intervenção (reforma, adaptação ou ampliação) para retomada do desempenho inicial.

De posse dos requisitos, o profissional da Engenharia dos Correios envolvido com a avaliação das condições físicas das edificações, terá plenas condições de observar, via análise prévia de projeto e inspeção *in loco*, eventualmente auxiliadas por testes e ensaios, se dada edificação avaliada possui pisos industriais com características aderentes ao uso previsto dentro das atividades postais ou logísticas, compatíveis com as operações realizadas, materiais armazenados e equipamentos utilizados.

5.1. PAVIMENTOS DE CONCRETO MAIS ADEQUADOS ÀS OPERAÇÕES

Os pavimentos rígidos de concreto descritos no Capítulo 2, Seção 2.1, geralmente assumem a seguinte escala de resistência aos esforços, de desempenho do acabamento superficial e das juntas, em ordem decrescente:

- 1º - Protendido;
- 2º - Reforçado com fibras;
- 3º - Estruturalmente armado;
- 4º - Com armadura distribuída;
- 5º - Simples.

A partir das relações estudadas no Capítulo 4, entre objetos manuseados, leiaute operacional, equipamentos utilizados e respectivas solicitações associadas, principalmente pelas informações apresentadas na Seção 4.6, relativas às tendências de deterioração, podem ser listados os pavimentos rígidos de concreto mais adequados às operações dos Correios, dadas as características de cada unidade operacional, como demonstrado no quadro 6.

Salienta-se que as informações indicadas neste quadro quanto ao pavimento rígido mais adequado às unidades operacionais é orientativa, cabendo a avaliação em situações mais particulares de leiaute, equipamentos e solicitações. Fatores como abrasão, juntas, nivelamento e planicidade, cujos requisitos serão detalhados nas próximas Seções, podem influenciar a adoção de um ou outro tipo de piso.

CLASSIFICAÇÃO	UNIDADE OPERACIONAL	PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO
1º	Centro de Tratamento de Encomendas (CTE)	- Protendido - Reforçado com fibras - Estruturalmente armado
2º	Centro Internacional (CEINT)	- Protendido - Reforçado com fibras - Estruturalmente armado
3º	Centro de Logística Integrada (CLI)	- Protendido - Reforçado com fibras - Estruturalmente armado
4º	Centro de Entrega de Encomendas (CEE)	- Estruturalmente armado - Com armadura distribuída
5º	Centro de Tratamento de Cartas (CTC)	- Estruturalmente armado - Com armadura distribuída
6º	Centro de Entrega Domiciliar (CDD)	- Com armadura distribuída

Quadro 6 – Pavimentos rígidos de concreto mais adequados às operações dos Correios
Fonte: autoria própria (2016)

Nota-se que o pavimento estruturalmente armado é aquele que atende adequadamente a um maior número de edificações operacionais. Em unidades como o CTE, CEINT e CLI, os pavimentos em concreto protendido e os reforçados com fibras tendem a apresentar bons resultados. Os pavimentos com armaduras distribuídas são normalmente compatíveis com a natureza das atividades no CEE, CTC e CDD.

Na escolha do tipo de pavimento de concreto cabe ainda a análise custo-benefício da solução adotada, tendo em vista que um pavimento que fornece maior resistência à deterioração geralmente têm mais alto custo, porém, permite a redução de espessura das placas, armaduras e quantidade de juntas, se comparada a uma solução mais barata. Assim, o ganho de desempenho ao longo da vida útil, com menor possibilidade de surgimento de patologias e baixa manutenção, pode compensar o maior investimento inicial.

5.2. REQUISITOS GERAIS

De acordo com a natureza das atividades realizadas nas edificações industriais ou de armazenagem, podem ser estabelecidas classes de pisos, associando-se a elas alguns aspectos gerais a serem respeitados quanto ao projeto e a execução, de modo a se atingir desempenho dos pisos adequado ao uso.

Segundo o ACI-302, cabem algumas considerações especiais conforme o tipo de tráfego previsto e o uso dos pisos industriais de concreto, como visto no quadro 7, que estabelece nove classes de utilização.

CLASSE	TRÁFEGO PREVISTO	USO	CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS	ACABAMENTO FINAL
1	Pedestre leve	Pisos residenciais, sobretudo com revestimentos	Drenagem do terreno, nivelamento adequado do piso para o revestimento; cura	Desempeno comum
2	Pedestre	Escritórios e igrejas; normalmente com revestimento decorativo	Tolerâncias superficiais (inclusive pisos elevados); agregados minerais coloridos; endurecedores ou agregados expostos; leiaute artístico de juntas	Desempeno comum; acabamento antiderrapante onde necessário
3	Pedestre e rodas pneumáticas	Passeios externos, pistas, pisos de garagem, calçadas	Drenagem do terreno; incorporador de ar adequado; cuidados especiais com a cura	Desempenadeira manual, rodo ou acabamento com esponja
4	Pedestre e tráfego de veículos leves	Comercial	Nivelamento adequado do piso para o revestimento; acabamento antiderrapante para áreas específicas; cuidados especiais com a cura	Acabamento normal com acabadora mecânica
5	Tráfego de veículos industriais com rodas pneumáticas	Pisos industriais sujeitos a cargas leves em áreas de fabricação, processamento e depósito	Base bem executada e uniforme; regularidade superficial; leiaute de juntas; resistência à abrasão; cuidados especiais com a cura	Acabamento intenso com acabadora de superfície mecânica
6	Tráfego de veículos industriais com rodas rígidas	Pisos industriais sujeitos a tráfego intenso; podendo estar sujeito ao impacto de cargas	Base bem executada e uniforme; regularidade superficial; leiaute de juntas; mecanismos de transferência de cargas; resistência à abrasão; cuidados com a cura	Agregados metálicos ou minerais; acabamento intenso com acabadora de superfície mecânica, repetidas vezes
7	Tráfego de veículos industriais com rodas rígidas	Pisos com camadas superficiais aderidas sujeitos a tráfego intenso e impacto	Camada de base bem executada e uniforme; nivelamento da superfície; armadura de retração; leiaute de juntas; cuidados com a cura. Camada superficial composta de agregado bem graduado todo mineral ou todo metálico aplicado cobrindo a superfície de alta resistência; regularidade superficial; cuidados especiais com a cura	Superfície com textura e limpeza adequadas para permitir a aderência da camada superficial de recobrimento. Acabadoras de superfície mecânica com disco ou com pás, repetidas vezes
8	Como nas classes 4, 5 ou 6	Camadas superficiais não aderidas – pisos isolados para câmaras frigoríficas ou pisos velhos	Isolar da superfície antiga; utilizar armadura; espessura mínima de 7,5 cm; resistência à abrasão; cuidados com a cura	Acabamento intenso com acabadora de superfície mecânica
9	<i>Superflat</i> ou com tolerâncias superficiais rígidas. Veículos especiais de movimentação de materiais ou automatizados que requeiram tolerâncias precisas	Corredores estreitos, almoxarifados com alturas elevadas de estocagem, estúdios de televisão	Exigências de qualidade do concreto diversas. Salgamentos para endurecimento de superfície não devem ser usados a menos em aplicações especiais e com muito cuidado no emprego; leiaute de juntas próprio; FF 35 a FF 125 (FFmín 100 é um piso <i>superflat</i>)	

Quadro 7 – Aspectos construtivos de acordo com a classe de utilização de pisos industriais de concreto segundo o ACI-302
Fonte: Cristelli (2010)

Os equipamentos e a natureza das atividades desenvolvidas permitem classificar os pisos de concreto das edificações operacionais, simultaneamente, como das classes de utilização 5 (em função das empilhadeiras, com rodas pneumáticas) e 6 (em função das paleteiras, carrinhos para transporte e ordenamento e mesa de múltiplo uso, com rodas rígidas).

Por sua vez, a ANAPRE (2009) estabeleceu cinco classes de pisos industriais, com características que podem variar de acordo com a utilização a que eles se destinam. Para cada classe podem ser identificadas algumas abordagens específicas quanto ao projeto, materiais aplicados e técnicas executivas dos pavimentos. As classes são:

- Áreas industriais;
- Áreas de armazenagem;
- Sistemas viários e pavimentos rígidos;
- Áreas de estacionamentos;
- Pisos comerciais.

Segundo esta classificação, os pisos das edificações operacionais dos Correios se enquadram como pisos de áreas de armazenagem, entretanto, o tempo de armazenamento da carga de objetos é pequeno, podendo ser de apenas um dia em algumas unidades. Esta condição de entrada e saída de carga em um mesmo dia intensifica as ações atuantes, especialmente das cargas móveis. Para estas áreas é recomendado que:

- O piso seja considerado como equipamento para produção, uma vez que influencia diretamente a produtividade dos centros de distribuição;
- Haja sistemas de pisos com quantidade reduzida de juntas, com placas de grandes dimensões, como por exemplo, piso de concreto estruturalmente armado, piso de concreto reforçado com fibras e piso de concreto protendido, evitando patologias nas juntas em função do trânsito intenso de máquinas e empilhadeiras;
- Haja a aplicação de líquidos endurecedores de superfície, aspersões minerais ou metálicas, para garantir elevada resistência superficial mediante grande solicitação de esforços abrasivos.

5.3. RESISTÊNCIA ÀS SOLICITAÇÕES

A abordagem sobre a resistência requerida aos pisos de concreto das edificações operacionais frente às ações atuantes passa pelo estudo de três aspectos principais: sub-leito e sub-base; espessura da placa; e armaduras.

5.3.1. Sub-leito e Sub-base

Oliveira (2000) menciona duas formas de se modelar o solo como camada de suporte dos pisos de concreto:

- Modelo do líquido denso: composto por uma série de molas de constante k independentes, onde k é o coeficiente de recalque, que pode ser obtido da correlação com o índice de suporte Califórnia (CBR), representando a capacidade tanto do sub-leito como do sistema sub-leito e sub-base;
- Modelo do sólido elástico: o solo é caracterizado por suas propriedades elásticas – módulo de elasticidade (E) e coeficiente de Poisson (ν), se aproximando mais da realidade, pois considera reações normais e esforços cisalhantes entre as partículas do material. O deslocamento em um ponto é influenciado pela tensão no ponto e pela tensão em pontos próximos (inversamente proporcional à distância). É uma solução mais complexa pela maior dificuldade de determinação dos parâmetros de cálculo (constantes elásticas).

Rodrigues, Faria e Silva (2015) colocam como pontos principais no estudo do solo de suporte para pisos industriais:

- Assim como em uma fundação, o pavimento industrial transmite esforços ao solo. Entretanto, quase sempre o próprio terreno de fundação é preparado para receber o pavimento industrial. Comparando-se o pavimento industrial com a fundação direta e o pavimento rodoviário, verifica-se que no rodoviário só atuam cargas móveis, enquanto que no industrial as cargas são estáticas e móveis;
- O estudo do solo para pavimentos industriais deve englobar conceitos da engenharia de fundações e da engenharia rodoviária. A existência de solos moles a determinada profundidade não é tolerada para fundações diretas, é desprezível para pavimentos urbanos, e pode ou não, dependendo da magnitude dos carregamentos e propriedades dessa camada, ser aceita para pavimentos industriais;

- No dimensionamento dos pavimentos industriais, da mesma forma que nas rodovias, deve-se ter o conhecimento da camada superficial do solo, obtido através ensaio de CBR², para posteriormente correlacioná-lo com o módulo de reação (k), também conhecido como coeficiente de recalque, além do conhecimento das camadas mais profundas, obtidas na sua forma mais elementar pelas sondagens do método SPT.

Balbo (2009) ressalta que dada a dificuldade na realização de ensaios de carga sobre placas para determinação do módulo de reação k do sub-leito, direcionou-se a obtenção deste parâmetro por correlação com outros parâmetros de mais fácil identificação para solos, adotando-se o CBR como padrão e diversas curvas para determinação de k a partir do valor do CBR. Posteriormente, a PCA ao reconhecer as bases como elementos de melhoria e uniformização das características de suporte do sub-leito, desenvolveu correlações para k sobre vários tipos de bases compactadas, como granulares e cimentadas (maiores detalhes podem ser encontrados no Apêndice B).

5.3.2. Espessura e Armaduras da Placa de Concreto

As considerações sobre espessura da placa e armaduras se referem aos pisos com armadura distribuída ou estruturalmente armados, que conforme indicado na Seção 5.1 deste Capítulo, são os tipos de pavimentos rígidos que atendem ao maior número de edificações operacionais e mais frequentemente são adotados como solução para as edificações destinadas às atividades logísticas de pequeno e médio porte.

Rodrigues, Faria e Silva (2015) relatam que atualmente o dimensionamento de pisos de concreto utiliza-se dos seguintes conceitos:

- Baseado no princípio da tenacidade, em que a capacidade resistente da placa apoiada em meio elástico é dada pela soma dos momentos positivo e negativo gerados com os carregamentos, o concreto, neste caso, é tratado como um compósito, dúctil, com deformações maiores antes da ruptura (patamar de escoamento), formado por duas fases, como ocorre no concreto reforçado com fibras de aço;

² O ensaio para obtenção do Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR) foi idealizado pelo engenheiro O. J. Porter, no estado da Califórnia - EUA. Trata-se de um método de ensaio empírico, adotado por grande parcela de órgãos rodoviários, no Brasil e no mundo. Consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão em um corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em uma mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente. Essa relação é expressa em porcentagem. Este ensaio foi padronizado no Brasil pela ABNT, através da NBR 9895/1987.

- O momento negativo é determinado elasticamente, considerando o concreto não fissurado. O momento positivo pode ser calculado pelos processos convencionais de dimensionamento que seguem a NBR 6118 ou a partir de ensaios de tenacidade, que fornecem a relação entre a resistência residual do corpo de prova ensaiado e a matriz (concreto), em função da taxa de armadura empregada e do cobrimento da tela soldada;
- Para os pisos estruturalmente armados, utiliza-se o modelo clássico de dimensionamento, similar às estruturas de concreto armado, desenvolvido por Lösberg, que determinou experimentalmente a validade do conceito de que o momento resistente total é formado pela soma dos momentos negativo e positivo. O momento negativo é dado somente pela resistência do concreto e o positivo, pela tela soldada, agora posicionada na face inferior da placa, aumentando consideravelmente o braço de alavanca da armadura;
- A armadura de retração ou distribuída, tem seu cálculo feito com base na *drag equation*, que leva em consideração a força de atrito gerada entre a placa e a sub-base e a taxa de armadura necessária para seu controle. Quando as taxas de armadura chegam a 1%, a fissuração pela retração é praticamente nula;
- Estudos sobre as tensões de empenamento indicam que estas crescem até ser atingido o comprimento crítico da placa (cerca de nove a dez vezes o raio de rigidez), decrescendo para um valor constante, em torno de 90% da máxima;
- Uma vez estabelecidos os esforços atuantes na placa (tensões atuantes ou momentos fletores), inicialmente arbitra-se a espessura do piso e a partir dela, determina-se a armadura (simples ou dupla) necessária para se atingir a capacidade estrutural requerida.

De maneira a permitir uma análise preliminar da compatibilidade entre as especificações dos pisos de concreto de dada edificação sob avaliação do profissional da Engenharia dos Correios e as solicitações geradas pelos equipamentos operacionais, foram simuladas três situações de uso de equipamentos, calculando-se as armaduras superiores e inferiores correspondentes. Cada combinação consistiu em:

- Variação de equipamentos: com empilhadeira (situação 1 – para CTE, CEINT, CLI e CEE); sem empilhadeira e com paleteira (situação 2 – para CTC); sem empilhadeira e sem paleteira (situação 3 – para CDD). Todos os demais equipamentos foram mantidos nas três situações (contêiner desmontável leve e aramado fixo; mesas de

roletes para triagem de encomendas e de múltiplo uso; e carrinhos de transporte e ordenamento);

- Variação de capacidade de suporte da base: CBR 5%, 10%, 15% e 20%, para cada uma das três situações;
- Variação no espaçamento das juntas serradas (JS) ou de construção (JC): 6 m, 12 m e 25 m, para cada uma das três situações;
- Variação na espessura da placa de concreto: espessuras de 10, 12, 15, 18, 20, 22 e 25 cm;

Diferentemente da análise qualitativa realizada quanto às tendências de deterioração dos pisos, em que há forte influência dos equipamentos com rodas rígidas no desgaste do acabamento superficial e das juntas, como paleteiras, carrinhos de transporte e ordenamento e mesas de múltiplo uso, no dimensionamento da placa de concreto os equipamentos determinantes são as empilhadeiras (ação móvel) e o contêiner desmontável leve e aramado fixo (ação estática pontual ou distribuída). Nos cálculos considerou-se a carga máxima da empilhadeira ou da paleteira, carregando um contêiner em sua capacidade total, de 1.250 kg.

Estas simulações de dimensionamento se utilizaram da rotina demonstrada no Apêndice B. No Apêndice C podem ser verificadas as características das telas soldadas empregadas nos pisos de concreto, determinadas a partir da área de armadura, dada em cm^2/m , obtida nos cálculos de dimensionamento da placa. Os resultados das armaduras para cada situação de carregamento foram tabulados e são mostrados no Apêndice D.

5.4. RESISTÊNCIA AO DESGASTE (ABRASÃO)

A resistência ao desgaste dos pisos de concreto está intimamente relacionada aos procedimentos executivos. Rodrigues, Faria e Silva (2015) apontam a resistência ao desgaste como um dos principais parâmetros de dimensionamento do piso, visto que dela depende grande parte do seu desempenho. Está diretamente ligada à resistência à compressão, que é influenciada pela relação água/cimento. Tais autores recomendam uma resistência à compressão mínima de 30 MPa em concretos empregados na execução dos pisos industriais, com reduzida relação água/cimento para garantia de bom desempenho contra o desgaste.

Balbo (2009) afirma que do ponto de vista estrutural, normalmente o emprego de concretos com f_{ck} entre 18 e 21 MPa seria suficiente para haver resistência às solicitações mais usuais. Contudo, tais concretos possuem consumo mais baixo de cimento e com quantidade de argamassa insuficiente, mesmo após o acabamento superficial, o que é

desfavorável à abrasão. Assim, é de consenso que o aumento do consumo de cimento, proporcionando uma mistura com maior teor de argamassa, até certo limite, causa melhorias na resistência à abrasão. Cita também que foi observado em algumas pesquisas com relação ao concreto reforçado com fibras de aço, o aumento da tenacidade do concreto, e consequentemente da resistência ao impacto, trazendo como resultado associado a melhoria do comportamento quanto à abrasão.

A resistência à abrasão pode ser reduzida pela exsudação excessiva, que por sua vez pode ocorrer devido a misturas com abatimento muito elevado, agregados com deficiência de finos ou mal graduados, traços com baixo consumo de cimento e adições e concretos com tempo de início de pega muito longo (CHODOUNSKY, 2010).

Ainda segundo Chodounsky (2010), a intensidade (número de passagens das acabadoras) e a qualidade (passagem em tempo correto e não aspersão de água) das operações de desempenho mecânico influenciam fortemente a resistência à abrasão. Ressalta ainda que os concretos elaborados com agregados miúdos provenientes da britagem de rocha (agregados artificiais) quando apresentam elevados teores de finos, tendem a aumentar o desgaste do concreto se comparado aos agregados naturais. Contudo, esta situação é válida desde que os agregados naturais não apresentem impurezas em excesso, como material pulverulento, torrões de argila e matéria orgânica.

Por fim, a cura tem também papel importante para evitar problemas de desgaste nos pisos. O mesmo autor destaca que os concretos curados ao ar apresentaram resistência à abrasão muito inferior àqueles curados pela saturação com água da superfície ou um agente de cura química. A execução da cura, ainda que tardia, pode minimizar o prejuízo de resistência à abrasão.

Além dos conceitos explicitados no Capítulo 2, Seção 2.3 com relação ao acabamento superficial, cabe destacar a melhoria da dureza superficial dos pisos obtida através da aplicação dos endurecedores de superfície, em conformidade com as diretrizes fornecidas pelo ACI, principalmente para os pisos da classe 6.

Os endurecedores de superfície são compostos químicos que controlam a porosidade do concreto, aumentando sua resistência à abrasão, prolongando a vida útil e reduzindo os custos de manutenção. Tais compostos penetram nos poros capilares das placas de concreto, reagindo com o hidróxido de cálcio, reação que cria cristais de elevada dureza e grande estabilidade química (CRISTELLI, 2010).

Como endurecedores de superfície mais utilizados podem ser citados, segundo Rocher (2007 apud Silva, 2009):

- Endurecedores líquidos à base de silicatos de sódio: aplicados sobre o piso logo após seu acabamento, auxilia na cura e aumenta a resistência à abrasão em cerca de 40%;
- Endurecedores líquidos à base de flúor-silicatos de magnésio: são aplicados em pisos com idade superior a 14 dias;
- Endurecedores sólidos à base de agregados minerais (quartzo e diabásio): são incorporados na superfície fresca do concreto durante o alisamento mecânico, proporcionando aumento na resistência à abrasão, ao impacto e maior durabilidade;
- Endurecedores sólidos à base de agregados minerais metálicos (óxido de alumínio e ferro metálico): são aplicados sobre o concreto para proporcionar maior tempo de trabalhabilidade, além da proteção contra a abrasão e o impacto.

Neste contexto, os pisos das edificações operacionais dos Correios merecem a aplicação deste endurecedores, justamente pelo uso de equipamentos com rodas rígidas. As paleteiras, os carrinhos de ordenamento e transporte e as mesas de múltiplo uso normalmente têm rodas constituídas de borracha termoplástica ou poliuretano, que frequentemente danificam a superfície do piso. O desprendimento de partículas prejudica as condições de rolamento, exigindo manutenções (limpeza) periódicas.

5.5. JUNTAS

Rodrigues, Faria e Silva (2015), apontam que uma das mudanças mais significativas na concepção dos projetos de pisos industriais está nas juntas. Nos pisos executados nas décadas de 1970 e 1980, as placas tinham dimensões reduzidas, entre 3 e 5 m, e as juntas eram preenchidas por um filete plástico ou metálico. Devido às novas configurações dos equipamentos de transporte, com rodas revestidas com plástico rígido, foram introduzidas tensões nas bordas das juntas, impossíveis de serem absorvidas pelos antigos revestimentos. Surgiram então, materiais de preenchimento que garantem a passagem de cargas dinâmicas sem haver choque das pequenas rodas com as bordas das juntas.

Os mesmos autores destacam que as juntas têm a função básica de permitir as movimentações de contração e expansão das placas de concreto, com adequada transferência de cargas entre placas contíguas. São os pontos mais frágeis do piso, e não sendo adequadamente projetadas, podem levar a perda do material de preenchimento, com ruptura das bordas (esborcinamento). Assim, devem ser usadas em menor quantidade possível. Neste aspecto, os pisos de concreto armado levam vantagem significativa sobre os pisos de concreto

simples, pois permitem redução no número de juntas, aumentando a durabilidade e reduzindo os custos de manutenção.

Sobre as barras de transferência empregadas nas juntas de construção ou serradas, cabe salientar que o diâmetro é definido conforme a espessura da placa de concreto, segundo critério do ACI, mostrado na tabela 9:

Tabela 9 – Diâmetro das barras de transferência (aço CA-25) conforme a espessura da placa de concreto

ESPESSURA DA PLACA (cm)	DIÂMETRO DA BARRA (mm)
Até 12	16
Acima de 12 até 17,5	20
Acima de 17,5 até 22,5	25
Acima de 22,5 até 27,5	32

Fonte: adaptado de Rodrigues, Faria e Silva (2015)

Notas:

- (1) Comprimento comercial das barras de transferência de 50 cm.
- (2) Espaçamento entre as barras de 30 cm.
- (3) Os diâmetros e espaçamentos se referem ao piso de concreto simples. Para os pisos estruturalmente armados, a espessura da placa a ser tomada deve ser aquela equivalente a de um piso de concreto simples com a mesma capacidade estrutural.

O melhor espaçamento para as juntas deve estar coerente com a modulação dos pilares (vão mínimos) de 10 ou 12 m, recomendada no Guia para Projetos de Unidades de Distribuição – CDD e CEE dos Correios (2008). No Guia de Padronização dos Centros de Tratamento de Encomendas Automatizados – CTE dos Correios (2014) está previsto vão mínimo entre pilares de 25 m. Analogamente, esta última modulação pode ser estendida ao CTC, CEINT e CLI. Toleram-se juntas intermediárias à medida de modulação, por exemplo, de 5, 6, 8,33 ou 12,5 m, principalmente em piso de concreto com armadura distribuída ou piso de concreto estruturalmente armado.

5.6. NIVELAMENTO E PLANICIDADE

A qualidade da superfície do concreto definida pelo tipo de acabamento, resistência mecânica e pelas exigências com relação aos níveis são fatores determinantes no desempenho do piso. O conhecimento da futura utilização do piso, suas necessidades e tolerâncias em termos de nivelamento e planicidade, bem como o conhecimento dos procedimentos executivos, permite ao projetista definir o melhor sistema construtivo e a forma de execução (em faixas estreitas, largas ou sem juntas). Sabe-se ainda que o empenamento das placas é

uma patologia presente na maioria dos pisos e que interfere na sua utilização, portanto, o projetista deve ter conhecimento dos fatores envolvidos e das ferramentas disponíveis para minimização do problema e das suas consequências (CHODOUNSKY, 2008).

