

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC/UFSC
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM DESEMPENHO DE SISTEMAS
CONSTRUTIVOS

Wellington Tadeu Monteiro Du Rocher

Dissertação de Mestrado:

**IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS E DAS PATOLOGIAS EM
PISOS INDUSTRIAIS DE FRIGORÍFICO DE SUÍNOS**

Florianópolis, jul. 2007

WELLINGTON TADEU MONTEIRO DU ROCHER

**IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS E DAS PATOLOGIAS EM
PISOS INDUSTRIAIS DE FRIGORÍFICO DE SUÍNOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFSC como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Longuini Repette.

Florianópolis, jul. 2007

**IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS E DAS PATOLOGIAS EM
PISOS INDUSTRIAIS DE FRIGORÍFICO DE SUÍNOS**

WELLINGTON TADEU MONTEIRO DU ROCHER

Esta dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: PROF. DR. WELLINGTON LONGUINI REPETTE

PROF.DR. ANTONIO EDÉSIO JUNGLES

PROF. DR. PHILIPPE JEAN PAUL GLEIZE

PROF. DR. ROMEL DIAS VANDERLEI, participante da UEM.

Florianópolis, jul. 2007

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Prof. Dr. Wellington Longuini Repette pelas idéias e orientações para a realização e conclusão desse trabalho;

À UFSC por oferecer o curso em Chapecó através do convênio com a UNOCHAPECÓ;

À UNOCHAPECÓ pela parceria firmada com a UFSC para que o curso pudesse ser realizado em Chapecó;

À Empresa Aurora Alimentos pelo patrocínio na realização do curso e na colaboração para desenvolvimento das pesquisas, cedendo as suas unidades industriais em Chapecó (SC) e Sarandi (RS);

Ao Luciano Breda, estudante do Curso de Engenharia Civil da UNOCHAPECÓ;

À minha amiga Deise Beatriz pela força;

Aos meus pais, Albano e Déa pelo exemplo de vida;

À Marina, minha esposa;

A Deus;

Muito obrigado a todos que me ajudaram na conclusão do curso.

RESUMO

Nos **frigoríficos** de suínos, observa-se a presença de muitos problemas existentes nos **pisos**, como buracos, rachaduras, desgastes acentuados, quebras, descolamentos de camadas, formação de pó, deterioração de juntas e outros que são formas de **patologias** ocasionadas por diferentes **agentes agressivos** como urina, fezes, sangue, gordura, sal, águas quente e fria, produtos químicos do processo de produção e ainda aqueles empregados nas diversas atividades de limpeza como detergentes e sanitizantes, além de meios mecânicos utilizados em operações de movimentação de cargas, que são altamente abrasivos e de impacto danificando as superfícies. O trabalho teve por objetivo identificar e caracterizar esses agentes presentes nas instalações, além de sugerir indicação de materiais para mais bem resistir aos meios agressivos, minimizando-se a degradação dos pisos. Observa-se que em grande parte dos setores da indústria, não é possível mudar as condições ambientais devido aos processos de produção, então a alternativa é melhorar os procedimentos para a confecção e uso de novos pisos, criando-se mecanismos que possam barrar esses agentes. Levando-se em consideração os dados obtidos na pesquisa, foi sugerida uma classificação dada pelo **grau de agressividade**, em função dos agentes agressivos atuantes nos pisos em cada setor. A partir desta classificação foi apresentada uma proposta para utilização de **revestimentos especiais** que aplicados sobre os pisos de concreto suportariam as agressividades impostas. Os resultados mostraram que esses revestimentos usados conforme sugeridos neste trabalho, servem para a obtenção de pisos com melhor qualidade, proporcionando maior durabilidade, pois têm grande capacidade de resistência química e física. Assim terá maior vida útil com menor número de intervenções para reformas, diminuindo-se a quantidade de paradas técnicas para se efetuar pequenos reparos ou substituições. Desta forma, conclui-se que o uso desses materiais reduz os custos com manutenções além de eliminar grande parte das patologias verificadas, o que facilita os processos de produção e atividades internas de movimentação das matérias-primas e de produtos acabados. Tem-se também como resultados uma acentuada redução dos problemas de contaminação microbiológica nos ambientes e uma significativa melhora na aparência estética dos pisos industriais.