O mesmo autor indica que pisos mais planos e nivelados são esteticamente melhores. Entretanto, o controle da qualidade da superfície do piso com relação à planicidade e ao nivelamento tem um fundamento muito mais funcional do que estético. A operação de equipamentos de precisão, tais como as empilhadeiras tipo tri-lateral e veículos autoguiados, é fortemente influenciada pelas características da superfície do piso. Os problemas de nivelamento e planicidade acarretam em perda de produtividade (menor velocidade de operação na movimentação de cargas), menor segurança (risco de colisões das empilhadeiras contra a estrutura de porta-paletes em corredores estreitos) e maior manutenção dos veículos.

Os índices globais de planicidade e nivelamento para cada uso típico do piso, conforme indicado pelo ACI, no sistema *F-Numbers*, são apresentados na tabela 10:

Tabela 10 - Valores típicos do sistema *F-Numbers* (adaptação do ACI-302)

APLICAÇÃO/USO TÍPICO	FF GLOBAL (1)	FL GLOBAL (2)
Pisos comuns, pisos de garagens e estacionamentos, contrapiso para pisos elevados ou revestimentos assentados com argamassa	20	15
Áreas carpetadas ou pisos comerciais e industriais de baixo tráfego	25	20
Revestimento de alto desempenho (RAD) ou de baixa espessura e área de depósitos com tráfego moderado ou elevado	35	25
Depósitos especiais (estrutura de porta-paletes com grande altura), pistas de patinação	45	35
Equipamentos especiais (empilhadeiras trilaterais, estúdios de filmagem ou televisão)	> 50	> 50

Fonte: Chodounsky (2007)

Notas:

- (1) FF é o índice de planicidade (*flatness*), calculado considerando a máxima curvatura no piso em 60 cm, por meio de duas medidas sucessivas de elevações diferenciais a cada 30 cm. Quanto maior o valor, mais plana é a superfície.
- (2) FL é o índice de nivelamento (*levelness*), calculado a partir de um plano de referência horizontal e registro da variação dos níveis a cada 3 m. Quanto maior o índice, mais próximo do plano referencial está a superfície analisada.

Fagim (2006) apresenta na tabela 11 a correlação entre o índice de planicidade FF do sistema *F-Numbers* e o desvio medido no método da régua de 3 m.

Tabela 11 – Equivalência entre os valores dos *F-Numbers* e o desvio medido em uma régua de 3 m

PLANICIDADE FF	DESVIO NA RÉGUA DE 3 m (mm)
12	12,7
20	7,9
25	6,4
32	4,8
50	3,2

Fonte: Fagim (2006)

Conforme demonstrado nas tabelas 10 e 11, as características das atividades desenvolvidas nas edificações que abrigam unidades operacionais dos Correios implicam nos seguintes parâmetros de planicidade e nivelamento dos pisos de concreto:

- FF 25 e FL 20 ou desvio de 6,4 mm na régua de 3 m, se enquadrados como equivalentes a pisos comerciais ou industriais de baixo tráfego, como é o caso do CTC e do CDD;
- FF 35 e FL 25 ou desvio de 4,8 mm na régua de 3 m, se enquadrados como equivalentes a áreas de depósito com tráfego moderado, como é o caso do CEE, ou com tráfego elevado, como ocorre no CTE, CEINT e CLI.

6. AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO

A avaliação das edificações operacionais dos Correios deve ocorrer com base nos requisitos estabelecidos para os pisos de concreto no Capítulo anterior, devidamente aplicados nos procedimentos de inspeção. Em complemento aos requisitos, torna-se importante a caracterização das patologias encontradas nos pisos industriais de concreto, especialmente para definição de procedimentos adequados de manutenção.

Em conjunto com a inspeção, cabe a verificação de alguns aspectos técnicos *a priori* previstos em projeto que permitem confrontar as especificações dos pisos com os requisitos necessários às operações.

Na abordagem sobre a inspeção em pisos busca-se verificar o atendimento aos requisitos necessários ao uso das edificações operacionais, visando identificar situações que no futuro podem comprometer o desempenho das edificações a serem ocupadas ou já ocupadas com as atividades dos Correios.

Adicionalmente, ao serem identificadas as patologias nos pisos em operação, é possível correlacioná-las com as causas, adotando-se as soluções mais viáveis técnica e economicamente para manutenção corretiva, bem como há a possibilidade de se evitar o surgimento de novas patologias, com a aplicação de procedimentos de manutenção preventiva.

Segundo Mazer (2012), o diagnóstico de uma patologia consiste em determinar as causas dos mecanismos de formação e da gravidade potencial da manifestação patológica, baseado na observação dos sintomas e na realização, conforme o caso, de estudos e ensaios específicos (ensaios de laboratório, revisão de projetos, instrumentação e acompanhamento da obra). Assim, a resolução de um problema patológico passa por três etapas:

- Levantamento de subsídios: reunião de informações necessárias e suficientes para o entendimento dos fenômenos;
- Diagnóstico da situação: compreensão do fenômeno, correlações de causa e efeito para caracterizar o problema patológico;
- Definição de conduta: prescrição da solução para o problema, com especificação dos insumos necessários e análise da real eficiência da solução proposta.

Na figura 19 pode ser observado um fluxograma de etapas para se alcançar o diagnóstico de certa patologia, perfeitamente aplicável em pisos industriais de concreto.

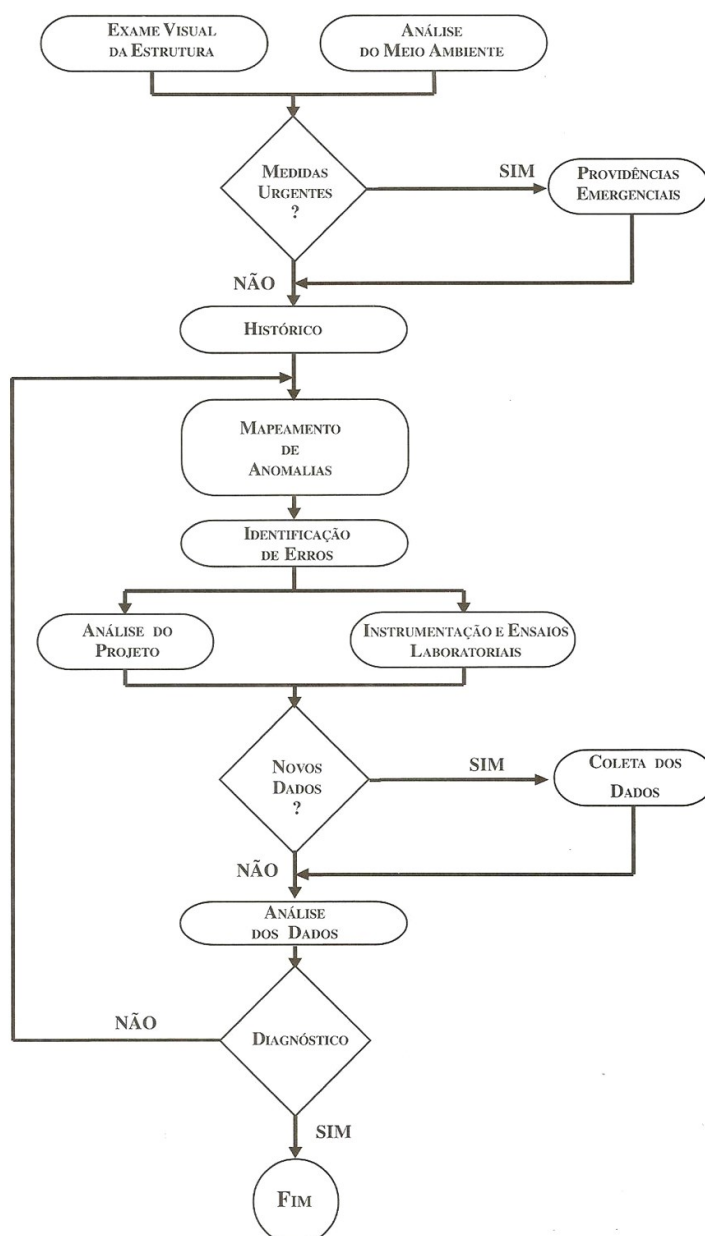


Figura 19 – Fluxograma com etapas para diagnóstico de patologias
 Fonte: Souza e Ripper (1998)

Na figura acima se destacam três etapas: o exame visual, a análise do projeto e a instrumentação ou ensaios laboratoriais. Aqueles dados coletados que necessitem de confirmação ou conferência, ou quando não estão disponíveis em uma destas etapas, podem ser obtidos ou confirmados nas outras duas etapas. Como etapas complementares, aparecem a análise do meio ambiente, o mapeamento de anomalias e a identificação de erros. Após a análise dos dados coletados em todas as etapas anteriores, procede-se a determinação do diagnóstico.

6.1. INSPEÇÃO

Mazer (2012) aponta a inspeção visual como primeiro ensaio não destrutivo, frequentemente associado a outros ensaios de materiais. O fato de serem observadas as condições superficiais de dado componente ou sistema de uma edificação possibilita a obtenção de conclusões sobre o estado do mesmo. Embora de simples realização e baixo custo, a inspeção visual requer técnica apurada e aplicação correta de sólidos conhecimentos.

Com relação às inspeções, Moreira (2016) destaca que:

- No planejamento da avaliação primeiramente deve-se propor metodologias de baixo custo, tais como inspeção visual e alguns testes básicos. Os dados iniciais demonstrarão a necessidade de uma investigação mais sofisticada. As ações nesta linha deverão ser objetivas para trazer o maior número de informações que contribuam para o julgamento e decisão quanto aos procedimentos seguintes a serem adotados;
- A inspeção visual é executada para detecção de sintomas de degradação e defeitos, identificar fontes reais e potenciais de problemas e má utilização. São fatores a serem observados: presença de fissuras, as aparências e morfologias; deterioração superficial; deterioração dos materiais (concreto ou aço); armaduras expostas; deformações; presença de umidade; e presença de vazamentos ou deterioração em equipamentos;
- De acordo com os levantamentos das inspeções de rotina e dos resultados da inspeção visual e dos testes básicos, pode-se prever, de maneira complementar, a inspeção detalhada, inclusive com a realização de testes específicos necessários a uma avaliação completa e definição da capacidade de carga restante. As informações a serem definidas, neste caso, são: propriedades mecânicas do concreto e do aço; durabilidade do concreto; microestrutura do concreto e agressividade de elementos químicos; taxa de corrosão do aço; medidas *in situ* das tensões no concreto ou no aço; e medidas *in situ* da geometria, ações atuantes, respostas estáticas e dinâmicas.

Os conceitos acima, quando aplicados na avaliação de pisos de concreto, conduzem à utilização da inspeção visual para identificação de patologias associadas à placa de concreto, como fissuras, empenamento, recalques ou umidade ascendente; relacionadas às juntas, como perda de selante, esborcinamento, escalonamento, alçamento, abertura excessiva ou bombeamento de finos; e relativas ao acabamento superficial, como microfissuras, desgaste

por abrasão, delaminação ou borrachudo (tais patologias serão tratadas com maiores detalhes na Seção 6.4).

A identificação das patologias em pisos de concreto deve estar acompanhada de um mapeamento consistente, tendo em vista a importância do levantamento do quantitativo, da localização, da severidade e da extensão das mesmas. Cada patologia identificada deve ser correlacionada à placa do piso ou junta em que se encontra. Para tal, recomenda-se definir legendas e/ou numeração para as placas de piso e as juntas (conforme o tipo) tendo como referência o leiaute da unidade operacional. O mapeamento auxiliará na determinação precisa do diagnóstico, no estabelecimento do prognóstico e na decisão quanto aos procedimentos mais adequados de terapia a serem adotados.

6.2. ANÁLISE DE DADOS DE PROJETO

Chodounsky (2008) cita que o projeto de piso industrial é desenvolvido a partir dos dados de entrada, que normalmente são:

- Dados de caracterização do solo;
- Informações sobre as solicitações atuantes;
- Informações sobre a agressividade química do ambiente;
- Projeto arquitetônico (planta baixa);
- Leiaute de utilização do piso;
- Projeto de fundações e de hidráulica.

O mesmo autor indica como dados de saída, que consistem nas informações mínimas a serem contempladas no projeto de piso industrial:

- Espessura de piso, sub-base e reforço do sub-leito;
- Apresentação de alternativas estruturais (tipos de pisos);
- Projeto geométrico (leiaute de juntas);
- Materiais e procedimentos de cura;
- Materiais e procedimentos de tratamento superficial;
- Especificação das tolerâncias superficiais (planicidade e nivelamento);
- Procedimentos mínimos de controle tecnológico;
- Materiais e procedimentos de tratamento das juntas.

Conforme detalhado anteriormente no Capítulo 5, a determinação dos requisitos necessários aos pisos de concreto das edificações operacionais passou pelo estudo de quatro

questões básicas: evitar fissuras e recalques, garantir tolerâncias superficiais aceitáveis, possuir resistência à abrasão adequada e proporcionar durabilidade das juntas. Assim, pode ser estabelecida uma relação de itens a serem observados na análise prévia de um projeto de piso, confrontada com os respectivos requisitos, como mostrado na tabela 12:

Tabela 12 – Itens a serem verificados em projetos de piso de concreto x requisitos para os pisos das edificações operacionais

(continua)

DADOS DE ENTRADA	ITEM DE PROJETO CONSIDERADO NO DIMENSIONAMENTO	REQUISITO DE REFERÊNCIA
Solo	Valor de SPT	Variável conforme as características do solo do local
	Valor de CBR	Variável conforme as características do solo do local
Solicitações (1)	Ações móveis	> 31 kN para o CTE, CEINT, CLI e CEE (com uso da empilhadeira, por roda) > 11 kN para o CTC (sem uso da empilhadeira e com uso da paleteira, por roda) > 2 kN para o CDD (sem uso da empilhadeira e da paleteira)
	Ações estáticas pontuais	> 12,5 kN por ponto de apoio, para 4 níveis de empilhamento > 9,5 kN por ponto de apoio, para 3 níveis de empilhamento
	Ações estáticas distribuídas	> 34,5 kN/m ² para 4 níveis de empilhamento > 26 kN/m ² para 3 níveis de empilhamento
	Ações estáticas lineares	Se houver elementos lineares apoiados sobre o piso, como paredes, o carregamento médio é de 13 kN/m (2)
DADOS DE SAÍDA	ITEM ESPECIFICADO EM PROJETO	REQUISITO DE REFERÊNCIA
Solução para o piso (3)	Tipo de piso de concreto adotado	Compatibilizar as necessidades de uso da edificação (leiaute e equipamentos) com a melhor solução para o piso de concreto (simples, com armadura distribuída, estruturalmente armado, reforçado com fibras ou protendido)
Sub-leito	Espessura	Variável conforme as características do solo local
	Grau de compactação	Mínimo de 95% do ensaio <i>Proctor</i> Normal (PN)
Sub-base	Material	No mínimo sub-bases granulares; em casos específicos, sub-bases tratadas com cimento ou outros aditivos
	Espessura	Mínimo 10 cm para sub-bases granulares
	Grau de compactação	100% do ensaio <i>Proctor</i> Modificado (PM)
	Barreira de vapor	No mínimo uso de lona de polietileno (lona preta), de espessura 0,15 mm
Placa de concreto (1)	Resistência do concreto	Mínimo concreto C30 ($f_{ck} = 30$ MPa)
	Espessura da placa	Variável conforme as características do sub-leito e da sub-base e ações atuantes. Espessuras aceitáveis de 10, 12 ou 15 cm para CTC e CDD; espessuras aceitáveis de 12, 15, 18 ou 20 cm para CTE, CEINT, CLI e CTE.
	Telas soldadas	Telas soldadas designação tipo “Q”, aço CA-60

Tabela 12 – Itens a serem verificados em projetos de piso de concreto x requisitos para os pisos das edificações operacionais

(conclusão)

DADOS DE SAÍDA	ITEM ESPECIFICADO EM PROJETO	REQUISITO DE REFERÊNCIA
Placa de concreto (1)	Armadura	Pisos de concreto simples: sem armadura; Pisos com armadura distribuída: somente com armadura superior para controle da retração; Pisos estruturalmente armados: com armadura inferior e superior para resistir aos esforços; Pisos reforçados com fibras: de aço, prolipropileno ou carbono, em concentração normalmente de 0,25% em relação ao volume de concreto; Pisos protendidos: com cordoalhas de aço, protendidas externamente com macacos hidráulicos, ancoradas nas extremidades
	Posicionamento	JE em pilares, paredes, bases de máquinas, canaletas, niveladores de docas e caixas de passagem. No entorno de pilares juntas tipo diamante ou reforços com pedaço adicional de tela e vergalhão (diâmetro 16 mm); JC paralelas às estantes carregadas e afastadas no mínimo 15 cm dos seus montantes; disposição das juntas compatibilizada com a arquitetura, estrutura e leiaute
Juntas JC = junta construtiva JS = junta serrada JE = junta de encontro	Espaçamento	JS ou JC espaçadas de 5, 6, 10 ou 12 m no CDD e CEE (compatível com a modulação dos pilares); JS ou JC espaçadas de 8,33, 12,5 ou 25 m no CTC, CTE, CEINT e CLI (compatível com a modulação dos pilares)
	Configuração	JS ou JC com barras de transferência; comprimento mínimo de trecho de junta de 50 cm; ângulo de encontro entre JS ou JC igual ou maior que 90°; JS e JC sempre contínuas e terminando em JE
	Preenchimento	Materiais à base de poliuretano, epóxi, silicone ou asfalto modificado; nas regiões de trânsito de veículos de rodas rígidas e de pequeno diâmetro, pode-se adotar solução com lábios poliméricos, à base de resinas epoxídicas e polímeros minerais de alta resistência
	Tipo de acabamento	No mínimo aplicação de desempenho mecânico
Acabamento superficial	Endurecedor de superfície	Obrigatória a utilização, podendo ser: endurecedores líquidos à base de silicatos de sódio ou flúor-silicatos de magnésio; endurecedores sólidos à base de agregados minerais (quartzo e diabásio) ou à base de agregados minerais metálicos (óxido de alumínio e ferro metálico)
Planicidade e nivelamento	Planicidade (FF)	FF ≥ 35 para o CTE, CEINT, CLI e CEE (equivalente ao desvio na régua de 3 m de 4,8 mm) FF ≥ 25 para o CTC e o CDD (equivalente ao desvio na régua de 3 m de 6,4 mm)
	Nivelamento (FL)	FL ≥ 25 para o CTE, CEINT, CLI e CEE FL ≥ 20 para o CTC e o CDD

Fonte: autoria própria (2017)

Notas:

- (1) Algumas simulações de dimensionamento para situações combinadas de solicitações nos pisos podem ser encontradas no Apêndice D, para as quais foram obtidas faixas de espessura e armaduras em placas de concreto estruturalmente armado. As solicitações indicadas seguem o exposto no Capítulo 4, Seção 4.5.

- (2) O carregamento linear médio de referência consiste em uma parede em alvenaria sem aberturas, de blocos de concreto, de espessura 14 cm e altura 3,50 m, com peso específico de 22 kN/m³, revestido com argamassa de cimento e areia, espessura 1,5 cm em cada lado, com peso específico 21 kN/m³, conforme a NBR 6120/1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – da ABNT.
- (3) Ver também Capítulo 5, Seção 5.1.

Em alguns casos torna-se válida a utilização do MEF para uma análise mais apurada dos parâmetros disponíveis no projeto do piso da edificação em estudo, através da elaboração de modelos que representem as ações atuantes sobre o piso quando da ocupação com a unidade operacional, visualizando-se adequadamente esforços, deformações e deslocamentos.

A razão entre a resistência necessária para serem suportadas as ações atuantes e a resistência disponível no concreto e no aço do piso sob análise deve ser igual ou menor a 1, já considerados os coeficientes de majoração de ações e de minoração das resistências dos materiais, respeitados também os limites de deformações dos materiais e de deslocamentos que não prejudiquem a qualidade das operações.

Por outro lado, a indisponibilidade de projeto do piso para consulta, fato que não é incomum, exige maior empenho nas etapas de inspeção visual e o emprego de alguns ensaios ou instrumentação, a fim de ser suprida a ausência de dados.

6.3. INSTRUMENTAÇÃO E ENSAIOS DE LABORATÓRIO

O emprego de instrumentação e ensaios complementares destina-se à confirmação de informações verificadas em projeto ou obtenção de dados quando não houver projeto para análise. Alguns testes normalmente empregados em estruturas de concreto podem ter sua aplicação estendida aos pisos industriais com resultados satisfatórios, como: esclerometria, ultrassom, extração de testemunhos e prova de carga. A medição dos *F-Numbers* e a medição com nível *laser* constituem verificações específicas para pisos.

Outros ensaios podem ser importantes em casos especiais, para medida do grau de degradação do concreto ou do aço, como carbonatação³, PH⁴, concentração de cloretos⁵ ou de sulfatos⁶ no concreto; e potencial de corrosão nas armaduras⁷.

³ O dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosfera penetra nos poros, reagindo com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), existente na água do concreto, formando o carbonato de cálcio (CaCO₃), implicando na carbonatação, reduzindo o PH (< 9).

⁴ Um PH < 11 é propício para início da corrosão das armaduras, pela despassivação (perda da barreira química).

⁵ Os íons Cl⁻ penetram na estrutura porosa do concreto, rompendo a camada óxida protetora das armaduras, na presença de umidade e oxigênio, corroendo-as, em ambientes marítimos, de alta salinidade, ou são previamente inseridos na massa de concreto durante a superdosagem de aditivos aceleradores de pega, que possuem o cloreto de cálcio (CaCl₂).

⁶ A presença de sulfatos está normalmente associada aos resíduos de esgotos industriais e domésticos. Reagem com o cálcio do cimento, descalcificando o concreto e amolecendo a pasta de cimento.

⁷ O potencial de corrosão nas armaduras pode ser medido pela diferença de potencial entre o aço e um eletrodo de referência. Este ensaio é descrito pela norma ASTM C876.

6.3.1. Esclerometria

Este ensaio é normatizado pela NBR 7584/2012 da ABNT. Sob a ótica da avaliação de pisos de concreto, a esclerometria pode contribuir especialmente na verificação da uniformidade da dureza superficial e na estimativa da resistência à compressão do concreto.

Sobre a esclerometria, Mazer (2012) descreve:

- É um método de ensaio não destrutivo, que fornece a medida da dureza superficial do concreto endurecido. Utiliza-se do esclerômetro, aparelho desenvolvido pelo engenheiro Ernst Schmidt;
- O esclerômetro de reflexão (figura 20) é composto por uma massa martelo, que impulsionada por uma mola, se choca através de uma haste com ponta em forma de calota esférica com a área de ensaio. Parte da energia é conservada elasticamente, com retorno do martelo ao fim do impacto;



Figura 20 – Esclerômetro de reflexão
Fonte: www.directindustry.com (2017)

- Os tipos de esclerômetros disponíveis possuem energia de percussão 0,75, 0,90, 2,25 e 30 N.m, a serem empregados conforme as características da estrutura de concreto avaliada. Deve-se efetuar a calibração periódica dos aparelhos;
- As superfícies a serem analisadas devem ser secas ao ar, limpas e planas, evitando-se superfícies úmidas ou carbonatadas. Deve-se efetuar polimento enérgico da área de ensaio com disco abrasivo através de movimentos circulares; todo o pó superficial deve ser removido a seco;

- As áreas de ensaio devem estar distante no mínimo 50 mm de cantos e arestas, uniformemente distribuídas, com número mínimo em função da heterogeneidade do concreto, com pelo menos uma área de ensaio por elemento ou peça de concreto dentro da região de estudo;
- Em cada área de ensaio são efetuados no mínimo 16 (malha 4 x 4) e no máximo 25 (malha 5 x 5) impactos, com distância mínima entre os centros de 50 mm;
- Alguns fatores influenciam os resultados, como tipo e consumo de cimento; tipo de agregado; tipo e condições de umidade da superfície; carbonatação; idade; operação do aparelho; massa específica, estado de tensão e falhas do concreto; esbeltez do elemento estrutural; temperatura do esclerômetro e do concreto; tipo de cura; e superfícies calcinadas por altas temperaturas (incêndio).

Para estimar a resistência do concreto sob análise, seguem-se os passos abaixo:

- Obtida a média das leituras, descartam-se aquelas acima e abaixo 10% da média. Calcula-se a média das leituras restantes;
- Aplicam-se os coeficientes de correção do resultado (fornecidos pelo fabricante): em função da calibração do equipamento; em função da curva do equipamento (de corpo de prova cúbico – padrão europeu, para corpo de prova cilíndrico – padrão brasileiro); em função da posição do aparelho (na horizontal, na vertical ou inclinado); em função da idade do concreto, que no ensaio é considerada como 28 dias. Outros coeficientes de correção podem ser utilizados;
- Da correlação com a dureza superficial obtida para o elemento estrutural analisado, é possível estimar a resistência à compressão do concreto, por meio de fórmulas padronizadas.