Palavras-chave: Frigoríficos; Patologias; Pisos; Agressividade; Revestimentos

ABSTRACT

In swine **slaughterhouses**, many problems are observed in relation to the **floors**, such as holes, cracks, accentuated wear, breaks, detachment of layers, formation of dust, deterioration of joints and others which are types of pathologies caused by different **aggressive agents** such as urine, feces, blood, fat, salt, hot and cold water, chemical products from the production process and also those employed in the various cleaning activities, such as detergents and sanitizers, besides mechanical means used in operations involving the movement of loads, which are highly abrasive and have a damaging effect on surfaces. This study aimed to identify and characterize the agents present in the installations, and to recommend materials to better resist the aggressive agents, minimizing the degradation of the floors. In most sectors of slaughterhouses, it is not possible to change the environmental conditions due to the production processes, thus, the alternative is to better the procedures for the making and use of new floors, creating mechanisms which can bar these agents. Taking into consideration the data obtained in this research, a classification based on the **degree of aggressiveness**, as a function of the aggressive agents acting on the floors in each sector, was suggested. According to this classification, a proposal for the use of **special coverings** which, when applied over the concrete floors, would endure the aggressive intruders, was presented. The results showed that these coverings, when used according to the recommendations of this study, lead to the obtainment of better quality floors, with higher durability, since they have a great chemical and physical resistance capacity. Thus, they will have a longer useful life with less intervention for improvements, reducing the quantity of technical stoppages required to carry out small repairs or replacements. It is concluded that the use of these materials reduces the maintenance costs and also eliminates a large number of the pathologies verified, which facilitates the production processes and also the internal activities of the movement of raw materials and finished products. Other results were a clear reduction in the microbiological contamination problems of these environments and a significantly better esthetic appearance of industrial floors.

Keywords: Slaughterhouses, Pathologies; Floors; Aggressiveness; Coverings

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de composição dos concretos	23
Figura 2: Detalhe de piso em concreto simples.	27
Figura 3: Detalhe de piso em concreto armado.	29
Figura 4: Evolução média de resistência à compressão dos distintos tipos de cimento Portland.	40
Figura 5: Exsudação	48
Figura 6: Estimativa da taxa de evaporação da água de uma superfície de concreto.	52
Figura 7: Ilustração qualitativa do comportamento tensão-deformação do concreto e de seus materiais constituintes.	57
Figura 8: Tipos diferentes de módulos de deformação e o método pelo qual eles são determinados.	57
Figura 9: Efeito do consumo de água, relação a/c e teor de cimento na retração por secagem.	64
Figura 10: Gráfico da resistência à abrasão.	66
Figura 11: Distribuição dimensional dos poros no concreto.	69
Figura 12: Influência do fator água-cimento no coeficiente de permeabilidade dos concretos.	70
Figura 13: Detalhe da placa de concreto pronta para a segunda etapa da concretagem.	75
Figura 14: Detalhe de espaçadores para as barras de transferências feitas nas formas.	76
Figura 15: Concreto protendido.	77
Figura 16: Corte esquemático de um piso armado, ferragens, barras de transferência e junta de dilatação.	78
Figura 17: Junta de construção com barras de transferência.	80
Figura 18: Junta de construção tipo macho e fêmea.	80
Figura 19: Junta serrada.	81
Figura 20: Junta de expansão.	81
Figura 21: Junta de encontro com pilar (Diamante).	82
Figura 22: Plano de concretagem.	84
Figura 23: Lançamento do concreto.	86
Figura 24: Lançamento do concreto.	87
Figura 25: Acabadoras de superfície.	90
Figura 26: Esquema das camadas de um piso industrial em frigorífico.	102
Figura 27. Esquematisação da produção.	123
Figura 28: Processo de higienização.	126
Figura 29. Esquema de higienização.	127
Figura 30: Pocilga para alojamento dos animais.	147
Figura 31: Higienização da pocilga com desgastes e formação de buracos no piso.	148
Figura 32: Piso de pocilga atacado por agentes agressivos, buracos provocados pelos agentes químicos e processos de higienização com água sob pressão.	148
Figura 33: Mesa de sangria de suínos, com sangue caindo sobre o piso, provocando apodrecimentos, rachaduras e outros.	149