6.3.2. Ultrassom

Este ensaio é normatizado pela NBR 8802/2013 da ABNT. Os princípios de utilização de equipamentos de ultrassom na determinação de propriedades físicas do concreto se baseiam na relação, mesmo que complexa, entre a velocidade de ondas longitudinais e a resistência à compressão. Neste caso, a variação da massa específica do concreto provoca variação na velocidade dos pulsos e conseqüentemente variação na resistência do concreto.

Este método não destrutivo utiliza-se de vibrações próximas as do som, com frequências acima do limite audível (entre 0,5 e 25 MHz), geradas e transmitidas por um

transdutor (emissor) acoplado ao material sob análise. Os pulsos refletidos por uma descontinuidade ou pela superfície oposta da peça são captados pelo transdutor (receptor) e convertidos em sinais eletrônicos para leitura no equipamento (figura 21).



Figura 21 – Equipamento de ultrassom
Fonte: Mazer (2012)

Desta maneira, há possibilidade de detecção de descontinuidades internas nos materiais, com estimativa razoável das dimensões reais dos defeitos (falhas de concretagem, trincas ou fissuras), inclusive medição da espessura e determinação de corrosão.

Mazer (2012) aponta algumas vantagens do método de ultrassom: alta sensibilidade para detecção de pequenas descontinuidades internas e interpretação das leituras sem uso de processos intermediários, reduzindo o tempo de inspeção. Cita como limitações: exige grande conhecimento teórico e experiência do inspetor; o registro permanente do teste não é facilmente obtido; dificuldade de aplicação em espessuras muito finas; requer bom preparo da superfície do material a ser analisado. Os valores medidos da velocidade de propagação são influenciados por: módulo de elasticidade, resistência mecânica, densidade e adensamento do concreto; tipo e densidade dos agregados; tipo de cimento; fator água/cimento, umidade da peça; qualidade e quantidade de aço no concreto armado; e direção do ensaio na peça.

As técnicas de aplicação do ultrassom em elementos de concreto são (figura 22):

- Direta: os transdutores se localizam em lados opostos do elemento a ser inspecionado. Na existência de descontinuidade, o receptor capta sinal menor do que o emitido;
- Indireta: utilizam-se dois transdutores angulares, espaçados com distância fixa. Detecta defeitos perpendiculares à superfície da peça, como profundidade de trincas,

até um limite preestabelecido. O receptor somente registra sinal na existência de alguma descontinuidade;

- Semidireta: posiciona-se um transdutor angular como emissor e outro normal como receptor.

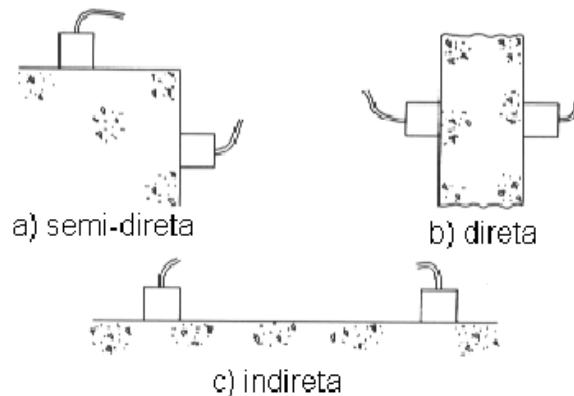


Figura 22 – Técnicas de aplicação do ultrassom
Fonte: Mazer (2012)

Na tabela 13 podem ser verificados os valores de velocidade dos pulsos ultrassônicos e a correlação com a qualidade dos concretos:

Tabela 13 – Relação entre medidas de ultrassom e a qualidade do concreto

VELOCIDADE DE PULSOS LONGITUDINAIS (km/s)	QUALIDADE DO CONCRETO
> 4,5	Excelente
3,5 – 4,5	Boa
3,0 – 3,5	Duvidosa
2,0 – 3,0	Pobre
< 2,0	Muito pobre

Fonte: Mazer (2012)

Com relação à aplicação na inspeção de pisos de concreto, entende-se como viável a utilização do método de ultrassom, com técnica de aplicação indireta, para determinação da qualidade do concreto, investigação de defeitos (falhas, trincas ou fissuras) na placa e de vazios sob a mesma, na camada de sub-base.

6.3.3. Extração de Testemunhos

A extração de testemunhos é normatizada pela NBR 7680/2015 da ABNT. Consiste na técnica mais aceita para estimativa da resistência do concreto, bem como para obtenção de

outras informações, relativas à compacidade, homogeneidade, aderência em juntas de construção, espessura de lajes ou de placas de pavimentos, deterioração, reações álcali-agregado e aderência de armaduras.

São extraídas do elemento estrutural peças cilíndricas, cúbicas ou prismáticas, através de corte com sondas rotativas ou com disco, com brocas de 5, 7 ou 10 cm (a norma recomenda 10 cm; o usual são medidas de 7 ou 7,5 cm). A razão ideal entre a altura e o diâmetro é 2, porém, pode-se alterá-la, mediante a aplicação de um fator de correção do valor de resistência obtido. Devido às características semidestrutivas do ensaio, é obrigatória a análise de segurança estrutural, visando extração que cause o menor dano ao elemento sob análise.

Mazer (2012) afirma que em função da deficiência na cura, danos causados pelo procedimento de extração, presença de barras de aço, condições de ruptura, dimensões e posição dos testemunhos, normalmente as resistências obtidas com ensaios de testemunhos são inferiores em torno de 10% a 30% em relação a corpos de prova de referência. Assim, é de consenso que os resultados de resistência obtidos com a extração de testemunhos não são exatamente a resistência real do concreto do elemento estrutural avaliado.

Na inspeção em pisos de concreto, com a extração de testemunhos e seus respectivos ensaios, permite-se obter principalmente a estimativa da resistência à compressão do concreto e a espessura das placas de piso.

6.3.4. Prova de Carga

A prova de carga tem seu procedimento estabelecido na NBR 9607/2012 da ABNT. É definida como um conjunto de atividades destinadas a analisar o desempenho de uma estrutura através da medição e controle dos efeitos causados pela aplicação de ações externas de intensidade e natureza previamente determinadas. É aplicável quando há necessidade de aceitação de uma estrutura, quando há alteração das condições de utilização, em períodos que acarretem solicitações excepcionais em parte de uma estrutura; após observação de acidentes ou anomalias, na ausência total ou parcial de elementos de projeto, no desconhecimento das condições construtivas e no estudo do comportamento da estrutura em condições reais de utilização.

Segundo Mazer (2012), previamente a realização da prova de carga é imprescindível serem efetuados alguns estudos teóricos, para definição dos critérios de ensaio, como: coeficiente de segurança no estado último, dimensionamento do carregamento, escolha dos

pontos da estrutura e dos efeitos a serem controlados (rotações, deslocamentos e deformações), previsão teórica dos efeitos de ensaio, previsão de tolerância dos desvios no ensaio e critérios de aceitação ou liberação das fases de carregamento.

Na tabela 14 são indicados os níveis de carregamento para os tipos de prova de carga e o emprego correspondente.

Tabela 14 – Classificação das provas de carga

ENSAIO	NÍVEL DE CARREGAMENTO	EMPREGO
Básico	$0,5 < \Psi \leq 1,0$	- Recepção de estruturas em condições normais de projeto e construção; - Estudo do comportamento da estrutura
Rigorouso	$1,0 < \Psi \leq 1,1$	- Materiais não atendem aos requisitos de projeto; - Desconhecimento do projeto ou condições construtivas; - Alteração das condições de utilização; - Após acidentes na estrutura
Excepcional	$\Psi > 1,1$	- Passagem de cargas excepcionais; - Fases construtivas com solicitações excepcionais

Fonte: NBR 9607/2012 da ABNT

Nota:

- (1) Ψ é o fator de carregamento, dado por: $\Psi = F_e/F_d$, onde F_e é o esforço solicitante teórico na prova de carga e F_d o esforço solicitante teórico de projeto.

No que se refere à avaliação de pisos de concreto, as provas de carga podem ser utilizadas em casos particulares, visando à verificação prévia do comportamento de placas de piso diante de carregamentos similares aos reais, provenientes de futura ocupação da edificação (empilhadeiras, paletes e contêineres, por exemplo), para estudo do comportamento frente a carregamentos excepcionais (uma nova máquina de triagem apoiada sobre o piso ou um equipamento temporário de manutenção, por exemplo), principalmente em unidades de maior porte, e quando não se dispõe de dados confiáveis em projeto para aceitação do pavimento rígido.

Na realização da prova de carga, podem ser utilizados para carregamento: sacos de areia, sacos de cimento, bolsas de água ou agregados graúdos (cargas estáticas); equipamento de transporte carregado (cargas dinâmicas). Através de instrumentação adequada, podem ser obtidas leituras de deformação nas armaduras, deformação no concreto e deslocamentos verticais nas placas, a cada incremento de carga.

6.3.5. Medição dos *F-Numbers*

Com relação às formas de controle da planicidade e nivelamento em pisos industriais, Chodounsky (2007) menciona como principais aspectos:

- Até 1987, o sistema empregado para certificação da qualidade da superfície do piso consistia na verificação da máxima abertura entre o piso e uma régua de 3 m, classificando o piso com relação à planicidade: superfície plana (até 5 mm) e superfície muito plana (até 3 mm);
- Passou-se então a aplicar a metodologia de verificação da qualidade superficial dos pisos industriais descrita pela ASTM 1155 (1996), com o uso do *dipstick floor profiler* (figura 23), baseada nos critérios de planicidade e nivelamento para pisos industriais definidos pelo ACI (1989), conhecido como sistema *F-Numbers*;



Figura 23 – *Dipstick floor profiler*
Fonte: Chodounsky (2007)

- Normalmente define-se um valor mínimo que representa a qualidade mínima exigida pelo cliente e/ou que garanta a funcionalidade do piso (operações dos equipamentos), para então se definirem os valores médios (valores globais) com certa margem de segurança. Recomenda-se que os valores médios sejam 50% maiores que os valores mínimos, ou inversamente, que os valores mínimos sejam 2/3 dos valores globais;
- É altamente recomendável que as medições sejam realizadas dentro de 24 h após o término das operações de acabamento superficial do concreto, ou no máximo até 72 h, permitindo que ajustes e alterações nos procedimentos de execução sejam

efetuadas em tempo hábil. Isto porque o empenamento (*curling*) da placa de concreto afeta o resultado do nivelamento, podendo indicar um problema de projeto, de material (concreto com retração excessiva) ou de cura inadequada, e não uma deficiência da execução, que é o objetivo principal da avaliação;

- Referências extras quanto aos índices de planicidade e nivelamento podem ser obtidas junto aos fabricantes de equipamentos (empilhadeiras, trans-elevadores, transpaleteiras, dentre outros) que serão utilizados na operação; nas empresas de consultoria em pisos industriais; na obtenção direta dos *F-Numbers* pela medição de pisos existentes que operem satisfatoriamente e com equipamentos similares.

6.3.6. Medição com Nível *Laser*

O uso de estações totais, teodolitos e níveis apresentam a vantagem de dispensar o uso de cabos e receptores para aquisição de dados, além da leitura dos deslocamentos ser direta e em tempo real. Nos níveis digitais, a leitura na mira é feita automaticamente com miras em código de barras.

Considerando que o sistema *F-Numbers* é indicado para pisos recém executados, pois as medições de nivelamento e planicidade são afetadas pelo posterior empenamento da placa, a medição com nível *laser* é uma alternativa para levantamento da progressão de recalques ou empenamentos em placas, de escalonamento ou alçamento em juntas, ou seja, de acompanhamento da evolução das manifestações patológicas nos pisos, mesmo em uso.

A ressalva para a utilização deste equipamento diz respeito à necessidade de sistematização dos procedimentos de medição e registro dos deslocamentos verticais especificamente para pisos construídos, visto que o nível *laser* atualmente já possui amplo emprego nas etapas executivas, para nivelamento das camadas de sub-leito e sub-base.

6.4. CARACTERIZAÇÃO DAS PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO

Nos quadros 8 a 10 são apresentadas as patologias mais comuns encontradas nos pisos industriais de concreto, relativas à espessura da placa, às juntas e ao acabamento superficial. Nos quadros são indicados: denominação, descrição e origem das patologias, e para algumas delas, níveis de severidade (baixo, médio e alto) e padrões do defeito.

DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE SEVERIDADE	PADRÕES DO DEFEITO
Fissuras lineares: longitudinais, transversais ou diagonais	Fissuras no sentido da maior dimensão (comprimento); no sentido da menor dimensão (largura); ou no sentido diagonal da placa	Espessura e/ou armaduras insuficientes para resistir aos esforços produzidos pelos carregamentos. Vencimento da resistência à fadiga do concreto	Baixo	Sem escalonamento. Fissuras seladas ou não seladas de abertura inferior a 1 mm
			Médio	Fissuras de abertura entre 1 e 5 mm. Fissuras não preenchidas, com qualquer abertura até 5 mm e escalonamento de até 2,5 mm. Fissura preenchida com qualquer abertura e escalonamento maior, de até 5 mm
			Alto	Fissuras não preenchidas e com abertura superior a 5 mm. Qualquer abertura, resselada ou não, com escalonamento superior a 10 mm.
Fissuras de canto	Fissuras geralmente na forma de semicírculo nos cantos da placa	Espessura e/ou armaduras insuficientes para resistir aos esforços produzidos pelos carregamentos. Vencimento da resistência à fadiga do concreto	Baixo	A área entre a fissura principal de canto e a junta possui poucas fissuras secundárias. A placa possui uma única fissura de canto
			Médio	Estado intermediário entre o baixo e o alto
			Alto	A área entre a fissura principal de canto e a junta possui muitas fissuras secundárias. A placa possui duas ou mais fissuras de canto
Fissuras em feixes	Fissuras tanto na direção transversal quanto longitudinal, junto às bordas ou à fissuras preexistentes, próximas entre si e paralelas	Progressão de fissuras de canto ou lineares, relacionadas à baixa resistência do concreto à compressão	Baixo	De dois a três pedaços, com severidade das fissuras baixa ou média. De quatro a cinco pedaços, se a severidade das fissuras for baixa
			Médio	De dois a três pedaços, se a severidade das fissuras for alta. De quatro a cinco pedaços, se a severidade das fissuras for média. Mais de cinco pedaços, se a severidade das fissuras for baixa
			Alto	De quatro a cinco pedaços, se a severidade das fissuras for alta. Mais de cinco pedaços, se a severidade das fissuras for média ou alta

Quadro 8 – Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas às placas

(continua)

DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE SEVERIDADE	PADRÕES DO DEFEITO
Partição de placa	Divisão da placa em três ou mais partes, ou uma área específica da placa é subdividida em pedaços	Está associada ao surgimento prévio de fissuras transversais e longitudinais	Baixo	De dois a três pedaços, com severidade das fissuras baixa ou média. De quatro a cinco pedaços, se a severidade das fissuras for baixa
			Médio	De dois a três pedaços, se a severidade das fissuras for alta. De quatro a cinco pedaços, se a severidade das fissuras for média. Mais de cinco pedaços, se a severidade das fissuras for baixa
			Alto	De quatro a cinco pedaços, se a severidade das fissuras for alta. Mais de cinco pedaços, se a severidade das fissuras for média ou alta
Fissuras de retração plástica	Fissuras finas, pequenas, isoladas ou interligadas entre si sobre a superfície da placa	Surgem com o concreto ainda fresco, que na fase de enrijecimento é bastante susceptível à fissuração devido a sua baixíssima resistência. Há rápida perda de umidade induzida pela combinação de fatores como temperatura do ar e do concreto, umidade relativa do ar e velocidade do vento	Não definido	Não definido
Fissuras de retração por secagem	Fissuras lineares longitudinais ou transversais, normalmente próximas das juntas	Concretos com características de elevada retração; quantidade e posicionamento inadequados das juntas; armadura de retração insuficiente ou mal posicionada; atraso no corte das juntas ou da protensão; cura deficiente; vinculação da placa em elementos rígidos; grande variação da espessura da placa	Não definido	Não definido
Buracos	Desagregação com formato irregular em áreas da placa de concreto, que sofre recalque juntamente com a base, sendo arrancado com a ação do tráfego	Resulta da evolução de outros defeitos, como desagregação de regiões com fissuras em feixes ou com partição de placa	Não definido	Não definido

Quadro 8 – Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas às placas

(continua)

DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE SEVERIDADE	PADRÕES DO DEFEITO
Empenamento	Distorção das bordas e cantos da placa para cima (<i>curling</i>)	Gradiente de umidade e temperatura entre as faces, superior e inferior da placa, influenciado pela retração do concreto, geometria da placa (rigidez/peso), taxa e posição da armadura e condições de exposição às intempéries	Baixo	Apenas causa má aparência, ainda não interferindo no tráfego de equipamentos
			Médio	Inicia-se a perda de revestimento e mau funcionamento das juntas
			Alto	Há perda de revestimentos, ocorrem fissuras estruturais pela perda de contato da placa com a sub-base, há piora no nivelamento do piso e mau funcionamento das juntas
Recalque	Alteração da planicidade por desnivelamento (recalque) de porções variadas em áreas centrais ou nas bordas da placa. O recalque do piso de concreto é induzido por pressões excessivas nas camadas compressíveis do solo de apoio.	Recalques de solos moles, representados por depósitos inconsolidados, com elevados teores de umidade e matéria orgânica, com baixa resistência ao cisalhamento e elevada compressibilidade; a água ao ser expulsa pelo peso das camadas sobrejacentes ou por indução (drenagem ou sobrecarga), leva ao adensamento, reduzindo o volume do solo e refletindo em recalques na superfície do piso	Baixo	Apenas causa má aparência, ainda não interferindo no tráfego de equipamentos
			Médio	Inicia-se a perda de revestimento e mau funcionamento das juntas
			Alto	Há perda de revestimentos, ocorrem fissuras estruturais pela perda de contato da placa com a sub-base, há piora no nivelamento do piso e mau funcionamento das juntas
Umidade ascendente	Presença de umidade, aflorando na face superior da placa	Gradiente de umidade e temperatura entre o ambiente e o concreto, quando há uma fonte de umidade externa ou interna e grande permeabilidade do concreto; deficiência na execução da cama granular da sub-base, na barreira de vapor (lona) e/ou nos elementos de drenagem do entorno do piso	Não definido	Não definido

Quadro 8 – Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas às placas

(conclusão)

Fonte: adaptado de Balbo (2009) e Chodounsky (2010)

DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE SEVERIDADE	PADRÕES DO DEFEITO
Perda de selante	Desagregação do elemento de selagem das juntas entre as placas	Efeitos da umidade, calor e secagem dos elementos de selagem das juntas; incompatibilidade entre os materiais de selagem e os materiais das rodas rígidas	Baixo	Pequenas perdas isoladas de selante
			Médio	Necessária resselagem em médio prazo
			Alto	Necessidade imediata de resselagem
Esborcinamento	Quebra das bordas das juntas causada pelo impacto das rodas rígidas de veículos ou esmagamento no interior da junta de materiais incompressíveis	Serragem ainda verde; excesso de argamassa no local; ausência de agregados resistentes; ausência ou perda do selante; tipo de selante inadequado; execução incorreta do tratamento; movimentação relativa entre as placas; incompatibilidade do prazo para tratamento com o da obra e início da operação	Baixo	Difícil remoção manual de pedaços, qualquer comprimento, qualquer largura. Ausência de alguns pedaços, fácil remoção dos demais, comprimento inferior a 60 cm, qualquer largura
			Médio	Faltando alguns pedaços, fácil remoção dos demais, comprimento superior a 60 cm, qualquer largura. Ausência de quase todos os pedaços, largura menor que 10 cm e comprimento maior que 60 cm. Ausência de quase todos os pedaços, largura maior que 10 cm e comprimento menor que 60 cm
			Alto	Ausência de quase todos os pedaços, largura maior que 10 cm e comprimento maior que 60 cm
Escalonamento	Desnívelamento na junta entre duas placas, gerando um degrau	Recalque diferencial entre duas placas; agravamento de fissuras transversais e longitudinais; deficiência no diâmetro, comprimento, espaçamento ou alinhamento das barras de transferência	Baixo	Entre 3 e 9,5 mm
			Médio	Maior que 9,5 mm e menor que 19 mm
			Alto	Maior que 19 mm
Alçamento ou esmagamento	Ocorre pressão e esmagamento entre placas, na posição da junta (<i>blow up</i>)	Esforços horizontais em juntas. Defeito mais comum quando se executam duas camadas de concreto para a placa	Baixo	Identificação visual. Baixo prejuízo ao tráfego
			Médio	Identificação visual. Médio prejuízo ao tráfego
			Alto	Identificação visual. Alto prejuízo ao tráfego
Abertura excessiva	Aumento no espaçamento entre duas placas, facilitando o início do esborcinamento	Ausência de ligação entre placas, sob esforços horizontais	Não definido	Não definido
Bombeamento de finos	A água acumulada sob a placa carrega partículas de solo para as bases. Tanto a água como as partículas de solo são eliminadas pelas juntas ou fissuras	Saturação das camadas inferiores de solo, que por pressão neutra expulsam a água aprisionada para cima	Não definido	Não definido

Quadro 9 – Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas às juntas

Fonte: adaptado de Balbo (2009) e Chodounsky (2010)

NOMENCLATURA	DESCRIÇÃO	ORIGEM
Microfissuras tipo “pé de galinha”	Fissuras superficiais com profundidade inferior a 3 mm e pequeno espaçamento, em torno de 50 mm, muitas vezes formando uma malha regular	Baixa umidade relativa do ar, elevada temperatura do ar e do concreto, exposição direta ao sol e vento; trabalho excessivo de desempeno e aspersão de água durante o acabamento; concretos com elevados teores de finos e agregados com excesso de impurezas; atraso da cura, ciclos de secagem e molhagem e utilização de água com temperatura muito inferior a do concreto
Desgaste por abrasão	Deterioração da superfície da placa de concreto, da ordem de milímetros, com desprendimento da argamassa, geralmente sob a forma de material pulverulento (grãos de areia e pó de cimento)	Baixa resistência à compressão do concreto, provocada pela alta relação água/cimento, causando maior permeabilidade/porosidade; características inadequadas dos materiais do concreto e no respectivo traço; excesso de vibração ou desempeno, causando migração da pasta de cimento para a superfície; exsudação excessiva; deficiência nos procedimentos de cura (sem o uso de água ou agente de cura); não aplicação de endurecedores de superfície; ataques químicos durante o uso
Delaminação	Desplacamento da camada superficial de concreto (de 2 a 4 mm), muito densa, separada do restante da massa por uma fina película de água ou ar	Endurecimento diferencial entre a base e a superfície da placa de concreto, causado por excesso de finos e de argamassa; atraso na pega; excesso de ar incorporado; elevada temperatura e baixa umidade do ar; ação direta de sol e vento; baixa temperatura da base; início prematuro ou tardio do acabamento superficial
Borrachudo	Enrijecimento prematuro da camada superficial do concreto, formando “cascas” (<i>crusting</i>), semelhante ao comportamento do solo compactado com excesso de umidade; camadas inferiores sem a mesma rigidez ou resistência da camada superficial; grandes deformações da “casca” com a entrada das acabadoras mecânicas; fissuras generalizadas	Assim como na delaminação, pela ocorrência de elevada temperatura e baixa umidade do ar; concretos com baixa taxa de exsudação, influenciada pelo uso de aditivos superplastificantes (com incorporação de ar), elevado teor de finos, uso de sílica ativa e consistência mais seca do concreto

Quadro 10 – Patologias encontradas em pisos industriais de concreto, relativas ao acabamento superficial

Fonte: adaptado de Balbo (2009) e Chodounsky (2010)

6.5. PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO DAS EDIFICAÇÕES OPERACIONAIS

Visando analisar a ocorrência de patologias em pisos de edificações operacionais do Correios, foram levantadas algumas manifestações patológicas identificadas nos últimos anos pela equipe da Gerência de Engenharia do Paraná. Tais manifestações se referem a pisos dos grupos de unidades caracterizadas no Capítulo 4. A descrição, origem e padrões de defeitos foram devidamente apresentados nos quadros 8 a 10, na seção anterior deste capítulo.

Na figura 24 é apresentado exemplo de patologia em piso de concreto com armadura distribuída, relacionada à resistência da placa aos esforços solicitantes e à abrasão.



Figura 24 – Fissura linear transversal em placa; desgaste por abrasão
Fonte: autoria própria (2016)

Na figura 25 têm-se patologias em piso de concreto com armadura distribuída, decorrentes da ausência de juntas no alinhamento dos pilares e entre caixas de passagem.



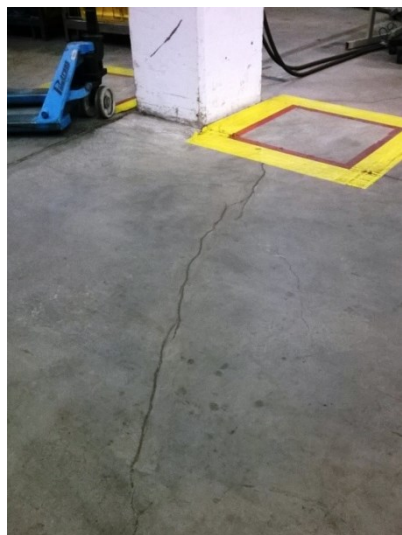
(a)



(b)

Figura 25 – Fissura linear longitudinal (a) e fissura linear transversal (b)
Fonte: Gerência de Engenharia dos Correios do Paraná (2015)

Na figura 26 encontram-se patologias em piso de concreto reforçado com fibras de aço, relacionadas principalmente à resistência da placa às solicitações ou ausência de elementos de reforço no entorno de pilares, como juntas diamante.



(a)



(b)

Figura 26 – Fissuras lineares diagonais
Fonte: autoria própria (2017)

A continuidade da degradação após o surgimento de fissuras lineares pode ocasionar a partição de placa, como visto abaixo em um piso de concreto com armadura distribuída (figura 27.a) e um reforçado com fibras (figura 27.b).



(a)



(b)

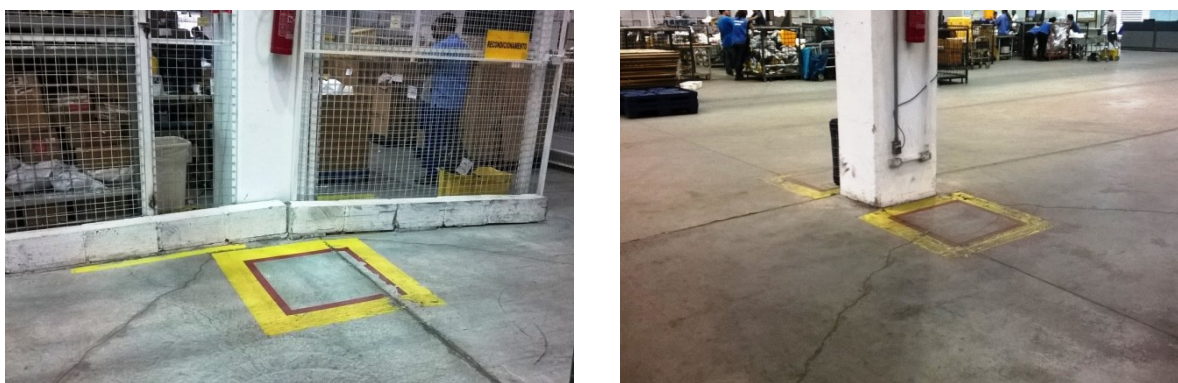
Figura 27 – Partição de placa
Fonte: Gerência de Engenharia dos Correios do Paraná (2015) e autoria própria (2017)

A figura 28 se refere a patologias em piso de concreto estruturalmente armado, originadas na extremidade das barras de transferência, devido às características do concreto empregado ou condições de execução das juntas.



Figura 28 – Fissuras de retração por secagem (transversais ou longitudinais), na proximidade das juntas
Fonte: autoria própria (2016)

A seguir observam-se patologias em piso de concreto reforçado com fibras de aço, diretamente relacionadas à capacidade de suporte do solo do sub-leito ou do material da sub-base (figura 29), bem como condições de compactação.



(a)

(b)

Figura 29 – Recalque de placa. Em (a) nota-se a acentuada declividade das muretas de proteção da base das grades metálicas. As fissuras lineares diagonais são consequência do recalque
Fonte: autoria própria (2017)

O recalque provoca patologias associadas, como fissuras lineares diagonais na placa de concreto ou fissuração de alvenarias diretamente apoiadas sobre o piso, como pode ser visualizado na figura 30, em um piso de concreto reforçado com fibras de aço.

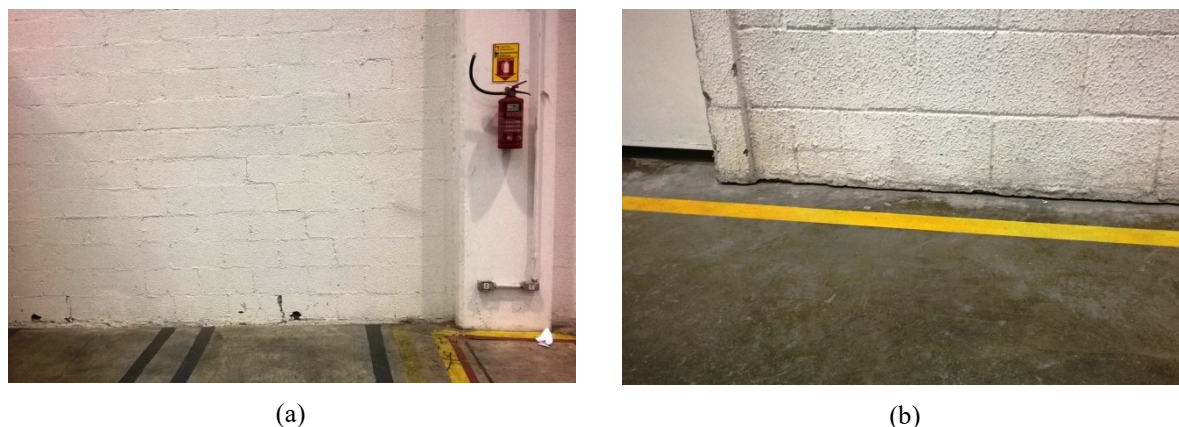


Figura 30 – Recalque de placa. Em (a) ocorreu fissuração (diagonal) da alvenaria apoiada sobre a placa; em (b) a placa separou-se da alvenaria, criando abertura no encontro entre piso e parede
Fonte: autoria própria (2017)

Falhas executivas nas juntas, com ausência de corte no trecho final até o encontro com pilares ou paredes podem gerar fissuração, como mostrado na figura 31, em um piso de concreto estruturalmente armado.



Figura 31 – Ausência de trecho final de juntas serradas, originando fissura na continuidade das juntas
Fonte: autoria própria (2016)

Exemplos de patologias associadas às condições executivas e dos materiais das juntas e ao desempenho da superfície da placa de concreto podem ser verificados a seguir, em um piso de concreto com armadura distribuída (figura 32.a) e um reforçado com fibras de aço (figura 32.b).



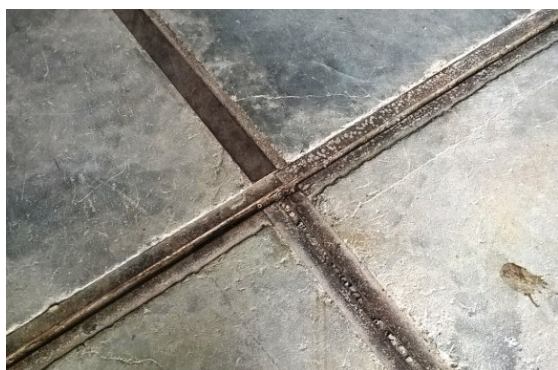
(a)



(b)

Figura 32 – Fissura de canto de placa, esborcinamento de junta e desgaste por abrasão (note-se solução antiga em cantoneiras metálicas para reforço nas juntas)
 Fonte: autoria própria (2017)

Abaixo notam-se patologias similares àquelas mostradas na figura anterior, porém sem fissura de canto. O piso da figura 33.a possui armadura distribuída; o piso da figura 33.b é reforçado com fibras de aço.



(a)



(b)

Figura 33 – Esborcinamento de junta e desgaste por abrasão (note-se solução antiga em cantoneiras metálicas para reforço nas juntas)
 Fonte: autoria própria (2017)

Patologias verificadas na superfície das placas de um piso de concreto com armadura distribuída, normalmente têm relação com condições executivas inadequadas de produção do concreto e de concretagem, como pode ser visto na figura 34.



Figura 34 – Esborcinamento de junta, desgaste por abrasão e delaminação (a); microfissuras tipo “pé-de-galinha”, desgaste por abrasão e delaminação (b)
 Fonte: Gerência de Engenharia dos Correios do Paraná (2015)

Abaixo podem ser observadas patologias similares àquelas mostradas na figura anterior. O piso da figura 35.a possui armadura distribuída; o piso da figura 35.b é reforçado com fibras de aço.

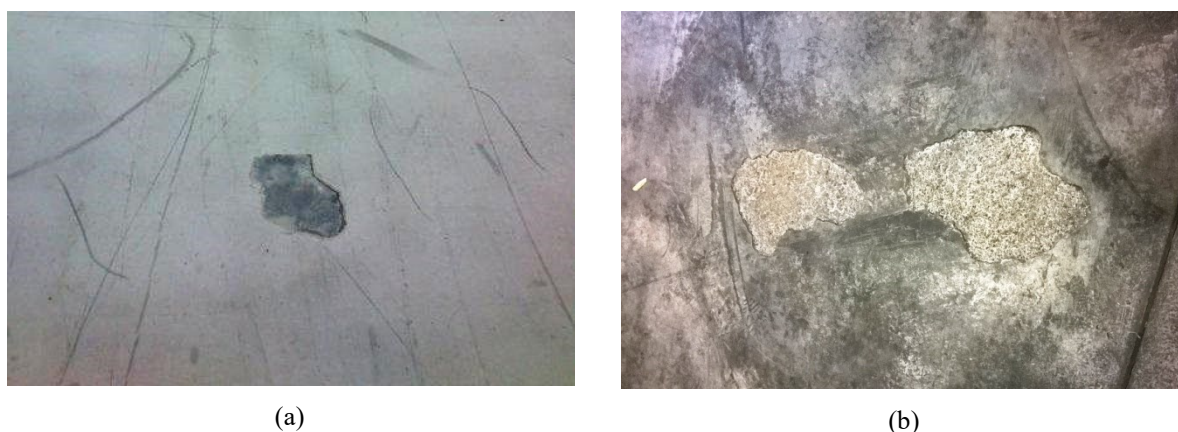


Figura 35 – Desgaste por abrasão e delaminação em piso de concreto com armadura distribuída (a) e reforçado com fibras de aço (b)
 Fonte: Gerência de Engenharia dos Correios do Paraná (2015) e autoria própria (2017)

Através da reunião das manifestações patológicas acima, observou-se que não há predomínio de ocorrências de um ou outro tipo de patologia; estas surgem com mesma frequência, tanto localizadas na placa de concreto, como nas juntas ou no acabamento superficial. Na maioria das unidades operacionais as manifestações são pontuais, somente ocorrendo de modo generalizado em algumas edificações, estas com pisos de idade bastante avançadas.

De maneira geral, verificou-se que as ocorrências têm como principais causas:

- Falhas executivas anteriores à ocupação da edificação com as atividades dos Correios, principalmente quanto à preparação do sub-leito e sub-base, procedimentos de concretagem, montagem de armaduras, acabamento superficial, juntas e cura;
- Incompatibilidade entre os esforços gerados pelas cargas movimentadas ou armazenadas nas operações e o tipo de pavimento rígido da edificação, especialmente quanto ao trânsito de empilhadeiras e paleteiras e ao depósito de contêineres, devido à espessura da placa e armaduras insuficientes;
- Modificações de uso nas unidades, com incremento de cargas em relação às aplicadas no início da ocupação, aumento da capacidade dos equipamentos de transporte e alteração na forma de empilhamento ou armazenagem, principalmente pelo aumento da demanda, implicando em ajustes no leiaute operacional, criando novas áreas com grandes movimentações de carga;
- Incompatibilidade do acabamento superficial e do tratamento das juntas em locais com grande trânsito de equipamentos de transporte com rodas rígidas, como mesas de múltiplo uso e carrinhos de transporte e ordenamento;
- Evolução da gravidade e extensão dos defeitos nos pisos ao longo do tempo de uso, pela necessidade de aprimoramento dos programas de manutenção preventiva e corretiva.

7. TRATAMENTO DE PATOLOGIAS EM PISOS DE CONCRETO

A deterioração dos pisos industriais está relacionada ao surgimento de patologias ao longo de sua vida útil, que se não tratadas com técnicas adequadas e dentro de prazos compatíveis com a severidade dos defeitos, aceleram o processo de degradação, prejudicando seriamente o desempenho do pavimento.

Podem ser destacadas técnicas de tratamento com foco na manutenção preventiva, visando reduzir ou eliminar o surgimento futuro de patologias, bem como técnicas voltadas para manutenção corretiva, quando a patologia se torna evidente e há necessidade de intervenção para retomada das características mais próximas daquelas originais do piso. São utilizados produtos de reparo normalmente empregados em estruturas de concreto, estendendo-se a aplicação, quando viável tecnicamente, ao reparo de pisos de concreto.

Como principais produtos para reparo em elementos de concreto podem ser destacados:

- De base cimentícia: pasta ou argamassa de cimento injetável; argamassa farofa; concreto convencional; concreto projetável; concreto com sílica ativa; e concreto com fibras. Dos produtos aqui citados, cabe o emprego como material de reparo em pisos de concreto a pasta ou argamassa de cimento injetável, concreto convencional e concreto com fibras;
- De base cimentícia modificada com polímeros: argamassas e concretos modificados com epóxi ou látex, ambos com viabilidade de uso em reparos de pisos de concreto;
- Pré-fabricados: argamassas prontas (base mineral ou base epóxi), graute e adesivos (acrílico, PVA ou resina epóxi). Todos com possibilidade de aplicação em reparos de pisos de concreto.

As resinas presentes na composição dos produtos de reparo são de poliéster-estireno, ésteres-vinílicos, furânicas, epoxídicas, poliuretânicas, polissulfídicas, fenólicas ou orgânicas. As mais utilizadas são a epoxídica e a poliuretânica, que também são base para os materiais selantes de juntas de pisos. Os selantes de base epóxi são mais rígidos, garantindo melhor monolitismo entre as partes; os de base em poliuretano são mais flexíveis, apropriados para absorção de movimentação entre as partes reparadas.

Na injeção de fissuras ativas, empregam-se as resinas acrílicas ou poliuretânicas. Na injeção de fissuras passivas, são mais indicadas as resinas epóxi ou graute. Os materiais de reparo devem ter propriedades que evitem a retração, garantindo a integridade da ligação entre as superfícies, tanto que a retração compensada se torna uma característica importante.

De modo a facilitar a aplicação, é desejável que os reparos superficiais de pisos sejam efetuados com concretos, argamassas ou grautes autoadensáveis ou autonivelantes.

Com base nas patologias mais frequentes identificadas nos pisos de concreto das edificações operacionais dos Correios, apresentadas na Seção 6.5 do Capítulo 6, descreve-se a seguir alguns procedimentos de tratamento visando à prevenção das ocorrências ou a correção dos defeitos já existentes.

7.1. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Os procedimentos de manutenção preventiva se referem principalmente às juntas, que são os elementos mais frágeis do piso industrial e ao acabamento superficial, primeiro a ser atingido quando o uso é incompatível, existem falhas executivas ou há erros de especificação em projeto. No quadro 11 são apresentados alguns procedimentos de manutenção preventiva.

PROCEDIMENTO	DESCRIÇÃO DO TRATAMENTO – MANUTENÇÃO PREVENTIVA
Ressagem de juntas	Consiste em nova selagem das juntas para reposição do elemento que sofreu degradação ao longo do tempo de uso do pavimento. Podem ser aplicados mástiques asfálticos e materiais à base de silicone, poliuretano ou epóxi. Deve-se remover todos os resquícios do selante antigo, através de serra de disco e posterior limpeza com jato de ar comprimido.
Aplicação de endurecedor de superfície	Os endurecedores líquidos à base de flúor-silicatos de magnésio são indicados para aplicação em pisos com maior idade, formando película protetora contra impactos e minimizando o desgaste superficial.
Pequenos reparos	Aplicável em defeitos pontuais de baixa severidade, como buracos, delaminações, deslocamentos, descolamentos, dentre outros. Deve-se remover todo o material solto, efetuando-se limpeza para posterior recebimento de argamassa de alta resistência à base de resina epóxi, com boa aderência ao substrato (piso antigo), seguido de lixamento para melhorar o acabamento final da superfície.

Quadro 11 – Procedimentos de manutenção preventiva para algumas patologias em pisos de concreto de edificações operacionais
Fonte: autoria própria (2017)

7.2. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Os procedimentos de manutenção corretiva apresentados estão focados nas patologias mais frequentes identificadas nas edificações operacionais, relativas à placa de concreto, juntas ou acabamento superficial, de forma a associar a técnica de reparo mais adequada a cada caso, como mostrado no quadro 12.

PATOLOGIA	PROCEDIMENTO DE TRATAMENTO – MANUTENÇÃO CORRETIVA
Fissuras lineares	<ul style="list-style-type: none"> - Nos casos de baixa severidade pode-se realizar selagem, com material de especificação idêntica à do selante das juntas. Procede-se a abertura da fissura com disco, para melhorar as condições de preenchimento; - Nos casos de média severidade pode-se adotar a injeção de resina epóxi, após a abertura com disco de corte e execução de furos para injeção ao longo da fissura, preenchendo também eventuais vazios sob a placa, com a vantagem de conter também a umidade ascendente, criando camada impermeabilizante; - Quando há alta severidade dos danos, adota-se a reconstrução parcial da placa. Procede-se a demolição da área afetada com martelo rompedor, seguida de remoção dos resíduos e limpeza cuidadosa da área; se necessário, pode-se regularizar e recompactar a sub-base, bem como reinstalar as barras de transferência em contato com as placas adjacentes; novas telas soldadas são posicionadas; preenche-se o local com concreto de resistência compatível com as ações atuantes e exigências quanto ao desgaste; efetua-se o acabamento superficial nas mesmas condições originais; realiza-se a resselagem das juntas.
Fissuras de canto	<ul style="list-style-type: none"> - Nos casos de baixa severidade pode-se realizar selagem, de maneira semelhante ao tratamento das fissuras lineares; - Quando a severidade dos danos é média ou alta (degradação total do concreto da placa no canto), executa-se reconstrução parcial da placa; - Muitas vezes as fissuras de canto estão associadas ao esborcinamento de juntas, cujo tratamento poderá em paralelo solucionar também o problema destas fissuras.
Partição de placa	<ul style="list-style-type: none"> - Dependendo do nível de severidade da partição de placa, podem ser adotadas a reconstrução parcial (baixa severidade) ou substituição total da placa (média e alta severidade). Quando a área danificada superar dois terços da área total da placa, é tecnicamente recomendada a substituição integral; - Na substituição total seguem-se as mesmas etapas da reconstrução parcial, porém, para toda a área da placa, com a possibilidade de serem melhoradas as características de suporte, com a correção da sub-base e/ou sub-leito; - Como alternativa, pode-se utilizar placa pré-moldada em concreto, dimensionada conforme as solicitações, tanto para substituição parcial como total; procede-se a demolição e remoção do concreto da área danificada; executam-se furos nas faces que receberão as barras de transferência, fixadas com resina epóxi; efetua-se a regularização e recompactação da sub-base; em seguida, ocorre o transporte e colocação da placa pré-moldada; faz-se o preenchimento das áreas de encaixe das barras com graute e a resselagem das juntas.
Fissuras de retração por secagem	<ul style="list-style-type: none"> - Nas fissuras próximas às juntas (afastadas de 5 a 10 cm), de baixa severidade, pode-se aplicar selante de especificação idêntica à do material das juntas. Procede-se a abertura da fissura com disco de corte, para melhorar as condições de preenchimento; - Nas fissuras mais afastadas, é realizada a estabilização por colagem com material epoxídico ou poliuretânico; em caso de alta severidade, é executada costura com barras de aço inclinadas nas laterais da fissura; os cortes na placa de piso para inserção das barras são feitos por meio de equipamento com disco; estas barras são coladas e seladas com material à base de resina epóxi.
Empenamento	<ul style="list-style-type: none"> - Nos empenamentos de baixa severidade executa-se injeção de argamassa fluída a base de cimento ou nata de cimento sob a área da placa empenada; posteriormente realiza-se o polimento superficial até se obter nivelamento adequado; - Quando há média e alta severidade no empenamento, procede-se a demolição, novo posicionamento de armaduras e nova concretagem de parte da placa (faixa ao longo das juntas em que o empenamento é evidente); podem ser necessários ajustes e complementações nas barras de transferência e juntas, com resselagem. Placas pré-moldadas também podem ser empregadas.

Quadro 12 – Procedimentos de manutenção corretiva para algumas patologias em pisos de concreto de edificações operacionais

(continua)

PATOLOGIA	PROCEDIMENTO DE TRATAMENTO – MANUTENÇÃO CORRETIVA
Recalque de placa	<p>- Assim como na partição de placa, uma das soluções para tratamento do recalque consiste na substituição total da placa, com a possibilidade de serem melhoradas as características de suporte, utilizando-se do ensaio do solo (SPT) como parâmetro para correção da sub-base e/ou sub-leito. Placas pré-moldadas também podem ser empregadas;</p> <p>- Nos casos em que fique constatada a baixíssima capacidade de suporte do solo, deve-se adotar solução com estaqueamento, no qual se apoiará malha de vigas para sustentação da placa de piso (semelhante a uma laje), porém, tal alternativa se torna bastante onerosa.</p>
Esborcimento de juntas	<p>- Caso existam deficiências na transferência de carga entre as placas, primeiramente deverão ser inseridas as barras de transferência, para posterior reforço das juntas, através de cortes com disco na placa de concreto, fixação das barras com adesivo epóxi (em uma das placas), engraxamento (na outra placa) e preenchimento com argamassa a base de resina epóxi ou graute;</p> <p>- Executa-se reforço da borda com aplicação de argamassa à base de resina epóxi, de alta resistência (lábios poliméricos). Trata-se de um composto epoxídico bi componente, de base epóxi com agregados minerais e minerais metálicos; faz-se o corte da região e retira-se o material cortado, com o auxílio de martelo rompedor, removendo-se todo o material solto; com a canaleta formada limpa e delimitada, efetua-se a mistura dos componentes A e B da resina epóxi, conforme manual do fabricante. Separa-se parte para aplicação sem adição de agregado no leito e nas bordas das canaletas; o restante da resina é misturado ao agregado miúdo, formando a argamassa; na canaleta, a resina é aplicada como pintura, para melhorar a aderência nas bordas e no leito do corte, seguida da aplicação da argamassa com colher de pedreiro; faz-se o nivelamento com régua e o alisamento com espátula e/ou desempenadeira de feltro; após a cura parcial da argamassa, executa-se novo corte das juntas, seguindo o alinhamento original para evitar novas patologias; o fechamento das juntas reforçadas é realizado com limitadores de espuma tipo roliço, preenchidos com selante compatível, podendo ser também a base de epóxi.</p>
Microfissuras tipo “pé de galinha”	<p>Embora esta patologia cause aspecto estético desagradável quando muito evidente, não gera problemas de desempenho do piso. Para melhorar a aparência, pode ser aplicada camada de argamassa de alta resistência à base de epóxi.</p>
Desgaste por abrasão	<p>- O tratamento passa pelo fechamento da porosidade superficial através de aplicação de endurecedor químico em duas demãos; faz-se a lapidação da superfície com ferramentas diamantadas; aplica-se revestimento de alto desempenho, a base de argamassas epoxídicas ou poliuretânicas, sob substrato preparado; nas áreas de ataques químicos podem ser utilizados sistemas à base de resinas éster-vinílicas, metilmetacrilatos, epóxi ou poliuretanos modificados;</p> <p>- Quando a área danificada possuir grande extensão, a alta severidade dos danos pode justificar a adoção do sistema <i>overlay</i>, com a sobreposição de nova camada de concreto, de menor espessura, com novas armaduras de controle da retração, sobre a placa existente danificada. A aderência entre o concreto antigo e o novo é garantida com o aumento da rugosidade da camada antiga pela aplicação de equipamentos abrasivos e pela aplicação de adesivo apropriado. Contudo, deve-se avaliar se o acréscimo de espessura do piso comprometerá vão de portas, nivelamento de docas ou criará desníveis/degraus em circulações da área operacional.</p>
Delaminação	<p>- O reparo pode ser realizado com argamassas poliméricas ou cimentícias modificadas com polímeros. Recorta-se a área danificada, seguida de regularização e limpeza da superfície; aplica-se um <i>primer</i> para melhorar a aderência e posteriormente a argamassa; aguarda-se a cura, finalizando com lixamento da superfície se necessário;</p> <p>- Da mesma forma que no desgaste por abrasão, nos casos em que há alta severidade de danos (generalizados) no piso, pode-se optar pela execução de nova camada de concreto sobre o piso antigo (sistema <i>overlay</i>).</p>

Quadro 12 – Procedimentos de manutenção corretiva para algumas patologias em pisos de concreto de edificações operacionais

(conclusão)

8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresenta-se a seguir a discussão dos resultados obtidos nos Capítulos 4 a 7, quanto ao estudo das características das unidades operacionais dos Correios, na determinação dos requisitos para os pisos de concreto das edificações operacionais, na avaliação das patologias nestes pisos e na recomendação de procedimentos de tratamentos das patologias identificadas. Priorizam-se aspectos a serem observados de modo a minimizar o surgimento de patologias, e em caso de ocorrência, buscar-se a aplicação de conhecimentos consolidados para um correto diagnóstico, um coerente prognóstico e a melhor técnica de terapia.