Figura 34: Suínos abatidos, saindo da mesa de sangria e se preparando para entrar no tanque de escaldagem.	150
Figura 35: Tanque de escaldagem de suínos, água quente com pH 6,0 caindo sobre o piso e provocando desgastes.	150
Figura 36: Sangue sobre o piso, provocando rachaduras.	151
Figura 37: Sangue sobre o piso, provocando o apodrecimento do mesmo.	151
Figura 38: Área final do processo de abate, sangue sobre o piso.	152
Figura 39: Entrada de suíno no chamuscador a queima de pêlos no equipamento provoca na região do piso temperaturas altas e constantes.	152
Figura 40: Chamuscador de pêlos de suínos, o calor excessivo sobre piso provoca desagregação de partículas da camada superior.	153
Figura 41: Processo de separação de miúdos, lavação e preparação de tripas e outros pertences internos. Sangue sobre chão, mucosas, ácidos, sal e água quente, provocando desgastes do piso e apodrecimentos do mesmo.	154
Figura 42: Setor de triparia, área de beneficiamento de tripas. Corrosão da camada superior do piso por ataque de sal e ácidos.	154
Figura 43: Lavagem de Balancins, ataque ácido provoca desgastes acentuados e apodrecimentos do mesmo.	155
Figura 44: Área de triparia ataque por sal, provocando desgastes acentuados e apodrecimento dos mesmos. Ocorre aqui, corrosão intensa das armaduras da placa.	155
Figura 45: Processo de cortes: carnes de suínos com a queda de pedaços de carne e gorduras, provocando desgastes do piso.	156
Figura 46: Carcaças de suínos para processamento de cortes com quedas de pedaços de carnes e gorduras, provocando desgastes acentuados, deslocamento de peças cerâmicas e formação de buracos.	157
Figura 47: Transporte aéreo de carcaças para cortes, com o gotejamento de sangue, provoca desgaste do piso e a formação de buracos.	158
Figura 48: Detalhe da sala de cortes, pedaços de carnes e gorduras sobre o piso, atacam os mesmos, causando desgastes.	158
Figura 49: Setor de salga, o ataque de sal, sangue e água, em áreas normalmente atacadas pela salmoura, provocam pisos soltos, apodrecimentos da base e corrosão das armaduras das placas do piso.	159
Figura 50: Salgados sobre plataformas e pisos provocam pisos soltos, apodrecimentos da base e corrosão das armaduras da placa do piso.	160
Figura 51: Formação de gelo, os pisos sofrem desgastes acentuados e em grande parte dos processos, com o tempo, acabam se rompendo por penetração de umidades e posterior congelamento.	161
Figura 52: Formação de gelo, pisos com rompimento por penetração de umidades e congelamento da base.	162
Figura 53: Formação de gelo e desgaste por abrasão próximo as áreas de expedição, através da movimentação de empilhadeiras e outros carros de transporte.	162
Figura 54: Empilhadeira atuando sobre piso área de circulações, expedição e estocagem de produtos acabados, provoca excessivos desgastes sobre a superfície.	163
Figura 55: Circulação com desgastes acentuados e formação de buracos, provocados por passagem de empilhadeiras e outros carros de transporte.	164
Figura 56: Desgaste por abrasão, provocados pela passagem de rodas das empilhadeiras.	164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Proporções típicas para os materiais do concreto de diferentes resistências	24
Quadro 2: Classificação da planicidade.	32
Quadro 3: Classificação do piso e valores mínimos para FF e FL	33
Quadro 4: Ação dos cimentos sobre argamassas e concretos.	36
Quadro 5: Aplicação dos diferentes tipos de Cimento Portland.	37
Quadro 6: Cimentos Portland nacionais - Exigências químicas.	38
Quadro 7: Resultados em MPa, obtidos em ensaios realizados para determinação de resistência à compressão aos 28 dias de concretos, em função da relação A/C, para vários tipos de cimento.	39
Quadro 8: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.	41
Quadro 9: Limites da composição granulométrica do agregado graúdo.	42
Quadro 10: Classificação dos aditivos	44
Quadro 11: Efeito do tipo de agregado sobre o módulo de deformação.	60
Quadro 12: Denominação e descrição de camadas de um pavimento.	71
Quadro 13: Revestimentos Especiais para aplicação como acabamentos em pisos industriais.	103
Quadro 14: Resistência à compressão, segundo ASTM C109 - Modificada – cura durante três dias (MPa).	105
Quadro 15: Resistência à abrasão – Equipamento Taber CS-17 - Carga de 1000 gramas para 1000 revoluções.	105
Quadro 16: Comparação entre ESF e concreto simples.	110
Quadro 17: Testes realizados baseados na Norma DIN 18166.	117
Quadro 18: Características dos dejetos de suínos em unidade de crescimento e terminação	138
Quadro 19: Detergentes mais empregados nos processos de higienização.	143
Quadro 20: Sanitizantes mais empregados nos processos de higienização.	145
Quadro 21: Decapantes mais empregados nos processos de higienização dos Balancins.	146
Quadro 22: Setores com os agentes atuantes e a sua classificação da agressividade.	166
Quadro 23: Proposta para utilização de revestimentos sobre pisos de concreto, de acordo com os respectivos setores, em função das agressividades, sem considerar os custos de aplicação dos produtos.	168

LISTA DE SIGLAS

- ABCP : Associação Brasileira de Cimento Portland
- ABNT : Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACI : American Concrete Institute
- ASTM : American Society for Testing and Materials
- BPF : Boas Práticas de Fabricação
- CA : Concrto Armado
- CAD : Concreto de Alto Desempenho
- CBR : Índice Suporte Califórnia
- CC : Concreto Convencional
- CPV-ARI: Cimento Portland Classe V – Alta Resistência Inicial
- CSP : Núcleo Padrão do Concreto
- EL : Endurecedores Líquidos
- ELF : Endurecedores Líquidos à base de Fluorsilicatos de Magnésio
- ELS : Endurecedores Líquidos à base de Silicatos de sódio
- ES : Endurecedores Sólidos
- ESC : Endurecedores de Superfície para Cimentícios
- ESF : Endurecedores Sólidos à base de agregados metálicos de ferro
- ESM : Endurecedores Sólidos à base de agregados minerais
- FF : Índice Face de planicidade (*Flatness*)
- FL : Índice Face de nivelamento (*Levelness*)
- NBR : Normas Brasileiras
- RCIA : Revestimento em Cerâmica Industrial Anti-ácido
- REA : Revestimento à base resinas Epóxi Autonivelantes
- REE : Revestimento à base resinas Epóxi Espatulados
- RMN : Revestimento à base de Metil-metacrilato
- RPA : Revestimento à base resinas Poliuretanos Autonivelantes
- RPE : Revestimento à base resinas Poliuretanos Espatulados
- PVA : Acetato de Polivinila