8.1. QUANTO À CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES OPERACIONAIS

Na caracterização das unidades operacionais foi possível constatar que:

- O fluxo das atividades é semelhante nos tipos de unidades operacionais estudadas, embora o leiaute em cada tipo tenha suas particularidades: são mais amplos no CTE e CTC, abrigando máquinas de triagem automatizadas; no CEINT há estrutura para recebimento de objetos do exterior e ações de tributação e fiscalização de órgãos federais diversos; no CLI se aproxima mais dos galpões logísticos convencionais; são mais padronizados no CEE e CDD, em função da divisão da área de abrangência em distritos postais;
- As maiores quantidades absolutas de objetos tratados estão no CEINT, CTE e CTC. O CLI possui os objetos com a maior relação massa/volume ou massa média por contêiner, enquanto que nas demais unidades esta relação é significativamente mais baixa, cerca de quatro vezes menor;
- Entretanto, são os objetos com maior volume médio que demandam maior movimentação de carga e conseqüentemente maior uso de equipamentos, pela menor massa por contêiner, como ocorre no CTE e CEINT. Por sua vez, o CLI responde pelo maior tempo de armazenagem dentre as unidades, com menor movimentação de carga e menor uso de equipamentos de transporte;
- Assim, nos pisos do CLI há predomínio e maior influência de ações estáticas. Os pisos das demais unidades sofrem maior influência de ações dinâmicas. As maiores ações dinâmicas são provocadas pelas empilhadeiras e paleteiras; as maiores ações estáticas, pelos contêineres desmontáveis leves e aramados fixos; contudo, no CDD

não há uso de empilhadeiras ou paleteiras; no CTC, pouca utilização de empilhadeiras; nas demais unidades o emprego tanto da empilhadeira como da paleteira é frequente. Estas três situações de uso dos equipamentos devem ser consideradas no dimensionamento dos pisos, a fim de se obter a solução mais econômica;

- Os setores operacionais (estações de abertura, pré-triagem e tratamento) e de carga/descarga das edificações (docas leves e pesadas), bem como circulações entre estes setores e áreas de armazenamento temporário (para transbordo, consolidação e desconsolidação da carga) são os mais propícios ao surgimento de patologias. Os limites com o setor administrativo, de apoio/serviços ou suas divisões internas, quando há paredes apoiadas sobre o piso, também são regiões com maior possibilidade de ocorrência de manifestações patológicas nos pisos de concreto;
- Após a combinação qualitativa dos fatores de uso dos equipamentos operacionais com o fator solicitação, refletindo a natureza das operações do Correios (quanto ao tipo de unidade, fluxo interno, usos dos equipamentos, leiaute e solicitações), verificou-se que há tendência de maior desgaste na superfície e nas juntas dos pisos do CTE e CEINT; e tendência de maior ocorrência de patologias relacionadas à resistência da placa no piso do CLI. Nas demais unidades as patologias tendem a surgir em menor gravidade e menor extensão.

8.2. QUANTO À DETERMINAÇÃO DOS REQUISITOS

Com a determinação dos requisitos para os pisos de concreto das edificações operacionais observou-se que:

- O piso de concreto estruturalmente armado atende satisfatoriamente a todos os tipos de edificações operacionais, pela boa relação entre a configuração da base, da placa e das armaduras frente às solicitações geradas na operação. O piso de concreto reforçado com fibras e o piso de concreto protendido são alternativas interessantes para o CTE, CEINT e CLI, onde há maiores solicitações e movimentação de cargas. O piso de concreto com armadura distribuída é mais recomendado ao CTC, CEE e CDD, diante de solicitações normalmente menores;
- Soluções de piso mais caras são mais resistentes à deterioração, reduzem a quantidade de juntas, a espessura da placa e a quantidade de armadura, portanto,

proporcionam melhor desempenho e baixa manutenção, podendo justificar o maior investimento inicial;

- Em geral, nos pisos das edificações operacionais deve-se buscar como requisitos mínimos: base uniforme, placas de grandes dimensões, quantidade reduzida e leiaute de juntas, resistência à abrasão (concreto C30), acabamento superficial mecânico com aplicação de endurecedores de superfície, regularidade superficial e cuidados com a cura;
- Nas simulações de dimensionamento de pisos de concreto estruturalmente armado, constatou-se que: o aumento da capacidade de suporte do solo (aumento do CBR) diminui a espessura e a seção de armadura inferior das placas; o aumento da espessura da placa diminui sua armadura inferior. Contudo, com pequenos aumentos no CBR ou na espessura a redução prática da armadura pode não ser significativa, devido à padronização das seções das telas soldadas. As maiores espessuras e armaduras inferiores foram obtidas quando há atuação da empilhadeira; valores médios foram obtidos quando há atuação somente da paleteira e valores menores quando ambas não atuam. Quanto maior for o espaçamento das juntas e a espessura do piso, maior será a armadura de retração (superior) necessária;
- As faixas recomendadas (aceitáveis) de espessura dos pisos de modo a atender adequadamente às operações dos Correios são: entre 10 e 15 cm para o CEE e o CDD; entre 12 e 20 cm para o CTE, CTC, CEINT e CLI;
- Visando minimizar o surgimento de patologias, as juntas devem ser mais espaçadas no CTE, CTC, CEINT e CLI, sempre coincidentes com a modulação dos pilares (vãos mínimos);
- As atividades realizadas no CTE, CEINT, CEE e CLI implicam em maior necessidade de nivelamento e planicidade dos pisos, de modo a facilitar as operações, principalmente na presença de estantes porta-paletes (de uso raro nas unidades) ou no empilhamento de contêineres (de uso bem mais frequente).

8.3. QUANTO À AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Sobre a avaliação das patologias em pisos de concreto das edificações operacionais pode-se afirmar que:

- A correta avaliação das patologias em pisos de concreto das unidades operacionais contribui para a definição do tratamento adequado, com o intuito de otimizar recursos e comprometer minimamente o desenvolvimento das atividades postais;
- A realização da inspeção sistematizada em pisos, combinada com a análise de dados de projeto, se tornam elementos essenciais para o entendimento dos mecanismos de surgimento de patologias, da relação causa e efeito, e previsão do tratamento, a partir do sólido domínio dos requisitos que devem ser atendidos para que tais pisos desempenhem satisfatoriamente suas funções frente às operações dos Correios;
- Não sendo obtidas por meio de inspeção visual ou projeto informações confiáveis para caracterização do piso sob análise, deve-se recorrer ao emprego de testes (ensaios de laboratório ou instrumentação) para determinação das propriedades mais relevantes, especialmente em edificações operacionais de maior porte, como CTC, CTE, CEINT e CLI. Além da utilização da medição dos *F-Numbers*, a aplicação de alguns ensaios destinados às estruturas de concreto pode ser estendida aos pisos, considerados viáveis tecnicamente, como esclerometria, ultrassom, extração de testemunhos e prova de carga (estes antes da ocupação da edificação). A medição com nível *laser* merece aperfeiçoamento do método para auxiliar no monitoramento de deflexões e deslocamentos de placas de piso (durante a operação da unidade);
- O conjunto de procedimentos relativos ao conhecimento de requisitos, inspeção, análise de projeto e testes constitui a base para a aceitação consistente do piso de concreto de certa edificação, previamente a sua ocupação com atividades dos Correios, com o objetivo de serem minimizadas as ocorrências de patologias futuras;
- Embora a tendência mostrada na caracterização das unidades operacionais aponte para maior desgaste na superfície e nas juntas dos pisos, durante o levantamento para identificação de patologias recentes em edificações operacionais no âmbito do Estado do Paraná, foram observadas com frequência patologias relativas à resistência da placa, em proporção semelhante às patologias na superfície e nas juntas. Tal fato confirma a necessidade de aprimoramento dos procedimentos de avaliação pré-ocupação das edificações, visando evitar o aceite de pisos com requisitos de desempenho aquém dos exigidos nas operações postais; se deve também às eventuais alterações posteriores de leiaute, nas condições de movimentação de carga e nas características dos equipamentos, gerando incompatibilidade do piso com o uso;

8.4. QUANTO AO TRATAMENTO DAS PATOLOGIAS

Na definição dos procedimentos de tratamentos das patologias mais frequentes em pisos de concreto de edificações operacionais podem ser destacados os aspectos a seguir:

- Os procedimentos de manutenção preventiva nos pisos são mais desejáveis que os de manutenção corretiva, por se anteciparem ao início do processo de deterioração, serem de baixo custo e causarem pouco impacto no desenvolvimento das operações;
- Os produtos disponíveis no mercado para reparo de estruturas de concreto em sua maioria podem ser empregados no tratamento de patologias em pisos de concreto. Normalmente são de base cimentícia, de base cimentícia modificados com polímeros (epóxi ou látex) ou pré-fabricados (argamassas, grautes e adesivos);
- As técnicas de aplicação, por sua vez, diferem das utilizadas nos reparos de estruturas de concreto, mas propriedades como retração compensada, autonivelamento, monolitismo ou flexibilidade (dependendo do caso), também são importantes nos produtos utilizados no tratamento de patologias em pisos;
- Os procedimentos de manutenção de pisos devem ser balizados pelas conclusões obtidas nas etapas anteriores de inspeção, análise de projeto e testes. As soluções variam conforme o tipo, grau de severidade e extensão da patologia, mas de maneira geral envolvem a definição quanto ao uso das seguintes técnicas: reforço de sub-base ou de sub-leito, reconstrução parcial ou total da placa, substituição por placa pré-moldada, resselagem, reconstrução e criação de novas juntas, inserção de barras de transferência, costura com barras de aço, injeção de material em fissuras ou sob a placa, aplicação de endurecedores de superfície ou aplicação de camada *overlay*;
- No levantamento de patologias em pisos de concreto em edificações operacionais no âmbito do Estado do Paraná, observou-se que nas unidades em que as patologias eram em maior quantitativo, seus efeitos poderiam ter sido minimizados com uma manutenção preventiva mais adequada, realizada dentro de um período que não permitisse o agravamento dos danos, ou com uma manutenção corretiva seguindo as técnicas mais recomendadas. Assim, é de suma importância que os procedimentos de manutenção em pisos sejam efetivamente incorporados aos procedimentos gerais de manutenção predial das edificações, inclusive com ampla divulgação das técnicas de reparo às empresas prestadoras de serviços de engenharia contratadas pelos Correios e aos respectivos profissionais com a função de fiscalizar estes contratos.

9. CONCLUSÕES

Procurou-se no presente trabalho expor e discutir informações relevantes para consolidação e organização de conceitos a respeito de pisos de concreto, enfatizando a aplicabilidade conforme as particularidades das operações dos Correios. Ao se estabelecer diretrizes para avaliação e tratamento de patologias em edificações operacionais, produziu-se um material técnico com o intuito de disseminar tal conhecimento aos demais profissionais da Engenharia da empresa, de modo a nortear as decisões quanto à aceitação de pisos de concreto em edificações previamente a sua ocupação, necessidade de intervenção em edificações ocupadas e que apresentam deterioração, ou ações de manutenção preventiva e corretiva, sejam em imóveis próprios ou locados.

A caracterização das unidades operacionais estudadas permitiu o entendimento sobre aspectos que definem a natureza das respectivas operações, relativos ao fluxo de atividades, equipamentos, leiaute e solicitações geradas. Considerados de forma integrada e interdependentes, estes aspectos culminaram na identificação, através de análise qualitativa, das tendências de deterioração nos pisos em cada tipo de unidade, e do provável comprometimento de desempenho ao longo da vida útil.

A determinação dos principais requisitos a serem atendidos pelos pisos de concreto das edificações operacionais dos Correios, voltados para a adequação do tipo de pavimento rígido ao uso, resistência às solicitações, resistência ao desgaste, juntas, nivelamento e planicidade, buscou, com foco na profilaxia, minimizar a ocorrência de futuras patologias, que prejudicam a qualidade das operações ali realizadas, causando queda de produtividade, danos nos equipamentos e desperdício de recursos materiais e humanos.

Os elementos apresentados para formulação de procedimentos sistematizados de inspeção, análise de projeto e testes complementares, contribuem para uma avaliação mais robusta de patologias em pisos de concreto, sob uma nova ótica, embasada em informações agora devidamente organizadas a fim de possibilitar diagnóstico e prognóstico consistentes, com o direcionamento para soluções de terapia que melhor atendam à relação custo-benefício.

A caracterização e identificação de patologias em pisos de concreto de algumas edificações operacionais não revelam o panorama geral do estado de conservação destes pisos, visto que o enfoque não foi o de estabelecer quantitativos, frequência, índices ou graus de extensão das patologias (pois o levantamento não ocorreu em todo o conjunto de unidades), e sim associar, de maneira didática, o tipo de patologia encontrada e seu grau de severidade ao melhor procedimento de tratamento. Por meio desta associação, disponibiliza-

se aos profissionais dos Correios envolvidos com a avaliação ou manutenção de edificações uma espécie de manual ou guia de trabalho com diretrizes importantes para orientar a tomada de decisão em situações semelhantes enfrentadas na respectiva área de atuação.

Considerando que a pesquisa realizada neste trabalho é predominantemente qualitativa, bibliográfica e descritiva não experimental, cabe ressaltar que constituem sugestões para trabalhos futuros: estudos mais aprofundados (experimentais) para determinação dos mecanismos de deterioração dos pisos frente às operações dos Correios; análise da viabilidade técnica e econômica da aplicação dos ensaios mencionados como auxiliares nas inspeções; e quantificação de patologias dentro de todo o conjunto de edificações operacionais existentes no estado do Paraná. Com estes estudos, determinar-se-á de forma mais precisa o estado de conservação dos pisos de concreto e o impacto das intervenções necessárias para retomada do desempenho.

Por fim, salienta-se que embora a bibliografia sobre pisos de concreto seja vasta e as tecnologias estejam bem desenvolvidas, fruto do aperfeiçoamento percebido nos últimos anos dos procedimentos de projeto e dos métodos executivos dos pisos industriais em geral, tornou-se possível com este trabalho preencher uma lacuna quanto ao estudo de requisitos, avaliação e tratamento de patologias em pisos de concreto de edificações inseridas no universo das operações postais, cujas características peculiares merecem a atenção dos profissionais ao desenvolverem atividades correspondentes às suas atribuições dentro da Engenharia dos Correios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCELOR MITTAL. **Belgo Pavimentos 2.0**. Programa para Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Armado. São Paulo: Trelisoft Consultoria e Sistemas Ltda. Disponível em <<http://www.trelisoft.com.br>>. Acesso em 06/09/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6120**: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7584**: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7680**: Concreto - Extração, Preparo, Ensaio e Análise de Testemunhos de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8802**: Concreto Endurecido – Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9607**: Prova de Carga em Estruturas de Concreto Armado e Protendido – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9895**: Solo – Índice de Suporte Califórnia – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1987.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo. Oficina de Textos, 2009.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha; VIECILI, Fábio André. **Pisos Industriais de Concreto: Aspectos Teóricos e Construtivos**. São Paulo: Reggenza, 2007.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Especificação e Medição de *F-Numbers***. Boletim Técnico n.º. 4. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE), São Paulo, 2007.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Projeto de Piso Industrial**. Boletim Técnico n.º. 8. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE), São Paulo, 2008.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **O Problema da Execução de Pisos de Concreto em Áreas de Solo Mole**. Boletim Técnico n.º. 25. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE), São Paulo, 2010.

CHODOUNSKY, Marcel Aranha. **Patologias em Pisos Industriais**. Apresentação de Palestra. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE), São Paulo, 2010.

CORREIOS. **Catálogo de Especificações Técnicas de Equipamentos Operacionais**. Departamento de Automação (DEAUT). Brasília, 2016.

CORREIOS. **Guia de Padronização dos Centros de Cartas e Encomendas**. Departamento de Engenharia (DENGE). Brasília, 2012.

CORREIOS. **Guia de Padronização dos Centros de Tratamento de Encomendas Automatizados**. Departamento de Engenharia (DENGE). Brasília, 2014.

CORREIOS. **Guia de Projetos de Unidades de Distribuição – CDD e CEE**. Departamento de Infraestrutura (DEINF). Brasília, 2008.

CORREIOS. **História Postal**. Disponível em: <<https://www.correios.com.br/sobre-correios/a-empresa/historia>>. Acesso em 04/07/2016.

CORREIOS. **Principais Números**. Disponível em:<<https://www.correios.com.br/sobre-correios/a-empresa/quem-somos/principais-numeros>>. Acesso em 04/07/2016.

CRISTELLI, Rafael. **Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema Construtivo**. 161 fls. Monografia de Especialização em Construção Civil (ênfase em Gestão e Tecnologia na Construção Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

DIRECT INDUSTRY. **Esclerômetro de Concreto – Elcometer**. Catálogo Técnico. Disponível em <<http://www.directindustry.com/pt/prod/elcometer/product-21009-264135.html>>. Acesso em 24/01/2017.

FAGIM, Marco Antônio. **Necessidades da Operação Logística Moderna e Especificações de Piso**. Apresentação de Palestra. 1º Seminário Anual de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE), São Paulo, 2006.

GERDAU. **Aço para Construção Civil**. Catálogo Técnico. Disponível em <<https://www.gerdau.com/pt/productsservices/products/Document%20Gallery/Cat%C3%A1logo%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil.pdf>>. Acesso em 03/01/2017.

HYSTER. **Counterbalanced Electric, Pneumatic Tire J45-70XN**. Catálogo Técnico. Disponível em <<http://www.hyster.com/uploadedFiles/Hyster/PDFs/North-America/Products/J45-70XN-BTG.pdf>>. Acesso em 21/09/2016.

KOSLINSKI, Mateus; MOURA, Joel Cordeiro; WOINAROVICZ, Roberto Pedro; BRANDÃO, Patrícia Ribeiro da Silva. **Manifestações Patológicas em Pisos Industriais**. Artigo Técnico. Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR, Faculdade Educacional Araucária, Curitiba, 2011.

MAZER, Wellington. **Inspeção e Ensaios em Estruturas de Concreto**. Notas de Aula da Disciplina de Ensaios Laboratoriais, Curso de Especialização em Patologia das Construções, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2012.

MOREIRA, Amacin Rodrigues. **Estratégia de Inspeção e Avaliação**. Notas de Aula da Disciplina de Introdução a Patologia das Construções, Curso de Especialização em Patologia das Construções, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2016.

OLIVEIRA, Patrícia Lizi de. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto**. 218 fls. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2000.

PALETRANS. **Transpaletes Elétricos Linha TE 25**. Lâmina Técnica. Disponível em <<http://www.paletrans.com.br/pt-br/Produtos/transpaletes/eletricos/capacidade-de-2500kg/te25>>. Acesso em 21/09/2016.

PALETRANS. **Transpaletes Manuais Linha TM**. Lâmina Técnica. Disponível em <<http://www.paletrans.com.br/pt-br/Produtos/transpaletes/manuais/aco-carbono-para-2200kg/tm2220-rsp-680>>. Acesso em 21/09/2016.

RODRIGUES, Públio Penna Firme; FARIA, Breno Macedo; SILVA, João Batista Rodrigues da. **Pavimentos Industriais de Concreto Armado**. Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), São Paulo, 2015.

RODRIGUES, Públio Penna Firme; GASPARETTO, Wagner Edson; BOTACINI, Silvia Maria. **Manual Gerdau de Pisos Industriais**. São Paulo: Pini, 2006.

RODRIGUES, Públio Penna Firme; PITTA, Márcio Rocha. **Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados**. Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), São Paulo, 1998.

ROTHEN, Dania Mara; SILVA, Jean Rodrigo da. **Estudo de Patologias em Trechos de Pavimento Rígido Utilizado em Canaleta de Ônibus Biarticulado em Curitiba-PR**. 108 fls. Monografia de Especialização em Patologia das Construções, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2006.

SILVA, Fabiano Carapuça Barbosa da. **Sistemas Construtivos de Piso de Concreto Industrial com Altos Índices de Planicidade e de Nivelamento**. 80 fls. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

STILL. **Empilhadeira Contrabalançada à Combustão RC 44-25**. Catálogo Técnico. Disponível em <<http://www.still.com.br/lamina-tecnica-rc44.0.0.html>>. Acesso em 21/09/2016.

APÊNDICE A – PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS

1. MESA DE MÚLTIPLO USO

É uma mesa destinada ao ordenamento de malotes e pacotes, abertura de malas e outras atividades operacionais (figura A.1). É composta de uma estrutura metálica com um tampo basculante (posição horizontal e vertical), duas colunas de sustentação e base dotada de dois rodízios. As dimensões são 90 x 210 x 85 cm (largura x comprimento x altura), e a capacidade de carga máxima de 460 kg.

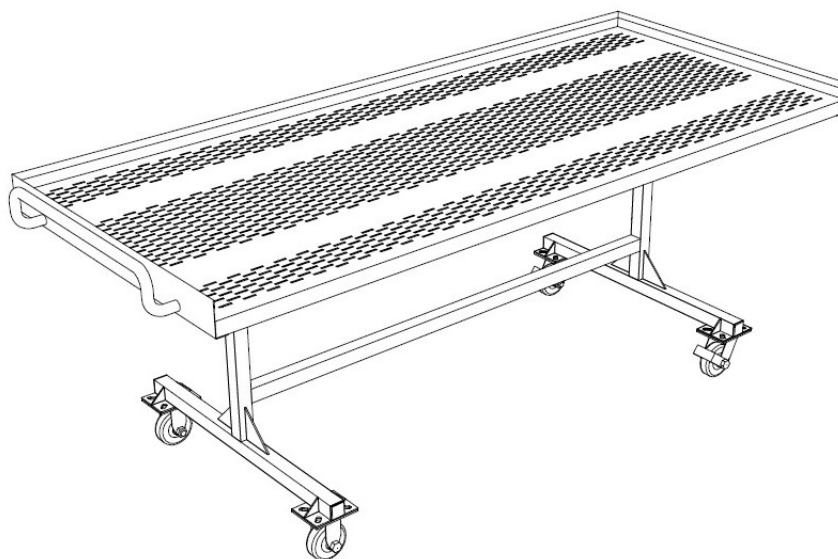


Figura A.1 – Mesa de múltiplo uso

Fonte: Especificação Técnica de Equipamentos Operacionais - Correios (2013)

O tampo, em chapa de aço única com 1,2 mm de espessura, é perfurado, evitando o acúmulo de sujidades, com três abas salientes para impedir a queda de objetos. Possui em um dos lados menores um pega-mão em tubo de aço de seção circular. Para evitar o contato metal com metal na abertura ou fechamento do tampo, existem seis batentes de borracha. A mesa possui sistema de trava do conjunto na posição de trabalho (horizontal). A trava consiste em conjunto em aço, em perfil “U” e ferrolhos formados por barra cilíndrica 3/8” e molas de compressão, que atuam sobre pinos fixados nos ferrolhos.

A estrutura desta mesa é executada em tubos de aço soldados de seção quadrada 40 x 40 mm, formando um quadro para fixação do tampo e da base. A fixação ao tampo ocorre por meio de quatro dobradiças. Há quatro apoios em tubo de aço de seção quadrada 40 x 40 mm e comprimento 220 mm, para suporte do tampo na posição horizontal.

Os rodízios são de diâmetro 5”, com placa, fixados por parafusos, eixo com rolamento e rodas revestidas de borracha termoplástica, sendo dois giratórios no lado oposto

ao pega-mão, com freio pedal, e dois fixos do mesmo lado do pega-mão. Cada rodízio tem capacidade de carga de até 115 kg.

2. MESA DE ROLETES PARA TRIAGEM DE ENCOMENDAS

Esta mesa de roletes destina-se ao tratamento de encomendas e lançamento das listas de objetos entregues pelos carteiros nos Centros de Entrega de Encomendas (CEE). A estrutura metálica desta mesa possui quatro pés com rodízios e superfície composta de roletes espaçados de 15 mm, dotada de suporte sob a mesa para CPU de computador e suportes nas laterais para monitor, teclado, mouse, impressora e leitor de código de barras (figura A.2). As dimensões são 80,5 x 210 x 90,5 cm (largura x comprimento x altura), sendo a capacidade de carga total de 2000 kg.

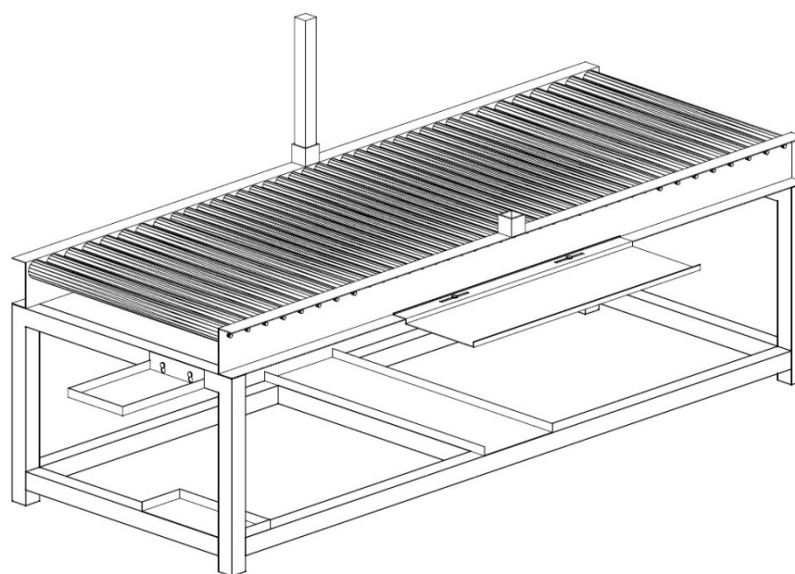


Figura A.2 – Mesa de roletes para tratamento de encomendas
Fonte: Especificação Técnica de Equipamentos Operacionais - Correios (2016)

A superfície da mesa é formada por roletes alinhados e nivelados, dispostos paralelamente, para suportar uma carga de 80 kg/m (os oito roletes de entrada e os oito de saída têm diâmetro de 50 mm; os demais roletes, intermediários, diâmetro de 35 mm). A estrutura é confeccionada em perfis de aço “U”. Quando os pés possuírem rodízios, estes devem ser giratórios com freio pedal de duplo efeito, ter diâmetro de 5”, cubo em ferro fundido com eixo de aço carbono e rolamento de esferas blindado. O revestimento externo do rodízio é em poliuretano moldado. A capacidade de carga de cada rodízio é de 500 kg.

3. CONTÊINER DESMONTÁVEL LEVE

É formado por base e tampa, que em conjunto com uma manga de papelão e com sistema de amarração constitui um unitizador (figura A.3). Tanto a base como a tampa são dotadas de cavidades para encaixe da manga, furos e rasgos para passagem da amarração para fechamento, possuindo ainda encaixes para intertravamento do conjunto quando empilhado. Quando o contêiner estiver desmontado, a base e a tampa permitem o empilhamento entre si para armazenagem.

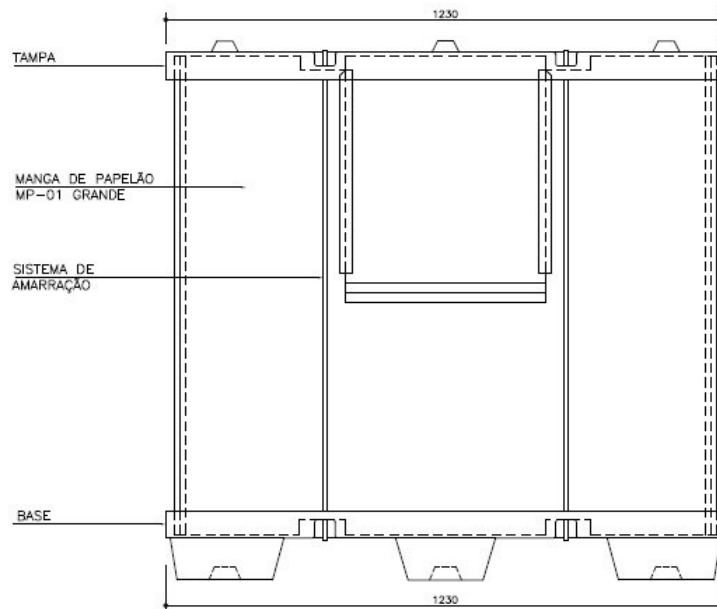


Figura A.3 – Contêiner desmontável leve
Fonte: Especificação Técnica de Equipamentos Operacionais - Correios (2016)

As peças são fabricadas em polietileno de alta densidade – PEAD, dotadas de reforço estrutural. A superfície interna da base permite apoio estável e nivelado de objetos. A base apresenta altura livre de 90 mm em relação ao piso acabado.

As dimensões são 101,5 x 123 cm (largura x comprimento), tanto para base como para a tampa. A capacidade de carga máxima do contêiner montado é de 1080 kg. O empilhamento mais usual é de três contêineres, podendo em casos específicos, chegar a quatro.

4. CONTÊINER ARAMADO FIXO

É um unitizador constituído de estrutura metálica e paredes aramadas, destinado à movimentação, armazenagem, transporte e distribuição de cargas. Possui articulações que permitem dobrá-lo para guardá-lo. Permite empilhamento, tanto aberto como fechado. Possui base para acesso e uso de empilhadeira ou paleteira (figura A.4).

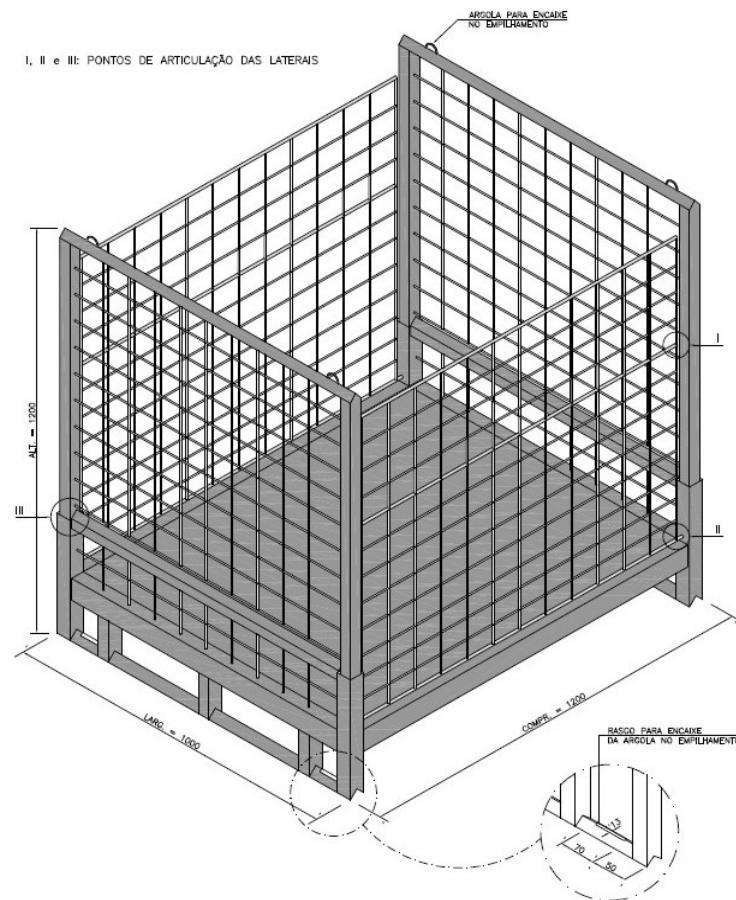


Figura A.4 – Contêiner aramado fixo

Fonte: Especificação Técnica de Equipamentos Operacionais - Correios (2014)

A estrutura é composta por tubos e perfis de aço soldados, com paredes em malha de arames fixados por solda tamanho 100 x 100 mm. A base é formada por chapa lisa de aço espessura 1,9 mm. Os pés são de seção triangular, posicionados nas paredes laterais menores, com dois rasgos em cada pé para encaixe sobre as argolas na parte superior das paredes de outro contêiner.

As dimensões principais são: 100 x 120 x 120 cm (largura x comprimento x altura). A capacidade de carga máxima é de 1250 kg. O empilhamento máximo é de três unidades.

5. CARRINHO PARA TRANSPORTE E ORDENAMENTO

Trata-se de carrinho com plataforma dupla para transporte e ordenamento de encomendas e malotes (figura A.5). É constituído por uma estrutura metálica apoiada sobre quatro rodízios, com duas plataformas confeccionadas em chapa metálica perfurada, sendo a superior ajustável em altura. Possui sistema de engate permitindo a interligação de várias unidades em comboio. Os dois rodízios dianteiros são giratórios, com freio e pedal, enquanto que os traseiros são fixos e sem freio. Possui um pega-mão em cada um dos quadros verticais (dianteiro e traseiro).

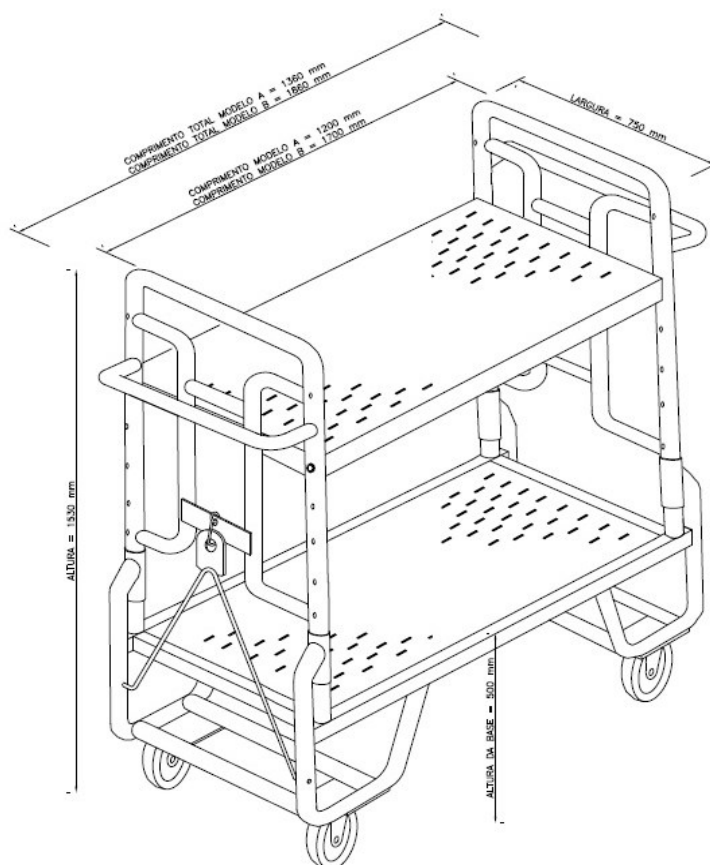


Figura A.5 – Carrinho para transporte e ordenamento

Fonte: Especificação Técnica de Equipamentos Operacionais - Correios (2013)

A estrutura destes carrinhos é formada por uma base (chassi) de tubo em aço de seção retangular e dois quadros verticais (dianteiro e traseiro) em tubo de aço de seção circular. As plataformas são de chapa de aço perfurada de espessura 1,9 mm, reforçadas no sentido longitudinal por longarinas de chapas de aço de espessura 1,2 mm. Os furos de

regulagem de altura da plataforma superior são dispostos nos quadros verticais a cada 100 mm.

O engate do carrinho é feito por um braço articulável no quadro dianteiro (barra metálica cilíndrica) que se prende a um pino situado no quadro traseiro de outro carrinho. Os rodízios têm diâmetro de 6”, revestidos por borracha termoplástica, de capacidade 200 kg cada.

As dimensões do modelo de maior tamanho deste carrinho são 75 x 186 x 153 cm (largura x comprimento x altura). No modelo de menor tamanho o comprimento é de 136 cm. A capacidade máxima de carga é de 800 kg.

6. EMPILHADEIRA

As empilhadeiras têm seu uso constantemente associado aos trabalhos de carga e descarga de caminhões, transportes de objetos (encomendas) e empilhamento, inclusive em vários turnos de trabalho. São de dois tipos: à combustão ou elétricas, cujas características mais importantes no estudo das solicitações sobre os pisos são mostradas na tabela A.1.

Ambas são empilhadeiras contrabalançadas, possuindo contrapeso na parte traseira, garantindo estabilidade do equipamento frente ao carregamento imposto na parte dianteira, evitando o tombamento. As rodas são constituídas de pneus. Os dois tipos de empilhadeiras podem ser observados nas figuras A.6 e A.7.



Figura A.6 – Empilhadeira contrabalançada à combustão
Fonte: www.still.com.br (2016)



Figura A.7 – Empilhadeira contrabalançada elétrica
 Fonte: www.hyster.com (2016)

Tabela A.1 – Principais características das empilhadeiras normalmente utilizadas nas unidades operacionais dos Correios

CARACTERÍSTICA	EMPILHADEIRA À COMBUSTÃO (GLP)	EMPILHADEIRA ELÉTRICA
Capacidade de carga	2.500 kg	2.041 kg
Distância entre eixos	1,65 m	1,606 m
Peso sem carga	3.915 kg	4.932 kg
Peso no eixo dianteiro, com carga máxima	5.797 kg	5.936 kg
Peso no eixo traseiro, com carga máxima	618 kg	1.037 kg
Largura entre rodas dianteiras	0,994 m	1,054 m
Largura entre rodas traseiras	0,971 m	0,992 m

Fonte: adaptado dos respectivos catálogos dos equipamentos
 www.still.com.br e www.hyster.com (2016)

7. PALETEIRA

A paleteira manual é o equipamento básico para a movimentação horizontal de cargas paletizadas. Sua operação pode ser tanto em paletes abertos quanto em paletes dupla face. A estrutura é simples, em aço carbono, com dois garfos de uma ou duas rodas em cada, além de roda direcional (figura A.8.a).

Os transpaletes elétricos são equipamentos de tração e elevação por acionamento elétrico, com o operador em pé, a bordo. Empregado no transporte horizontal de cargas em longas distâncias em grandes armazéns, depósitos e centros de distribuição. A elevação do garfo é feita através do acionamento de comando elétrico. O controle da tração elétrica é feito por meio do acelerador. Estas duas operações são acionadas no timão de comando do

transpalete. Com isso, a elevação e a translação do equipamento não necessitam de esforço do operador (figura A.8.b).

As rodas dos dois tipos de paleteiras são compostas por *nylon* ou poliuretano rígido. As características mais importantes destes equipamentos no estudo das solicitações sobre os pisos são mostradas na tabela A.2.

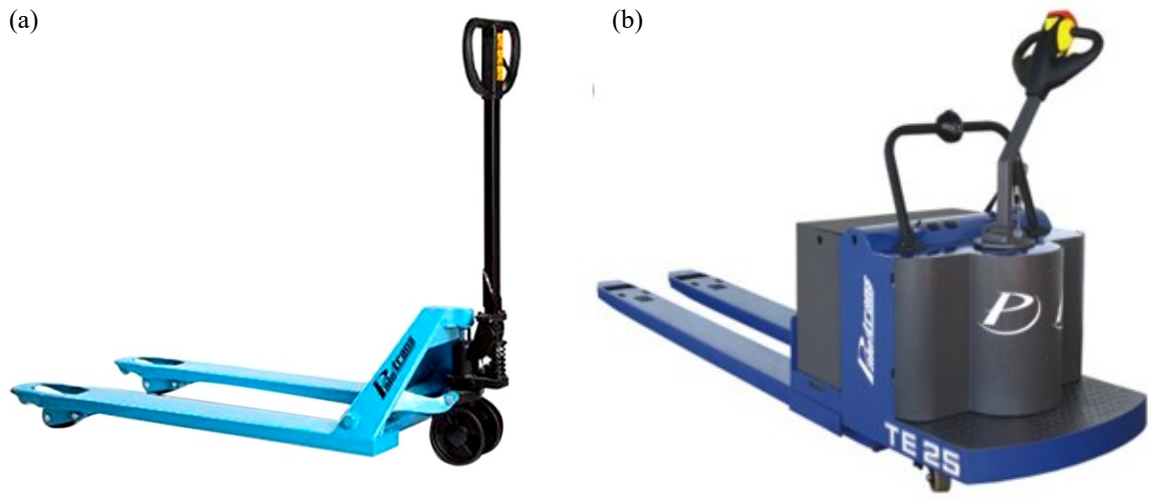


Figura A.8 – Paleteiras: (a) manual; (b) elétrica
Fonte: www.paletrans.com.br (2016)

Tabela A.2 – Principais características das paleteiras normalmente utilizadas nas unidades operacionais dos Correios

CARACTERÍSTICA	PALETEIRA MANUAL	PALETEIRA ELÉTRICA
Capacidade de carga	2.200 kg	2.500 kg
Distância entre eixos	1,245 m	1,735 m
Peso sem carga	67 kg	872 kg
Peso com carga máxima	2.267 kg	3.372 kg
Largura entre rodas dianteiras	-	0,55 m
Largura entre rodas traseiras	0,52 m	0,455 m

Fonte: adaptado dos respectivos catálogos dos equipamentos
www.paletrans.com.br (2016)

APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DE PISOS DE CONCRETO

1. CONCEITOS TEÓRICOS

Os aspectos sobre o dimensionamento descritos a seguir buscam fornecer o entendimento básico sobre a evolução das teorias e dos métodos disponíveis para cálculo dos pisos industriais de concreto, sem entrar no mérito do detalhamento das equações.

1.1. HISTÓRICO

Rodrigues, Faria e Silva (2015) observam que até a década de 90 costumava-se dimensionar os pavimentos industriais somente pelos critérios da PCA, método enfatizado pela ABCP. A partir de 1995, estabelecem-se novas tendências de dimensionamento, com o ressurgimento dos trabalhos europeus de Lösberg e Meyerhof em contraponto aos conceitos americanos de Westergaard, Pickett e Ray e Packard (conforme quadro B.1). A escola europeia, cujas diretrizes são seguidas no Brasil, utiliza-se de pavimentos reforçados e métodos que consideram o comportamento plástico dos materiais na ruptura, empregando telas soldadas, fibras e protensão (placas esbeltas e de grandes dimensões), enquanto que a americana trabalha basicamente com concreto simples (placas de elevada rigidez e pequenas dimensões).

AUTOR	CARACTERÍSTICAS DO MODELO DE CÁLCULO
WESTERGAARD (1927)	Criação das bases teóricas do dimensionamento de placas apoiadas em meio elástico
	Obtém-se a tensão gerada em uma placa com a aplicação de uma carga P em uma área de contato circular de raio a, posicionada no centro, na borda e no canto (bordas livres e sem barras de transferência)
	Previsão de recalques para as mesmas condições de carregamento: seis equações considerando o coeficiente de Poisson igual a 0,15 para o concreto
	Ausência de análise imediata de tensões na fundação e da influência de uma carga nas tensões em pontos não imediatamente abaixo do ponto de aplicação na carga
PICKETT E RAY (1950)	Utiliza-se das cartas de influência, que são sistemas gráficos que permitem a determinação do momento fletor gerado por um carregamento com área de contato definida, no centro ou nas bordas de uma placa
MEYERHOF E LÖSBERG (1962)	Apresentam o conceito de espraiamento de tensões e de achatamento das curvas de momento fletor, base da moderna teoria de dimensionamento de placas armadas apoiadas em meio elástico
	Estudos experimentais com cargas concentradas: Lösberg considera carregamentos duplos (veículos de rodagem dupla) e Meyerhof cargas isoladas
	A utilização das fórmulas de Meyerhof ou dos ábacos de Lösberg é feita a partir do conceito de cargas contribuintes em dado ponto considerado, permitindo a análise dos diversos carregamentos (estanteria, lineares, rodagem, dentre outros)

Quadro B.1 – Principais características dos primeiros modelos para dimensionamento de pavimentos de concreto
Fonte: adaptado de Rodrigues, Faria e Silva (2015)

1.2. MODELO DE MEYERHOF

- Momento fletor central (M_{cn}):

$$M_{cn} = \frac{P}{6 \times (1 + 2 \times a/L)}$$

- Momento fletor de borda livre (M_{bl}):

$$M_{bl} = \frac{P}{3,5 \times (1 + 3 \times a/L)}$$

- Momento fletor de canto (M_{ct}):

$$M_{ct} = \frac{P}{2 \times (1 + 4 \times a/L)}$$

Onde:

a = raio da área carregada (m)

L = raio de rigidez da placa (m)

2. DIMENSIONAMENTO DA PLACA

Descreve-se a seguir uma das rotinas possíveis para aplicação no dimensionamento dos pisos de concreto estruturalmente armados, considerando que há mecanismos de transferência de esforços entre as placas (juntas com barras de transferência).

2.1. RELAÇÕES ENTRE CBR E COEFICIENTE DE RECALQUE (k)

De acordo com o quadro B.2, para cada índice de suporte obtido no ensaio CBR, pode-se aferir a caracterização básica do solo em sua camada superficial:

CBR (%)	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO
3	Siltes orgânicos e misturas silto-argila com matéria orgânica de baixa plasticidade.
4	Siltes e argilas de alta compressibilidade, compactados; Siltes e argilas de baixa compressibilidade; Siltes e argilas arenosos; Siltes e argilas pedregulhosos e areias de graduação pobre.
5	Argilas de plasticidade baixa e média, argilas arenosas, argilas siltosas e argilas magras.
6 ou 7	Siltes inorgânicos e areias finas, pó de rocha, areias muito finas, argilas siltosas de baixa plasticidade.
8 ou 9	Areias com finos, areias muito siltosas, areias argilosas; Misturas areia-argila mal graduadas.
10	Solos granulares, areias bem graduadas e mistura de areia-pedregulho relativamente livres de plásticos finos.
11 a 13	Areias com finos, areias muito siltosas, areias argilosas; Mistura areia-argila mal graduadas.
14 a 17	Areias mal graduadas, pouca ou nenhuma proporção de finos.
18	Misturas areia-argila bem graduadas com excelente ligante.
19	Areias pedregulho bem graduadas, pouca ou nenhuma proporção de finos
20	Pedregulhos com finos ou muito siltosos ou argilosos, misturas mal graduadas pedregulho-areia-argila.

Quadro B.2 – Caracterização dos solos com base nos índices fornecidos pelo ensaio CBR
Fonte: Programa Belgo Pavimentos 2.0 - Arcelor Mittal (2004)

Na figura B.1 são mostradas as correlações entre o CBR e valor do coeficiente de recalque k , no topo do sub-leito e no topo de bases compactadas sobre o sub-leito:

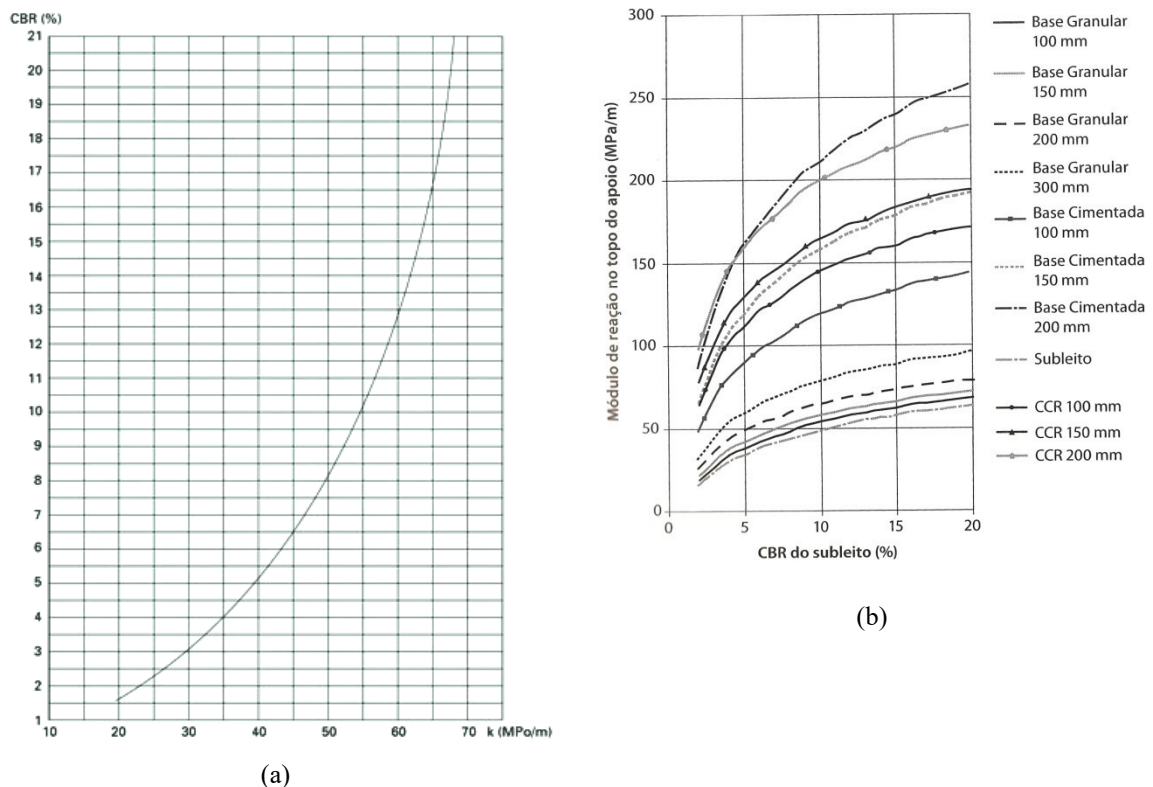


Figura B.1 – Gráfico da relação entre os valores do CBR e k : (a) no topo do sub-leito; (b) no topo de bases compactadas sobre o sub-leito

Fonte: adaptado de Balbo (2009) e Rodrigues, Faria e Silva (2015)

Na tabela B.1 podem ser verificadas as correlações entre o CBR e valor de k expressas em equações que são função do material no topo do sistema de apoio e da espessura da base:

Tabela B.1 – Correlações entre os valores do CBR e k para alguns materiais de base para pavimentos de concreto

MATERIAL NO TOPO DO SISTEMA DE APOIO	ESPESSURA DA BASE (mm)	CORRELAÇÃO ENTRE k E CBR DA BASE
Base granular	100	$k = 21,65. \ln CBR + 3,61$
	150	$k = 21,79. \ln CBR + 7,35$
	200	$k = 22,47. \ln CBR + 12,57$
	300	$k = 26,97. \ln CBR + 15,86$
Base cimentada	100	$k = 40,35. \ln CBR + 24,61$
	150	$k = 54,46. \ln CBR + 31,45$
	200	$k = 72,79. \ln CBR + 42,54$
CCR	100	$k = 45,84. \ln CBR + 36,81$
	150	$k = 50,13. \ln CBR + 46,67$
	200	$k = 57,78. \ln CBR + 63,57$
Solo de fundação	-	$k = 20,67. \ln CBR + 1,26$

Fonte: adaptado de Balbo (2009)

2.2. COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

Os coeficientes de ponderação recomendados pelas normas relativas aos pavimentos de concreto constam na tabela B.2. Salienta-se que não existe no Brasil referência normativa específica para dimensionamento de pisos industriais de concreto.