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE QUADROS.....	9
LISTA DE SIGLAS.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 JUSTIFICATIVA.....	19
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Objetivo geral.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	21
2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCRETO.....	22
2.1 DEFINIÇÕES.....	22
2.1.1 Os vários tipos de concreto.....	23
2.1.2 Formas de preparação do concreto.....	25
2.1.2.1 Concreto Convencional (CC).....	25
2.1.2.2 Concreto de Alto Desempenho (CAD).....	25
2.1.3 Formas da execução estrutural.....	26
2.1.3.1 Concreto não armado.....	26
2.1.3.2 Concreto armado.....	27
2.2 PISOS DE CONCRETO ARMADO PARA FINS INDUSTRIAIS.....	29
2.2.1 Pisos de concreto.....	30
2.2.1.1 Requisitos de desempenho.....	30
2.2.1.1.1 Resistência à fissuração.....	30
2.2.1.1.2 Planicidade e nivelamento - Números "F".....	31
2.2.1.2 Espaçamento das juntas.....	34
2.3 PISOS DE CONCRETO ARMADO.....	35
2.3.1 Materiais constituintes do concreto.....	35
2.3.1.1 Cimento.....	35
2.3.1.2 Agregados.....	40
2.3.1.3 Aditivos.....	43
2.3.2 Requisitos para o concreto no estado fresco.....	45
2.3.2.1 Trabalhabilidade.....	46

2.3.2.2	Exsudação	47
2.3.2.3	Retração plástica.....	49
2.3.3	Requisitos para o concreto no estado endurecido	53
2.3.3.1	Resistência à compressão.....	53
2.3.3.2	Resistência à tração.....	54
2.3.3.2.1	Determinações da resistência à tração	55
2.3.4	Tipos de deformação e sua importância	56
2.3.4.1	Comportamento elástico	56
2.3.4.2	Não-Linearidade da relação tensão-deformação	56
2.3.4.2.1	Tipos de módulos de deformação	57
2.3.4.3	Módulo dinâmico de deformação	59
2.3.4.4	Módulo estático de deformação	59
2.3.4.5	Deformações por retração	60
2.3.4.5.1	Retração autógena.....	61
2.3.4.5.2	Retração por secagem ou retração hidráulica	63
2.3.4.6	Resistência ao desgaste por abrasão	65
2.3.4.7	Permeabilidade	67
2.4	PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO DOS PISOS DE CONCRETO ARMADO	70
2.4.1	Preparação da base	70
2.4.1.1	Preparo do subleito	71
2.4.1.2	Preparo da sub-base	72
2.4.2	Armaduras	73
2.4.2.1	Posição das armaduras	73
2.4.2.2	Armaduras passivas	73
2.4.2.3	Telas nervuradas soldadas.....	73
2.4.2.3.1	Características mecânicas das telas.....	74
2.4.2.3.2	Características Geométricas das telas	74
2.4.2.4	Emendas	74
2.4.2.5	Barras de Transferência	75
2.4.2.6	Armaduras ativas	76
2.4.3	Juntas de dilatação em pisos de concreto	78
2.4.3.1	Classificação das juntas	79
2.4.4	Selantes	82
2.4.5	Concretagem e planos de concretagem mais empregados.....	83
2.4.5.1	Formas de concretagem	84
2.4.5.1.1	Xadrez	84
2.4.5.1.2	Faixas (tiras)	85
2.4.6	Mistura do concreto.....	85
2.4.7	Lançamento.....	86
2.4.8	Adensamento.....	87
2.4.9	Acabamento superficial	88
2.4.9.1	Regularizar o concreto	89
2.4.9.2	Desempeno mecânico do concreto	89
2.4.9.3	Alisamento superficial	90
2.4.10	Cura do concreto	91
2.4.10.1	Cura inicial	91
2.4.10.2	Cura complementar.....	92