Tabela B.2 – Coeficientes de ponderação no dimensionamento de pisos industriais de concreto, com base na TR34 da *Concrete Society* (2003) e NBR 6118/2014 da ABNT

TIPO	MATERIAL OU AÇÃO	COEFICIENTE
MINORAÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS	Resistência à compressão do concreto	1,4
	Resistência a tração na flexão do concreto (cargas permanentes)	1,5
	Resistência do aço	1,15
MAJORAÇÃO DAS AÇÕES	Estado limite último (ELU)	
	Ações de longa duração (exemplo: apoios de estantes)	1,2
	Ações permanentes (exemplo: apoios de mezaninos)	1,5
	Ações variáveis (exemplo: empilhadeiras)	1,5
	Ações sujeitas a vibrações (exemplo: empilhadeiras)	1,6
	Estado limite de serviço (ELS)	
	Qualquer carregamento	1,0

Fonte: adaptado de Rodrigues, Faria e Silva (2015)

2.3. RAIOS DE RIGIDEZ

$$L = \left(\frac{E \times h^3}{12 \times (1 - \nu^2) \times k} \right)^{0,25}$$

Onde:

L = raio de rigidez (m)

E = módulo de elasticidade do concreto (Pa)

h = espessura da placa de concreto (m)

ν = coeficiente de Poisson do concreto

k = coeficiente de recalque (Pa/m)

Na fórmula do raio de rigidez está embutido o momento de inércia da placa de concreto, sendo h a espessura da placa e b a largura, considerando-se uma faixa unitária.

$$I = \frac{b \times h^3}{12}$$

2.4. CARGAS CONTRIBUINTES

Na figura B.2 é mostrado um esquema para entendimento dos efeitos das cargas contribuintes, a partir de um raio de influência:

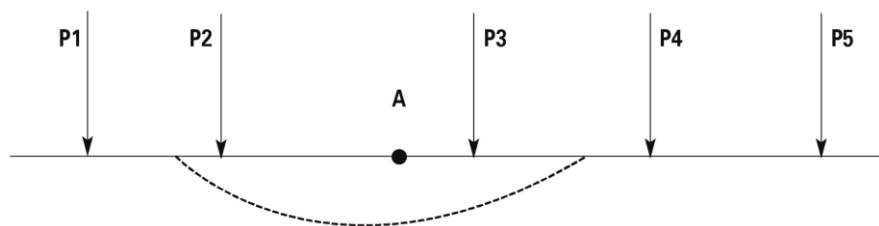


Figura B.2 – Raio de influência dentro do qual qualquer carregamento irá produzir um incremento de carga no ponto A

Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

O raio de influência R_C depende do raio de rigidez, sendo:

$$R_C = N \times L$$

N pode variar de 1 a 2, a critério do projetista. Assume-se distribuição triangular (figura B.3), com carga contribuinte máxima no ponto A e igual a zero em R_C .

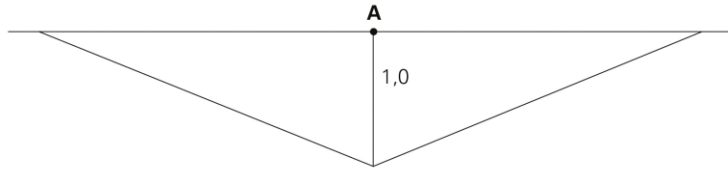


Figura B.3 – Esquema de distribuição triangular para obtenção das cargas contribuintes
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

As cargas contribuintes geradas por P_2 e P_3 no ponto A são calculadas por semelhança de triângulos:

$$\frac{y_2}{1} = \frac{(n \times L - x_2)}{n \times L} \rightarrow C_2 = P_2 \times \left(\frac{n \times L - x_2}{n \times L} \right)$$

$$\frac{y_3}{1} = \frac{(n \times L - x_3)}{n \times L} \rightarrow C_3 = P_3 \times \left(\frac{n \times L - x_3}{n \times L} \right)$$

Onde:

x_2 = distância entre P_2 e R_C ;

x_3 = distância entre P_3 e R_C ;

y_2 = altura do triângulo na posição de P_2 ;

y_3 = altura do triângulo na posição de P_3 ;

C_2 = carga contribuinte de P_2 no ponto A;

C_3 = carga contribuinte de P_3 no ponto A.

A soma das cargas C_2 e C_3 gera uma carga equivalente que substitui na seção A as cargas P_2 e P_3 , produzindo o mesmo esforço.

2.5. MOMENTO FLETOR DECORRENTE DE CARGAS MÓVEIS

Para obtenção do momento fletor resultante das cargas de empilhadeiras ou paleteiras, podem ser aplicadas as fórmulas de Meyerhof, já apresentadas no item 1, subitem

1.2. As duas rodas do eixo carregado correspondem às cargas P_1 e P_2 , gerando as cargas contribuintes C_1 e C_2 no ponto A da seção crítica.

2.6. MOMENTO FLETOR DECORRENTE DE CARGAS ESTÁTICAS DISTRIBUÍDAS

As cargas representadas pelos contêineres desmontáveis leves geram momento negativo, segundo esquema de disposição da figura B.4.

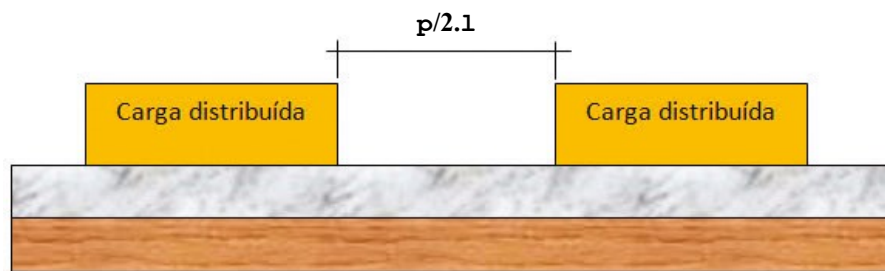


Figura B.4 - Carregamento para o máximo esforço gerado por uma carga distribuída
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

Momento máximo negativo M_n devido a uma carga distribuída w é igual a:

$$M_n = \frac{0,168 \times w}{\lambda^2}$$

O módulo de deformação λ é dado em função do coeficiente de recalque k , da espessura da placa h e do módulo de elasticidade do concreto E :

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{3 \times k}{E \times h^3}}$$

O máximo momento negativo, na face superior da placa, ocorre com as cargas distribuídas afastadas de uma distância igual a $p/2.1$, denominado corredor crítico.

2.7. MOMENTO FLETOR DECORRENTE DE CARGAS ESTÁTICAS PONTUAIS

As cargas geradas pelos montantes de prateleiras ou apoios dos contêineres aramados fixos se influenciam entre si pela proximidade, situação em que é válida a aplicação do princípio das cargas contribuintes. Para tal, são necessários os seguintes dados (figura B.5):

- Espaçamento entre montantes na direção x em planta (x);
- Espaçamento entre montantes na direção y em planta (y);
- Distância entre duas prateleiras adjacentes (z);
- Área de contato do apoio dos montantes com o piso (a);
- Carga do montante (P);
- Coeficiente de recalque do sub-leito ou sub-base (k).

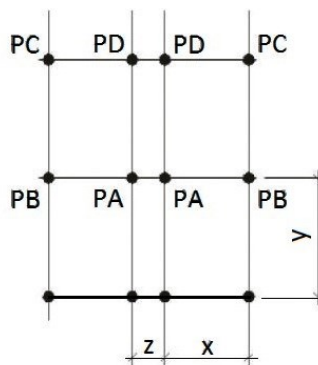


Figura B.5 – Esquema de carregamento para prateleiras
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

Calculam-se as cargas contribuintes em cada ponto de apoio, identificando-se em qual ponto está a seção crítica, de maior carregamento. Deve-se inclusive considerar eventual carga de empilhadeira ou paleteira nos corredores de circulação entre as prateleiras.

Sendo obtida a carga equivalente na seção crítica, podem ser aplicadas as fórmulas de Meyerhof para determinação dos momentos fletores resultantes.

2.8. MOMENTO FLETOR NAS JUNTAS

O momento fletor nas juntas transversais (M_{jt}) e longitudinais (M_{jl}) é dado em função do momento de borda livre (M_b) e da eficiência da junta (e_j).

$$M_{jt} = 0,7 \times M_b \times \left(1 - \frac{\varepsilon_j}{350}\right)$$

$$M_{jl} = M_b \times \left(1 - \frac{\varepsilon_j}{200}\right)$$

Quando há o emprego de barras de transferência com diâmetro, comprimento, espaçamento e alinhamento corretos, admite-se eficiência das juntas de 100%. Na ausência de dados específicos, recomenda-se adotar eficiência das juntas entre 45% e 65%.

Ao se aplicar nas fórmulas acima a eficiência das juntas de 100%, obtém-se o momento fletor nas juntas (M_j):

$$M_j = M_{jt} = M_{jl} = 0,5 \times M_{bl}$$

2.9. MOMENTO RESISTENTE, NEGATIVO E POSITIVO NA PLACA DE CONCRETO

O momento positivo inicial (M_p') é o maior valor entre o momento fletor central (M_{cn}) e o momento nas juntas (M_j) da placa; o momento negativo inicial (M_n') é igual ao momento no canto da placa, resultantes da aplicação da carga contribuinte equivalente na seção crítica, multiplicado pelo coeficiente de majoração correspondente ao tipo de ação atuante, dado na tabela B.2. O momento resistente M_r da placa de concreto então é igualado à soma dos momentos negativo e positivo iniciais.

O momento negativo final (M_n) pode ser dimensionado elasticamente, admitindo-se a não fissuração do concreto, assim como considerado nos pisos de concreto simples, em função da tensão admissível σ_{adm} e da espessura da placa h (figura B.6).

A tensão admissível do concreto é obtida pela divisão entre a sua resistência à tração na flexão (dada em função da resistência característica à compressão) e um coeficiente de segurança de valor recomendado igual a 2.

$$f_{ctM,k} = 0,429 \times \sqrt[3]{(f_{ck})^2}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{ctM,k}}{2}$$

Obtido M_n , pode-se calcular o momento positivo final (M_p), pela diferença entre M_r e M_n . A fim de se evitar plastificação excessiva do momento positivo, que gera taxas de armaduras baixas e chances maiores de fissuração do concreto limita-se no mínimo:

$$M_p = 0,7 \times M_r$$

Assim, o momento negativo será no máximo:

$$M_n = 0,3 \times M_r$$

Respeitado também o momento negativo admissível limite.

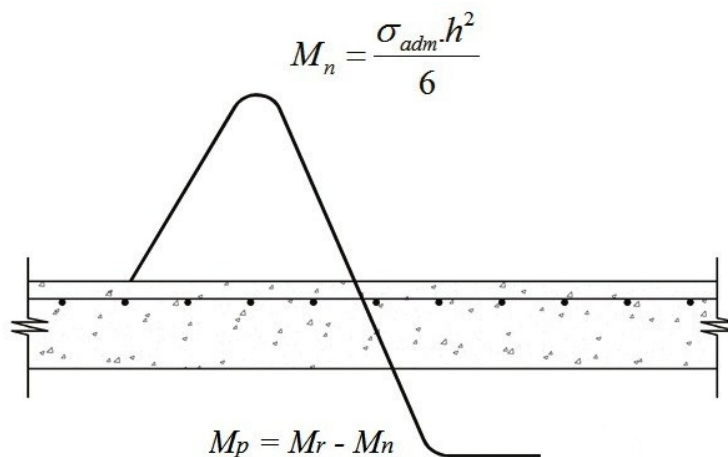


Figura B.6 – Momento admissível da placa armada apoiada em meio elástico
Fonte: Rodrigues, Faria e Silva (2015)

2.10. ARMADURAS

No dimensionamento de pavimentos de concreto estruturalmente armado, o momento negativo é função somente da resistência do concreto, e o positivo, depende também da tela soldada, posicionada na face inferior da placa. O braço de alavanca é dado por $(h - c)$, sendo h a espessura arbitrada da placa e c o cobrimento da armadura, para o qual geralmente adota-se 3 cm.

A armadura necessária para resistir a um determinado momento fletor pode ser determinada através dos coeficientes adimensionais k_6 e k_3 .

$$k_6 = \frac{b \times d^2}{M_k}$$

$$A_s = k_3 \times \frac{M_k}{d}$$

Onde:

k_6 e k_3 = coeficientes adimensionais, já embutidos os coeficientes de minoração de resistência dos materiais, de $\gamma_c = 1,4$ para o concreto e de $\gamma_s = 1,15$ para o aço (tabela B.3);

b = largura útil da placa, tomada como igual a 100 cm;

$d = h - 3$ (cm), se cobrimento $c = 3$ cm;

M_k = momento fletor atuante (tf.cm);

M_d = momento fletor atuante de cálculo, igual a $1,4 \times M_k$ (tf.cm).

Tabela B.3 – Valores de k_3 e k_6 para concreto C30 e aço CA-60

CONCRETO C30	AÇO CA-60	CONCRETO C30	AÇO CA-60
k_6	k_3	k_6	k_3
15,531	0,269	47,43	0,296
3,925	0,270	45,01	0,298
1,726	0,271	42,85	0,299
1,005	0,272	40,95	0,301
651,4	0,273	39,62	0,302
458,6	0,274	38,38	0,304
341,9	0,275	37,23	0,305
265,8	0,276	36,16	0,307
213,5	0,277	35,16	0,308
176,0	0,278	34,23	0,309
148,2	0,279	35,35	0,311
127,0	0,280	32,53	0,312
110,6	0,282	31,75	0,314
97,54	0,283	31,02	0,316
87,08	0,284	30,33	0,317
78,58	0,285	29,68	0,319
71,62	0,287	29,06	0,320
65,85	0,288	28,47	0,322
60,99	0,290	27,92	0,324
56,85	0,291	27,39	0,325
53,28	0,293	26,89	0,327
50,17	0,294		

Fonte: adaptado de Rodrigues, Faria e Silva (2015)

A armadura de retração ou armadura distribuída pode ser calculada a partir da equação apresentada por Oliveira (2000), baseada na *drag equation*. As taxas variam de 0,05% a 1%, sendo praticamente nula a probabilidade de ocorrência de fissuras com taxa de 1%.

$$A_s = \frac{0,7 \times f \times L_c \times h \times \gamma_c}{f_y}$$

Onde:

f = coeficiente de atrito entre a placa e a superfície da base de apoio, geralmente assume valor 1,0 para a lona de polietileno e 1,5 para sub-bases granulares e cimentadas;

L_c = comprimento da placa (m);

h = espessura da placa (m);

γ_c = peso específico do concreto (kN/m³);

f_y = resistência característica ou tensão de escoamento do aço (kN/cm²);

A_s = área de armadura na seção transversal (cm²/m).

**APÊNDICE C – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS TELAS
SOLDADAS**

1. TELAS SOLDADAS DESIGNAÇÃO “Q”, “T”, “L”, “R” e “M”

Tabela C.1 – Especificações da tela soldada designação “Q”

AÇO CA-60 DESIG.	MALHA (cm)		DIÂM. (mm)		SEÇÕES (cm ² /m)		APR.	DIMENSÃO (m)		PESO	
	LG	TR	LG	TR	LG	TR		LARG.	COMPR.	kg/m ²	kg/pç
Q 61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	Rolo	2,45	120,00	0,97	285,2
Q 75	15	15	3,8	3,8	0,75	0,75	Rolo	2,45	120,00	1,21	355,7
Q 92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	Rolo	2,45	60,00	1,48	217,6
Q 92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	Painel	2,45	6,00	1,48	21,8
Q 113	10	10	3,8	3,8	1,13	1,13	Rolo	2,45	60,00	1,80	264,6
Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	Rolo	2,45	60,00	2,20	323,4
Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	Painel	2,45	6,00	2,20	32,3
Q 159	10	10	4,5	4,5	1,59	1,59	Painel	2,45	6,00	2,52	37,0
Q 196	10	10	5,0	5,0	1,96	1,96	Painel	2,45	6,00	3,11	45,7
Q 246	10	10	5,6	5,6	2,46	2,46	Painel	2,45	6,00	3,91	57,5
Q 283	10	10	6,0	6,0	2,83	2,83	Painel	2,45	6,00	4,48	65,9
Q 335	15	15	8,0	8,0	3,35	3,35	Painel	2,45	6,00	5,37	78,9
Q 396	10	10	7,1	7,1	3,96	3,96	Painel	2,45	6,00	6,28	92,3
Q 503	10	10	8,0	8,0	5,03	5,03	Painel	2,45	6,00	7,97	117,2
Q 636	10	10	9,0	9,0	6,36	6,36	Painel	2,45	6,00	10,09	148,3
Q 785	10	10	10,0	10,0	7,85	7,85	Painel	2,45	6,00	12,46	183,2

Fonte: Catálogo Técnico da Gerdau (2017)

Nota:

(1) LG = longitudinal; TR = transversal; APR = forma de apresentação do produto

Tabela C.2 – Especificações da tela soldada designação “T”

AÇO CA-60 DESIG.	MALHA (cm)		DIÂM. (mm)		SEÇÕES (cm ² /m)		APR.	DIMENSÃO (m)		PESO	
	LG	TR	LG	TR	LG	TR		LARG.	COMPR.	kg/m ²	kg/pç
T 92	30	15	4,2	4,2	0,46	0,92	Rolo	2,45	120,00	1,12	329,3
T 113	30	10	3,8	3,8	0,38	1,13	Rolo	2,45	60,00	1,22	179,3
T 138	30	10	4,2	4,2	0,46	1,38	Rolo	2,45	60,00	1,49	219,0
T 196	30	10	5,0	5,0	0,65	1,96	Painel	2,45	6,00	2,11	31,0
T 246	30	10	5,6	5,6	0,82	2,46	Painel	2,45	6,00	2,64	38,8
T 283	30	10	6,0	6,0	0,94	2,83	Painel	2,45	6,00	3,03	44,5
T 335	30	15	6,0	8,0	0,94	3,35	Painel	2,45	6,00	3,45	50,7
T 503	30	10	6,0	8,0	0,94	5,03	Painel	2,45	6,00	4,76	70,0

Fonte: Catálogo Técnico da Gerdau (2017)

Nota:

(1) LG = longitudinal; TR = transversal; APR = forma de apresentação do produto

Tabela C.3 – Especificações da tela soldada designação “L”

AÇO CA-60	MALHA (cm)		DIÂM. (mm)		SEÇÕES (cm ² /m)		APR.	DIMENSÃO (m)		PESO	
	DESIG.	LG	TR	LG	TR	LG		TR	LARG.	COMPR.	kg/m ²
L 113	10	30	3,8	3,8	1,13	0,38	Rolo	2,45	60,00	1,21	177,9
L 138	10	30	4,2	4,2	1,38	0,46	Rolo	2,45	60,00	1,47	216,1
L 159	10	30	4,5	4,5	1,59	0,53	Painel	2,45	6,00	1,69	24,8
L 196	10	30	5,0	5,0	1,96	0,65	Painel	2,45	6,00	2,09	30,7
L 246	10	30	5,6	5,6	2,46	0,82	Painel	2,45	6,00	2,62	38,5
L 283	10	30	6,0	6,0	2,83	0,94	Painel	2,45	6,00	3,00	44,1
L 335	15	30	8,0	6,0	3,35	0,94	Painel	2,45	6,00	3,48	51,2
L 396	10	30	7,1	6,0	3,96	0,94	Painel	2,45	6,00	3,91	57,5
L 503	10	30	8,0	6,0	5,03	0,94	Painel	2,45	6,00	4,77	70,1
L 636	10	30	9,0	6,0	6,36	0,94	Painel	2,45	6,00	5,84	85,8

Fonte: Catálogo Técnico da Gerdau (2017)

Nota:

(1) LG = longitudinal; TR = transversal; APR = forma de apresentação do produto

Tabela C.4 – Especificações da tela soldada designação “R”

AÇO CA-60	MALHA (cm)		DIÂM. (mm)		SEÇÕES (cm ² /m)		APR.	DIMENSÃO (m)		PESO	
	DESIG.	LG	TR	LG	TR	LG		TR	LARG.	COMPR.	kg/m ²
R 138	10	15	4,2	4,2	1,38	0,92	Painel	2,45	6,00	1,83	26,9
R 159	10	15	4,5	4,5	1,59	1,06	Painel	2,45	6,00	2,11	31,0
R 196	10	15	5,0	5,0	1,96	1,30	Painel	2,45	6,00	2,60	38,2
R 246	10	15	5,6	5,6	2,46	1,64	Painel	2,45	6,00	3,26	47,9
R 283	10	15	6,0	6,0	2,83	1,88	Painel	2,45	6,00	3,74	55,0

Fonte: Catálogo Técnico da Gerdau (2017)

Nota:

(1) LG = longitudinal; TR = transversal; APR = forma de apresentação do produto

Tabela C.5 – Especificações da tela soldada designação “M”

AÇO CA-60	MALHA (cm)		DIÂM. (mm)		SEÇÕES (cm ² /m)		APR.	DIMENSÃO (m)		PESO	
	DESIG.	LG	TR	LG	TR	LG		TR	LARG.	COMPR.	kg/m ²
M 138	10	20	4,2	4,2	1,38	0,69	Painel	2,45	6,00	1,65	24,3
M 159	10	20	4,5	4,5	1,59	0,79	Painel	2,45	6,00	1,90	27,9
M 196	10	20	5,0	5,0	1,96	0,98	Painel	2,45	6,00	2,34	34,4
M 246	10	20	5,6	5,6	2,46	1,23	Painel	2,45	6,00	2,94	43,2
M 283	10	20	6,0	6,0	2,83	1,41	Painel	2,45	6,00	3,37	49,5

Fonte: Catálogo Técnico da Gerdau (2017)

Nota:

(1) LG = longitudinal; TR = transversal; APR = forma de apresentação do produto

**APÊNDICE D – SIMULAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO DE PISOS
DE CONCRETO**

SITUAÇÃO 1 – PISO COM AÇÃO DA EMPILHADEIRA

Tabela D.1– Armaduras obtidas para pisos estruturalmente armados através das variações de CBR da base, espessura da placa e espaçamento das juntas – com a ação da empilhadeira – casos do CTE, CEINT, CLI e CEE

h (cm)	CBR (%)	k (MPa/m)	L (m)	Rc (m)	C1 (kN)	C2 (kN)	Pctb (kN)	McN (kN.m)	Mbl (kN.m)	Mct (kN.m)	Mr (kN.m)	Mn (kN.m)	Mp (kN.m)	k6	k3	As-i (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r6 (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r12 (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r25 (cm ² /m)	Tela "Q"
10	5	38,45	0,513	1,03	15,03	15,03	30,10	3,88	5,97	9,49	12,93	3,45	9,48	72,37	0,287	2,78	283	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	10	53,46	0,472	0,94	13,67	13,67	27,34	3,46	5,29	8,36	11,46	3,44	8,02	85,53	0,285	2,33	246	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	15	62,24	0,455	0,91	13,00	13,00	26,00	3,26	4,97	7,83	10,76	3,23	7,53	91,04	0,284	2,18	246	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	20	68,47	0,444	0,89	12,57	12,57	25,14	3,13	4,77	7,50	10,32	3,10	7,23	94,92	0,284	2,09	246	0,35	61	0,70	75	1,46	159
12	5	38,45	0,588	1,18	17,06	17,06	34,12	4,53	7,05	11,30	15,27	4,58	10,69	106,07	0,283	2,40	246	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	10	53,46	0,542	1,08	15,87	15,87	31,74	4,14	6,41	10,22	13,88	4,16	9,71	116,74	0,282	2,17	246	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	15	62,24	0,521	1,04	15,29	15,29	30,58	3,96	6,10	9,71	13,22	3,97	9,25	122,57	0,282	2,07	246	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	20	68,47	0,509	1,02	14,91	14,91	29,83	3,84	5,91	9,38	12,80	3,84	8,96	126,58	0,282	2,01	246	0,42	61	0,84	92	1,75	196
15	5	38,45	0,695	1,39	19,20	19,20	38,39	5,26	8,29	13,41	17,95	5,39	12,57	160,42	0,279	2,09	246	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	10	53,46	0,640	1,28	18,19	18,19	36,38	4,91	7,69	12,39	16,66	5,00	11,66	172,87	0,279	1,94	196	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	15	62,24	0,616	1,23	17,70	17,70	35,39	4,74	7,41	11,90	16,05	4,81	11,23	179,49	0,278	1,86	196	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	20	68,47	0,602	1,20	17,38	17,38	34,76	4,64	7,23	11,60	15,65	4,70	10,96	183,97	0,278	1,81	196	0,53	61	1,05	113	2,19	246
18	5	38,45	0,797	1,59	20,69	20,69	41,39	5,81	9,22	15,04	19,99	6,00	13,99	225,17	0,277	1,85	196	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	10	53,46	0,734	1,47	19,82	19,82	39,63	5,48	8,67	14,07	18,78	5,63	13,14	239,64	0,277	1,73	196	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	15	62,24	0,707	1,41	19,39	19,39	38,77	5,33	8,40	13,61	18,20	5,46	12,74	247,21	0,277	1,68	196	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	20	68,47	0,690	1,38	19,11	19,11	38,21	5,23	8,23	13,32	17,84	5,35	12,49	252,28	0,277	1,65	196	0,63	75	1,26	138	2,63	283
20	5	38,45	0,863	1,73	21,47	21,47	42,94	6,10	9,73	15,93	21,09	6,33	14,77	274,02	0,276	1,71	196	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	10	53,46	0,794	1,59	20,66	20,66	41,32	5,79	9,20	15,00	19,94	5,98	13,96	289,92	0,276	1,62	196	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	15	62,24	0,765	1,53	20,26	20,26	40,52	5,65	8,95	14,55	19,39	5,82	13,57	298,16	0,276	1,57	159	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	20	68,47	0,747	1,49	20,00	20,00	40,01	5,55	8,78	14,27	19,03	5,71	13,32	303,67	0,276	1,55	159	0,70	75	1,40	159	2,92	335
22	5	38,45	0,927	1,85	22,12	22,12	44,24	6,35	10,17	16,71	22,05	6,62	15,44	327,39	0,276	1,60	196	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	10	53,46	0,853	1,71	21,37	21,37	42,73	6,06	9,66	15,81	20,94	6,28	14,66	344,74	0,275	1,52	159	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	15	62,24	0,822	1,64	21,00	21,00	41,99	5,92	9,42	15,38	20,41	6,12	14,29	353,70	0,275	1,48	159	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	20	68,47	0,802	1,60	20,76	20,76	41,51	5,83	9,26	15,11	20,07	6,02	14,05	359,66	0,275	1,45	159	0,77	92	1,54	159	3,21	335
25	5	38,45	1,020	2,04	22,92	22,92	45,85	6,66	10,73	17,71	23,28	6,98	16,30	415,83	0,275	1,45	159	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	10	53,46	0,939	1,88	22,24	22,24	44,48	6,39	10,25	16,86	22,23	6,67	15,56	435,45	0,275	1,39	159	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	15	62,24	0,904	1,81	21,90	21,90	43,80	6,26	10,02	16,45	21,73	6,52	15,21	445,50	0,275	1,36	138	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	20	68,47	0,883	1,77	21,68	21,68	43,37	6,18	9,88	16,19	21,41	6,42	14,99	452,17	0,275	1,34	138	0,88	92	1,75	196	3,65	396