3 PRINCIPAIS MEIOS AGRESSIVOS ATUANTES SOBRE OS PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO ARMADO NÃO-REVESTIDO	93
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES	93
3.1.1 Agentes químicos	93
3.1.1.1 Águas salgadas	93
3.1.1.2 Águas puras	93
3.1.1.3 Águas de regiões pantanosas – banhados	94
3.1.1.4 Águas residuais ácidas	94
3.1.2 Atmosferas	95
3.1.2.1 Atmosferas ácidas de centros urbanos e industriais	95
3.1.2.2 Atmosferas viciadas	96
3.1.3 Ação de graxas e óleos	96
3.1.4 Ação dos sais	97
3.1.5 Ação dos ácidos	98
3.2 AGENTES FÍSICOS	99
3.2.1 Resistência aos agentes físicos	99
3.2.1.1 Abrasão	99
3.2.1.2 Cristalização de sais nos poros	100
3.2.1.3 Ação de congelamento	101
4 REVESTIMENTOS ESPECIAIS USADOS EM PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO ARMADO	102
4.1 ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE PARA CIMENTÍCIOS - ESC	103
4.1.1 Endurecedor líquido à base de Silicatos de Sódio - ELS	103
4.1.2 Endurecedor líquido à base de Fluorsilicatos de Magnésio - ELF	105
4.1.3 Endurecedor sólido à base de agregados minerais – ESM	106
4.1.4 Endurecedor sólido à base de agregados metálicos de ferro - ESF	108
4.2 RESVESTIMENTOS À BASE DE RESINAS EPÓXI - RE	110
4.2.1 Revestimento epóxi autonivelante – REA	111
4.2.2 Revestimento epóxi espatulado – REE	112
4.3 REVESTIMENTOS À BASE RESINAS POLIURETANOS - RP	112
4.3.1 Revestimento poliuretano autonivelante – RPA	113
4.3.2 Revestimento poliuretano espatulado – RPE	114
4.4 REVESTIMENTO À BASE RESINAS METIL-METACRILATOS – RMM	115
4.5 REVESTIMENTOS EM CERÂMICA INDUSTRIAL ANTI-ÁCIDO - RCIA	116
4.5.1 Cerâmica anti-ácido	116
4.5.2 Rejunte anti-ácido	117
5 METODOLOGIA	119
5.1 APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO DO TRABALHO DE PESQUISA	119
5.2 METODOLOGIA DE PESQUISA	119
5.2.1 Identificação e descrição das etapas dos processos de produção e higienização	119

5.2.1.1	Descrição geral do processo de produção	120
5.2.1.1.1	Esquemática das etapas e dos setores do processo de produção	122
5.2.1.2	Descrição geral do processo de higienização	124
5.2.1.2.1	Esquemática das etapas do processo de higienização.....	126
5.3	IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NOS PISOS DE CONCRETO	127
5.4	IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS ATUANTES NOS PISOS.....	128
5.5	LEVANTAMENTOS DE REVESTIMENTOS PARA PISOS INDUSTRIAIS	128
6	RESULTADOS E ANÁLISES	130
6.1	IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NOS PISOS DE CONCRETO	130
6.1.1	Pocilga (Recepção e baias de repouso).....	130
6.1.2	Abate (Insensibilização, sangria, escaldagem, depiladeira, chamuscador, evisceração)	131
6.1.3	Tripária e calibração - Miúdos internos e externos	131
6.1.4	Salas de cortes (Espostejamentos).....	131
6.1.5	Setor de salga de produtos	132
6.1.6	Setor de industrializados (preparação de massas e embutimentos de salsichas, mortadelas, lingüiças).....	132
6.1.7	Estocagem (Túneis e câmaras de estocagem de produtos acabados).....	133
6.1.8	Expedição (circulações) dos produtos	133
6.2	IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS ATUANTES NOS PISOS.....	134
6.2.1	Relativos ao processo de produção	134
6.2.1.1	Agentes mecânicos	134
6.2.1.1.1	Sobrecargas.....	134
6.2.1.1.2	Impacto.....	135
6.2.1.1.3	Abrasão.....	135
6.2.1.2	Agentes físicos	136
6.2.1.2.1	Ciclos de gelo e degelo	136
6.2.1.2.2	Elevadas temperaturas.....	136
6.2.1.3	Agentes químicos	137
6.2.1.3.1	Fezes e urina	137
6.2.1.3.2	Sangue	138
6.2.1.3.3	Gorduras	138
6.2.1.3.4	Sal	139
6.2.1.3.5	Ácido fosfórico	140
6.2.1.3.6	Peróxido de Hidrogênio	140
6.2.1.3.7	Água	141
6.2.1.3.8	Gases	141
6.2.2	Relativos ao processo de higienização	142
6.2.2.1	Detergentes.....	142
6.2.2.2	Sanitizantes	144
6.2.2.3	Decapantes	145
6.2.3	Atuação dos agentes agressivos nos setores	146
6.2.3.1	Pocilga (Recepção e baias de repouso).....	146
6.2.3.2	Abate (Insensibilização, sangria, escaldagem, depiladeira, chamuscador, evisceração).	149

6.2.3.3	Tripária e calibração (Miúdos internos e externos).....	153
6.2.3.4	Salas de cortes (Espostejamentos).....	156
6.2.3.5	Setor de salga de produtos	159
6.2.3.6	Setor de industrializados (preparação e embutimentos de salsichas, mortadelas, lingüiças).	160
6.2.3.7	Estocagem (Túneis e câmaras de estocagem de produtos acabados)	161
6.2.3.8	Expedição (circulações) dos produtos	163
6.2.4	Proposta de classificação quanto ao grau de agressividade para os respectivos setores	165
6.3	INDICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REVESTIMENTOS VISANDO A MAIOR DURABILIDADE DOS PISOS	167
6.3.1	Estudo das alternativas apresentadas, em função das patologias e das agressividades.	169
6.3.1.1	Setor 1 - Pocilga (Recepção e baias de repouso).....	169
6.3.1.2	Setor 2 - Abate (Insensibilização, sangria, escaldagem, depiladeira, chamuscador, evisceração).	170
6.3.1.3	Setor 3 - Tripária e calibração - Miúdos internos e externos	170
6.3.1.4	Setor 4 - Salas de cortes (Espostejamentos).....	170
6.3.1.5	Setor 5 - Setor de salga de produtos	171
6.3.1.6	Setor 6 - Setor de industrializados (preparação de massas e embutimento de salsichas, mortadelas, lingüiças).	171
6.3.1.7	Setor 7 - Estocagem (Túneis e câmaras de estocagem de produtos acabados)..	172
6.3.1.8	Setor 8 - Expedição (circulação) dos produtos.....	172
6.3.1.9	Setor 9 – Prédios de Apoio (Vestiários, sanitários, escritórios, almoxarifados, SIF e outros).....	173
6.4	APRESENTAÇÃO DOS CUSTOS PARA A APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS INDICADOS	173
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	176
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	183
	APÊNDICES.....	193
	APÊNDICE 1: APRESENTAÇÃO DE PLANTAS BAIXAS DOS PAVIMENTOS - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE AGRESSIVIDADES.....	194
	APÊNDICE 2: APRESENTAÇÃO DE PLANTAS BAIXAS DOS PAVIMENTOS - IDENTIFICAÇÃO DOS SETORES E ÁREAS DE ABRANGÊNCIA	197
	APÊNDICE 3: RESISTÊNCIAS QUÍMICAS DOS REJUNTES INDICADOS PARA APLICAÇÃO NAS JUNTAS DAS PLACAS CERÂMICAS SOBRE OS PISOS DE CONCRETO EM FRIGORÍFICOS.....	200
	APÊNDICE 4: RESISTÊNCIAS QUÍMICAS DOS REVESTIMENTOS INDICADOS PARA APLICAÇÃO SOBRE OS PISOS DE CONCRETO EM FRIGORÍFICOS.....	202

APÊNDICE 5: APRESENTAÇÃO DE PLANILHA ORÇAMENTÁRIA PARA LEVANTAMENTO DE CUSTOS DE REVESTIMENTOS PARA OS PISOS INDUSTRIAIS INDICADOS PARA SEREM EMPREGADOS EM FRIGORÍFICOS DE SUÍNOS.....	204
--	------------

1 INTRODUÇÃO

O tema escolhido para o presente trabalho de dissertação foi motivado pelo interesse em aprofundar os conhecimentos relacionados aos agentes agressores causadores da degradação pelas quais passam os pisos industriais nas empresas de processamento de suínos (abate e industrialização). O mesmo foi desenvolvido com observações e dados coletados em duas plantas industriais. As pesquisas realizadas nas unidades que operam com essa atividade representam, integralmente, os problemas encontrados em várias outras empresas do mesmo segmento.

Visa-se, desta forma, a contribuir para o real entendimento e levantamento dos casos e situações, nos quais o conhecimento das causas e o emprego correto de materiais, utilizados de uma forma mais recomendada, levariam ao melhor desempenho, evitando-se a ocorrência de patologias nos pisos. Além disso, eliminar-se-iam os problemas relacionados aos gastos anuais empregados nas atividades de manutenções, diminuindo-se os riscos nos processos de produção, decorrentes das contaminações provocadas por microorganismos localizados nos pisos.

A grande maioria das empresas atuantes no segmento possui seus pisos com elevados processos de degradação, com patologias provocadas por agentes físicos e ou químicos. A vida útil dessas indústrias gira em torno de 15 anos e investe-se muito em manutenção para deixar os pisos em condições de operação dentro dos padrões aceitáveis de trabalho, objetivando-se deixar os ambientes livres de contaminação ocasionada por microorganismos presentes nos pisos, decorrentes de buracos, rachaduras, juntas esborcinadas, pisos desnivelados e quase sempre muito ásperos, entre outros.

Essa preocupação em manter as instalações com sua manutenção rigorosamente em dia pode ser percebida através de levantamentos realizados pelo departamento de engenharia da empresa pesquisada, o que demonstra a necessidade de cuidados especiais dispensados à confecção de novos pisos e à melhoria dos já existentes. A partir dessa análise de investimentos em recuperação de pisos, chegou-se à conclusão de que deverão ser promovidas melhorias, atendendo recomendações dos órgãos de inspeção sanitária.

Em uma das unidades industriais pesquisadas, as áreas relacionadas ao processo de produção, conforme planta apresentada no Apêndice 1, percebe-se a presença de dois pavimentos, totalizando aproximadamente 5.000 m² de áreas de pisos, onde, de acordo com as

condições verificadas, cerca de 85% necessitam de recuperações superficiais, com aplicações de revestimentos adequados aos agentes agressivos. O restante dos pisos apresenta problemas estruturais, sendo necessária sua completa substituição, com a remoção total do piso de concreto, requerendo-se a confecção de uma nova base de concreto, através da aplicação de revestimentos adequados a cada área específica.