Fonte: autoria própria (2017)

Notas:

- (1) Concreto adotado: C30 (fck = 30 MPa); Eci = 30672 MPa; n = 0,2; fctMk = 4,14 MPa; sadm = 2,07 MPa (tração na flexão);
- (2) h = espessura da placa de concreto;
- (3) Sub-base granular em brita graduada espessura 10 cm;
- (4) k = 21,65 x ln (CBR) + 3,61 = coeficiente de recalque;
- (5) L = ((E x h³) / 12 x (1 - n²) x k)^{0,25} = raio de rigidez;
- (6) Rc = N x L = raio de influência, N = 2;
- (7) P1 = P2 = 30,91 kN;

- (8) $x_1 = x_2 = 0,527 \text{ m}$;
- (9) $C_1 = P_1 \times (N \times L - x_1) / (N \times L) = \text{carga contribuinte 1}$;
- (10) $C_2 = P_2 \times (N \times L - x_2) / (N \times L) = \text{carga contribuinte 2}$;
- (11) $P_{ctb} = C_1 + C_2 = \text{carga contribuinte equivalente}$;
- (12) $M_{cn} = P_{ctb} / 6 \times (1 + (2 \times a / L)) = \text{momento fletor no centro da placa}$;
- (13) $M_{bl} = P_{ctb} / 3,5 \times (1 + (3 \times a / L)) = \text{momento fletor na borda livre da placa}$;
- (14) $M_{ct} = P_{ctb} / 2 \times (1 + (4 \times a / L)) = \text{momento fletor no canto da placa}$;
- (15) $M_p' = \text{máximo entre: } M_{cn}; 0,5 \times M_{bl} \text{ (para eficiência das juntas de 100\%)};$
- (16) $M_n' = 0,5 \times M_{ct} \text{ (para eficiência das juntas de 100\%)};$
- (17) $CS = 1,5 = \text{coeficiente de segurança de majoração das ações}$;
- (18) $M_r = CS \times (M_p' + M_n') = \text{momento fletor resistente}$;
- (19) $M_p = \text{momento fletor positivo (mínimo } 0,7 \times M_r)$;
- (20) $M_n = \text{momento fletor negativo (máximo } 0,3 \times M_r)$;
- (21) $k_6 \text{ e } k_3 = \text{coeficientes adimensionais para cálculo das armaduras}$;
- (22) $k_6 = b \times d^2 / (M_p / 1,4)$;
- (23) $b = 100 \text{ cm} = \text{largura da placa (faixa unitária)}$; $d = h - 3 \text{ cm} = \text{altura de cálculo da placa, para cobertura 3 cm}$;
- (24) $A_{s-i} = k_3 \times (M_p / 1,4) / d = \text{armadura inferior}$;
- (25) $A_{s-r} = (0,7 \times f \times L_c \times h \times \gamma_c) / f_y = \text{armadura de retração (superior)}$; A_{s-r6} , A_{s-r12} e A_{s-r25} , para juntas espaçadas em 6, 12 e 25 m;
- (26) $f = 2,0 = \text{coeficiente de atrito (para brita graduada)}$;
- (27) $L_c = \text{comprimento da placa (igual ao espaçamento das juntas)}$;
- (28) $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3 = \text{peso específico do concreto}$;
- (29) $f_y = 60 \text{ kN/cm}^2 = \text{resistência característica do aço CA-60}$.

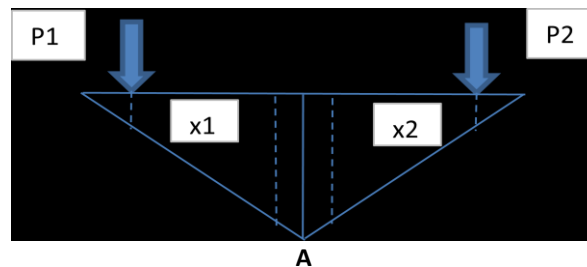


Figura D.1 – Esquema de cargas contribuintes – situação 1
 Fonte: autoria própria (2017)

SITUAÇÃO 2 – PISO COM AÇÃO DA PALETEIRA

Tabela D.2 – Armaduras obtidas para pisos estruturalmente armados através das variações de CBR da base, espessura da placa e espaçamento das juntas – sem a ação da empilhadeira; com a ação da paleteira – caso do CTC

h (cm)	CBR (%)	k (MPa/m)	L (m)	Rc (m)	C1 (kN)	C2 (kN)	Pctb (kN)	Mcn (kN.m)	Mbl (kN.m)	Mct (kN.m)	Mr (kN.m)	Mn (kN.m)	Mp (kN.m)	k6	k3	As-i (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r6 (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r12 (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r25 (cm ² /m)	Tela "Q"
10	5	38,45	0,513	1,03	8,26	8,26	16,51	2,67	4,51	7,77	9,83	2,95	6,88	99,65	0,283	1,99	246	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	10	53,46	0,472	0,94	8,06	8,06	16,11	2,60	4,38	7,55	9,56	2,87	6,69	102,56	0,283	1,93	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	15	62,24	0,455	0,91	7,96	7,96	15,91	2,56	4,32	7,43	9,42	2,83	6,59	104,04	0,283	1,90	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	20	68,47	0,444	0,89	7,89	7,89	15,78	2,54	4,28	7,36	9,33	2,80	6,53	105,02	0,283	1,89	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
12	5	38,45	0,588	1,18	8,56	8,56	17,12	2,78	4,70	8,12	10,25	3,08	7,18	157,99	0,279	1,59	159	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	10	53,46	0,542	1,08	8,38	8,38	16,76	2,71	4,59	7,92	10,01	3,00	7,01	161,88	0,279	1,55	159	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	15	62,24	0,521	1,04	8,30	8,30	16,59	2,68	4,53	7,82	9,89	2,97	6,92	163,85	0,279	1,53	159	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	20	68,47	0,509	1,02	8,24	8,24	16,48	2,66	4,50	7,75	9,81	2,94	6,87	165,14	0,279	1,52	159	0,42	61	0,84	92	1,75	196
15	5	38,45	0,695	1,39	8,87	8,87	17,75	2,89	4,90	8,48	10,70	3,21	7,49	269,13	0,276	1,23	138	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	10	53,46	0,640	1,28	8,73	8,73	17,45	2,84	4,81	8,31	10,49	3,15	7,34	274,56	0,276	1,21	138	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	15	62,24	0,616	1,23	8,65	8,65	17,30	2,81	4,76	8,23	10,39	3,12	7,27	277,28	0,276	1,19	138	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	20	68,47	0,602	1,20	8,60	8,60	17,21	2,79	4,73	8,17	10,32	3,10	7,22	279,07	0,276	1,19	138	0,53	61	1,05	113	2,19	246
18	5	38,45	0,797	1,59	9,10	9,10	18,19	2,97	5,05	8,75	11,02	3,31	7,71	408,42	0,275	1,01	113	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	10	53,46	0,734	1,47	8,97	8,97	17,93	2,93	4,96	8,59	10,83	3,25	7,58	415,44	0,275	0,99	113	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	15	62,24	0,707	1,41	8,90	8,90	17,80	2,90	4,92	8,52	10,74	3,22	7,52	418,95	0,275	0,98	113	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	20	68,47	0,690	1,38	8,86	8,86	17,72	2,89	4,89	8,47	10,68	3,20	7,48	421,25	0,275	0,98	113	0,63	75	1,26	138	2,63	283
20	5	38,45	0,863	1,73	9,21	9,21	18,42	3,01	5,12	8,88	11,18	3,36	7,83	516,82	0,274	0,90	92	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	10	53,46	0,794	1,59	9,09	9,09	18,18	2,97	5,04	8,74	11,01	3,30	7,71	524,94	0,274	0,89	92	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	15	62,24	0,765	1,53	9,03	9,03	18,06	2,95	5,00	8,67	10,93	3,28	7,65	528,99	0,274	0,88	92	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	20	68,47	0,747	1,49	8,99	8,99	17,99	2,94	4,98	8,63	10,87	3,26	7,61	531,64	0,274	0,88	92	0,70	75	1,40	159	2,92	335
22	5	38,45	0,927	1,85	9,31	9,31	18,62	3,05	5,18	9,00	11,32	3,40	7,93	637,62	0,274	0,82	92	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	10	53,46	0,853	1,71	9,20	9,20	18,39	3,01	5,11	8,86	11,16	3,35	7,81	646,86	0,274	0,80	92	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	15	62,24	0,822	1,64	9,14	9,14	18,28	2,99	5,08	8,80	11,08	3,32	7,76	651,47	0,273	0,80	92	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	20	68,47	0,802	1,60	9,11	9,11	18,21	2,98	5,05	8,76	11,03	3,31	7,72	654,48	0,273	0,79	92	0,77	92	1,54	159	3,21	335
25	5	38,45	1,020	2,04	9,43	9,43	18,85	3,09	5,26	9,14	11,50	3,45	8,05	842,02	0,273	0,71	75	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	10	53,46	0,939	1,88	9,33	9,33	18,65	3,06	5,20	9,02	11,35	3,40	7,94	852,97	0,273	0,70	75	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	15	62,24	0,904	1,81	9,28	9,28	18,55	3,04	5,16	8,96	11,28	3,38	7,89	858,43	0,273	0,70	75	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	20	68,47	0,883	1,77	9,24	9,24	18,49	3,03	5,14	8,92	11,23	3,37	7,86	861,99	0,273	0,70	75	0,88	92	1,75	196	3,65	396

Fonte: autoria própria (2017)

Notas:

- (1) Concreto adotado: C30 (fck = 30 MPa); Eci = 30672 MPa; n = 0,2; fctMk = 4,14 MPa; sadm = 2,07 MPa (tração na flexão);
- (2) h = espessura da placa de concreto;
- (3) Sub-base granular em brita graduada espessura 10 cm;
- (4) k = 21,65 x ln (CBR) + 3,61 = coeficiente de recalque;
- (5) L = ((E x h³) / 12 x (1 - n²) x k)^{0,25} = raio de rigidez;
- (6) Rc = N x L = raio de influência, N = 2;
- (7) P1 = P2 = 10,61 kN;
- (8) x1 = x2 = 0,2275 m;
- (9) C1 = P1 x (N x L - x1) / (N x L) = carga contribuinte 1;

- (10) $C2 = P2 \times (N \times L - x2) / (N \times L) =$ carga contribuinte 2;
- (11) $Pctb = C1 + C2 =$ carga contribuinte equivalente;
- (12) $Mcn = Pctb / 6 \times (1 + (2 \times a / L)) =$ momento fletor no centro da placa;
- (13) $Mbl = Pctb / 3,5 \times (1 + (3 \times a / L)) =$ momento fletor na borda livre da placa;
- (14) $Mct = Pctb / 2 \times (1 + (4 \times a / L)) =$ momento fletor no canto da placa;
- (15) $Mp' =$ máximo entre: Mcn ; $0,5 \times Mbl$ (para eficiência das juntas de 100%);
- (16) $Mn' = 0,5 \times Mct$ (para eficiência das juntas de 100%);
- (17) $CS = 1,5 =$ coeficiente de segurança de majoração das ações;
- (18) $Mr = CS \times (Mp' + Mn') =$ momento fletor resistente;
- (19) $Mp =$ momento fletor positivo (mínimo $0,7 \times Mr$);
- (20) $Mn =$ momento fletor negativo (máximo $0,3 \times Mr$);
- (21) $k6$ e $k3 =$ coeficientes adimensionais para cálculo das armaduras;
- (22) $k6 = b \times d^2 / (Mp / 1,4)$;
- (23) $b = 100$ cm = largura da placa (faixa unitária); $d = h - 3$ cm = altura de cálculo da placa, para cobrimento 3 cm;
- (24) $As-i = k3 \times (Mp / 1,4) / d =$ armadura inferior;
- (25) $As-r = (0,7 \times f \times Lc \times h \times \gamma_c) / fy =$ armadura de retração (superior); $As-r6$, $As-r12$ e $As-r25$, para juntas espaçadas em 6, 12 e 25 m;
- (26) $f = 2,0 =$ coeficiente de atrito (para brita graduada);
- (27) $Lc =$ comprimento da placa (igual ao espaçamento das juntas);
- (28) $\gamma_c = 25$ kN/m³ = peso específico do concreto;
- (29) $fy = 60$ kN/cm² = resistência característica do aço CA-60.

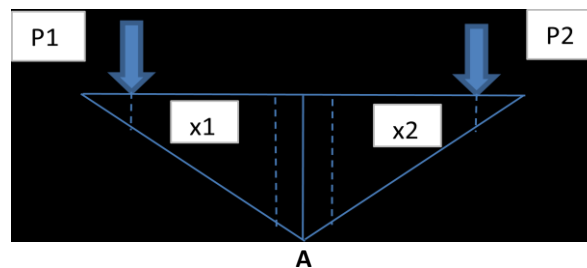


Figura D.2 – Esquema de cargas contribuintes – situação 2
Fonte: autoria própria (2017)

SITUAÇÃO 3 – PISO SEM A AÇÃO DA EMPILHADEIRA E DA PALETEIRA

Tabela D.3 – Armaduras obtidas para pisos estruturalmente armados através das variações de CBR da base, espessura da placa e espaçamento das juntas – sem a ação da empilhadeira; sem a ação da paleteira – caso do CDD

h (cm)	CBR (%)	k (MPa/m)	L (m)	Rc (m)	C1 C4 (kN)	C2 C3 (kN)	Pctb (kN)	Mcn (kN.m)	Mbl (kN.m)	Mct (kN.m)	Mr (kN.m)	Mn (kN.m)	Mp (kN.m)	k6	k3	As-i (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r6 (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r12 (cm ² /m)	Tela "Q"	As-r25 (cm ² /m)	Tela "Q"
10	5	38,45	0,513	1,03	0,07	11,89	23,93	3,45	5,54	9,12	9,62	2,88	6,73	101,91	0,283	1,94	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	10	53,46	0,472	0,94		11,84	23,68	3,38	5,40	8,85	9,36	2,81	6,55	104,69	0,283	1,89	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	15	62,24	0,455	0,91		11,81	23,63	3,35	5,34	8,74	9,27	2,78	6,49	105,76	0,283	1,87	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
	20	68,47	0,444	0,89		11,80	23,59	3,33	5,31	8,68	9,21	2,76	6,44	106,45	0,283	1,86	196	0,35	61	0,70	75	1,46	159
12	5	38,45	0,588	1,18	1,66	11,97	27,26	4,00	6,47	10,72	11,23	3,37	7,86	144,22	0,280	1,75	196	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	10	53,46	0,542	1,08	0,73	11,92	25,31	3,68	5,92	9,77	10,28	3,08	7,19	157,66	0,279	1,59	196	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	15	62,24	0,521	1,04	0,27	11,90	24,35	3,52	5,66	9,32	9,82	2,94	6,87	165,03	0,279	1,52	159	0,42	61	0,84	92	1,75	196
	20	68,47	0,509	1,02		11,89	23,77	3,43	5,50	9,05	9,54	2,86	6,68	169,81	0,279	1,48	159	0,42	61	0,84	92	1,75	196
15	5	38,45	0,695	1,39	3,33	12,05	30,76	4,60	7,50	12,51	13,03	3,91	9,12	221,10	0,277	1,50	159	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	10	53,46	0,640	1,28	2,54	12,01	29,11	4,31	7,01	11,65	12,17	3,65	8,52	236,68	0,277	1,40	159	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	15	62,24	0,616	1,23	2,16	11,99	28,30	4,18	6,77	11,24	11,76	3,53	8,23	244,98	0,277	1,36	138	0,53	61	1,05	113	2,19	246
	20	68,47	0,602	1,20	1,91	11,98	27,78	4,09	6,62	10,98	11,49	3,45	8,04	250,60	0,277	1,33	138	0,53	61	1,05	113	2,19	246
18	5	38,45	0,797	1,59	4,50	12,11	33,22	5,03	8,25	13,84	14,34	4,30	10,04	313,72	0,276	1,32	138	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	10	53,46	0,734	1,47	3,82	12,07	31,78	4,78	7,81	13,05	13,57	4,07	9,50	331,74	0,276	1,25	138	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	15	62,24	0,707	1,41	3,48	12,06	31,08	4,65	7,59	12,68	13,19	3,96	9,23	341,17	0,276	1,21	138	0,63	75	1,26	138	2,63	283
	20	68,47	0,690	1,38	3,26	12,05	30,62	4,57	7,46	12,43	12,95	3,88	9,06	347,51	0,275	1,19	138	0,63	75	1,26	138	2,63	283
20	5	38,45	0,863	1,73	5,11	12,14	34,50	5,26	8,66	14,56	15,05	4,51	10,53	384,08	0,275	1,22	138	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	10	53,46	0,794	1,59	4,48	12,11	33,17	5,02	8,24	13,81	14,31	4,29	10,02	403,82	0,275	1,16	138	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	15	62,24	0,765	1,53	4,17	12,09	32,51	4,91	8,03	13,45	13,96	4,19	9,77	414,08	0,275	1,13	113	0,70	75	1,40	159	2,92	335
	20	68,47	0,747	1,49	3,96	12,08	32,09	4,83	7,90	13,22	13,73	4,12	9,61	420,94	0,275	1,11	113	0,70	75	1,40	159	2,92	335
22	5	38,45	0,927	1,85	5,62	12,16	35,57	5,46	9,00	15,17	15,65	4,70	10,96	461,29	0,274	1,13	113	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	10	53,46	0,853	1,71	5,03	12,13	34,33	5,23	8,60	14,46	14,95	4,49	10,47	482,81	0,274	1,08	113	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	15	62,24	0,822	1,64	4,74	12,12	33,72	5,12	8,41	14,12	14,62	4,39	10,23	493,93	0,274	1,05	113	0,77	92	1,54	159	3,21	335
	20	68,47	0,802	1,60	4,55	12,11	33,33	5,05	8,29	13,90	14,40	4,32	10,08	501,34	0,274	1,04	113	0,77	92	1,54	159	3,21	335
25	5	38,45	1,020	2,04	6,25	12,19	36,89	5,70	9,43	15,95	16,41	4,92	11,49	589,86	0,274	1,02	113	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	10	53,46	0,939	1,88	5,71	12,17	35,76	5,49	9,06	15,28	15,76	4,73	11,03	614,14	0,274	0,98	113	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	15	62,24	0,904	1,81	5,45	12,15	35,21	5,39	8,88	14,96	15,45	4,63	10,81	626,60	0,274	0,96	113	0,88	92	1,75	196	3,65	396
	20	68,47	0,883	1,77	5,28	12,15	34,85	5,33	8,77	14,76	15,25	4,57	10,67	634,87	0,274	0,95	113	0,88	92	1,75	196	3,65	396

Fonte: autoria própria (2017)

Notas:

- (1) Concreto adotado: C30 (fck = 30 MPa); Eci = 30672 MPa; n = 0,2; fctMk = 4,14 MPa; sadm = 2,07 MPa (tração na flexão);
- (2) h = espessura da placa de concreto;
- (3) Sub-base granular em brita graduada espessura 10 cm;
- (4) k = 21,65 x ln (CBR) + 3,61 = coeficiente de recalque;
- (5) L = ((E x h³) / 12 x (1 - n²) x k)^{0,25} = raio de rigidez;
- (6) Rc = N x L = raio de influência, N = 2;
- (7) P1 = P2 = 12,50 kN;
- (8) x1 = x4 = 1,02 m; x2 = x3 = 0,05 m;
- (9) C1 = C4 = P1 x (N x L - x1) / (N x L) = cargas contribuintes 1 e 4;
- (10) C2 = C3 = P2 x (N x L - x2) / (N x L) = cargas contribuintes 2 e 3;

- (11) $P_{ctb} = C1 + C2 + C3 + C4 =$ carga contribuinte equivalente;
- (12) $M_{cn} = P_{ctb} / 6 \times (1 + (2 \times a / L)) =$ momento fletor no centro da placa;
- (13) $M_{bl} = P_{ctb} / 3,5 \times (1 + (3 \times a / L)) =$ momento fletor na borda livre da placa;
- (14) $M_{ct} = P_{ctb} / 2 \times (1 + (4 \times a / L)) =$ momento fletor no canto da placa;
- (15) $M_p' =$ máximo entre: M_{cn} ; $0,5 \times M_{bl}$ (para eficiência das juntas de 100%);
- (16) $M_n' = 0,5 \times M_{ct}$ (para eficiência das juntas de 100%);
- (17) $CS = 1,2 =$ coeficiente de segurança de majoração das ações;
- (18) $M_r = CS \times (M_p' + M_n') =$ momento fletor resistente;
- (19) $M_p =$ momento fletor positivo (mínimo $0,7 \times M_r$);
- (20) $M_n =$ momento fletor negativo (máximo $0,3 \times M_r$);
- (21) k_6 e $k_3 =$ coeficientes adimensionais para cálculo das armaduras;
- (22) $k_6 = b \times d^2 / (M_p / 1,4)$;
- (23) $b = 100 \text{ cm} =$ largura da placa (faixa unitária); $d = h - 3 \text{ cm} =$ altura de cálculo da placa, para cobrimento 3 cm;
- (24) $A_{s-i} = k_3 \times (M_p / 1,4) / d =$ armadura inferior;
- (25) $A_{s-r} = (0,7 \times f \times L_c \times h \times \gamma_c) / f_y =$ armadura de retração (superior); A_{s-r6} , A_{s-r12} e A_{s-r25} , para juntas espaçadas em 6, 12 e 25 m;
- (26) $f = 2,0 =$ coeficiente de atrito (para brita graduada);
- (27) $L_c =$ comprimento da placa (igual ao espaçamento das juntas);
- (28) $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3 =$ peso específico do concreto;
- (29) $f_y = 60 \text{ kN/cm}^2 =$ resistência característica do aço CA-60.

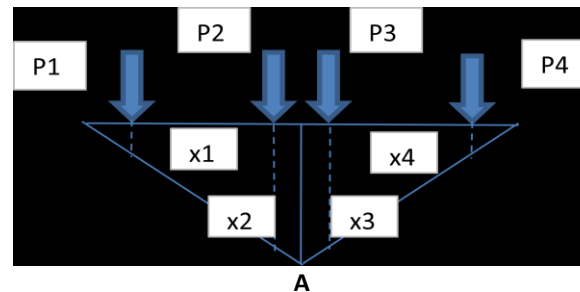


Figura D.3 – Esquema de cargas contribuintes – situação 3
 Fonte: autoria própria (2017)