Os cronogramas de recuperação são realizados através de acordos feitos com os departamentos de inspeção sanitária do governo federal existentes nas unidades, que estabelecem prazos para a realização dos trabalhos, sendo que o não cumprimento dos mesmos poderá ocasionar ao estabelecimento punições, tais como a não renovação dos certificados de exportação e, em alguns casos, até mesmo a proibição de atuação em mercados nacionais.

Paralelamente aos trabalhos e investimentos a serem realizados na recuperação dos pisos, tem-se, na grande maioria dos casos, a necessidade de paralisação de alguns setores envolvidos, originando prejuízos pela não produção, devido à interrupção das atividades do setor. Apresenta-se, como exemplo, o setor de abate de suínos na unidade de referência apresentada no Apêndice 1, que processa, diariamente, cerca de 1250 cabeças, com 100 kg cada. Considerando-se que os trabalhos são programados para serem realizados em épocas com menor número de dias úteis perdidos possíveis, para se diminuir as perdas na produção (feriados e domingos) e, necessitando-se no mínimo de três dias de trabalho nessas operações (entre atividades de demolições, preparações, aplicação de revestimentos e a cura) perde-se, no mínimo, um dia útil de processo. Assim, são deixados de abater os animais, com o valor médio de R\$ 2,06/kg, resultando em perdas relevantes.

Dessa forma, os valores são referentes ao trabalho de recuperação/manutenção ocasionado por interrupções do processo, e ainda àqueles valores referentes aos gastos, provocados pelo uso excessivo de materiais químicos utilizados nos processos de higienização que, na maioria das vezes, são empregados em quantidades maiores devido ao fato dos pisos terem problemas de superfície, como desgastes acentuados, buracos, rachaduras, fissuras, juntas quebradas e outras patologias que aumentam a incidência de agentes contaminantes.

Manutenções periódicas, paralisação de processos e gastos excessivos com processos de higienização são necessários e estão ligados diretamente ao estado de conservação dos pisos industriais. Não é realizada uma avaliação mais abrangente dos valores perdidos anualmente relacionados aos pisos, pois em geral somente são consideradas as perdas relacionadas à manutenção, não sendo consideradas as outras perdas, conforme mencionado acima. Estima-se que esses valores sejam relativamente importantes para a sobrevivência das

empresas, pois tratam-se de perdas financeiras que se originam na escolha inadequada dos revestimentos empregados em suas áreas de produção.

Ao se estudarem os agentes agressivos em suas formas, observam-se a presença de diferentes agentes, uns originados pelo processo produtivo e outros pelo processo de higienização, os quais são obrigatórios para se garantir a assepsia das instalações físicas e equipamentos. Na grande maioria das instalações destinadas ao abate de suínos e nas áreas destinadas a processos de industrialização de carnes, empregam-se pisos de concreto, e sobre estes são constantes e necessários os processos de limpeza, com o objetivo de deixar os ambientes livres da presença de microorganismos.

As exigências com a higiene tornam-se mais rigorosas e a qualidade do piso e seu estado de conservação têm enorme importância na operação do estabelecimento, dado o rigoroso controle dos órgãos fiscalizadores visando a combater os processos de contaminação interna nas fábricas. Assim, se a escolha do piso for realizada de forma incorreta, haverá seguramente muitos problemas a resolver. Nas instalações atuais, não são mais aceitos pisos com problemas, como desnivelamentos, buracos, juntas quebradas entre outros. Esses fatores contribuem para o aumento de contaminações microbianas, dificultando processos de higienização e prejudicando também o transporte interno de matérias-primas e a movimentação de produtos acabados.

O que se projeta para os pisos em instalações frigoríficas é que os mesmos tenham grande durabilidade e resistência aos diversos agentes agressivos físicos e químicos. Além disso, eles devem ser antiderrapantes, ter uma boa estética, sendo muitas vezes coloridos, diferenciando internamente as diversas áreas dos processos. Devem, também, ser aprovados pelos órgãos de controle de qualidade internos e órgãos de fiscalização sanitária.

1.1 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema visa à preocupação com o bem-estar social e econômico de empresas do ramo que operam com o processamento de carnes em abatedouros e industrialização de suínos, onde se constata elevada perda de recursos todos os anos, devido aos problemas com os pisos industriais, que prejudicam o andamento dos trabalhos realizados nos setores envolvidos, gerando paralisações desnecessárias e, principalmente, com investimentos financeiros em reparos constantes, manutenção ou substituições completas dos pisos, e ainda causando riscos à qualidade dos produtos por contaminações.

Com o intuito de buscar soluções técnicas capazes de resolver tais situações, e para eliminar os diversos problemas apresentados pelos pisos, necessita-se desenvolver um trabalho para avançar ainda mais na busca de conhecimentos que levem às soluções mais apropriadas. Diante disso, considera-se relevante pesquisar este tema, pois pode-se, seguramente, contribuir com soluções que resultem na diminuição do desperdício de recursos financeiros em frigoríficos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Reduzir a ocorrência de patologias nos pisos de frigoríficos de suínos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os agentes agressivos atuantes em pisos industriais, nas suas diversas formas;
- Caracterizar os agentes que causam as patologias nos pisos, nos diferentes ambientes do processo;
- Sugerir o emprego de materiais (revestimentos) adequados a cada necessidade.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado conforme a descrição a seguir. No capítulo 1, apresenta-se uma breve introdução, a justificativa desta pesquisa e os objetivos traçados para o desenvolvimento das atividades.

No capítulo 2, encontra-se a revisão bibliográfica sobre os pisos industriais de concreto armado e suas características. Além disso, são abordados seus componentes, seus critérios de desempenho no estado fresco e endurecido, além de outros aspectos relacionados à sua execução.

Já o capítulo 3, é dedicado aos principais meios agressivos e às patologias dos pisos de concreto armado não revestido. Faz referência aos agentes agressivos atuantes, tanto físicos quanto químicos.

No capítulo 4, apresentam-se os revestimentos empregados sobre os pisos industriais de concreto armado utilizados em frigoríficos, uma vez que o uso destes revestimentos aumenta a durabilidade dos pisos.

O capítulo 5 aborda a metodologia empregada na pesquisa, às formas de levantamento de dados sobre as patologias, os agentes agressivos e também a identificação dos revestimentos a serem utilizados como acabamento sobre os pisos.

O capítulo 6 mostra todo o levantamento de dados relacionados aos agentes agressivos e identificados nos diversos setores oriundos das atividades de produção e higienização da indústria. Além disso, foram também identificadas as patologias existentes nos diversos setores. Contempla, ainda, o estudo de alternativas a serem utilizadas para revestimento dos pisos nesses setores.

As considerações finais são apresentadas no capítulo 7, com os resultados encontrados e sugestões, onde se evidencia a necessidade da continuação de pesquisas sobre este tema.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCRETO

O concreto de cimento Portland é o material de construção mais consumido no mundo. Segundo Mehta; Monteiro (1994), o consumo “per capita” de concreto é de aproximadamente uma tonelada por ano, enfatizando que nenhum outro material, a não ser a água, é consumido em tal proporção pelo ser humano.

De acordo com Prudêncio (2004), suas propriedades técnicas - boa resistência à compressão, excelente resistência à água, possibilidade de se produzir peças com diferentes geometrias e capacidade de incorporar reforços para resistir a solicitações de tração e cisalhamento, aliadas às vantagens de seu custo relativamente reduzido - são as principais responsáveis por este sucesso.

2.1 DEFINIÇÕES

O concreto é obtido por intermédio da mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água. Em algumas situações são incorporados produtos químicos (aditivos) ou outros componentes (adições), como microssílica, polímeros, etc. A Figura 1, a seguir, demonstra o esquema de composição dos concretos.

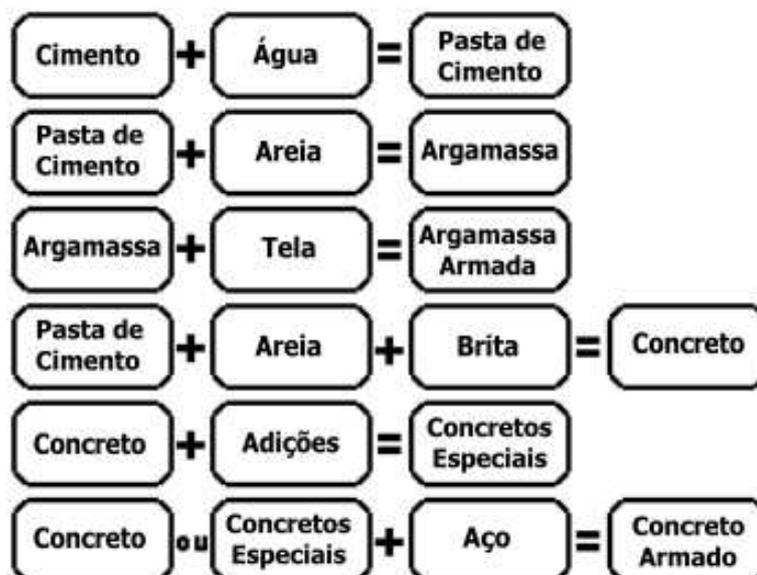


Figura 1: Esquema de composição dos concretos.
 Fonte: Portal do Concreto (2005-2006).

2.1.1 Os vários tipos de concreto

De acordo com Mehta; Monteiro (1994), o concreto também pode ser classificado em três grandes categorias, baseado na sua massa específica.

O concreto, contendo areia natural e seixo rolado ou pedra britada, geralmente pesando 2400 Kg/m^3 , é chamado **concreto de peso normal** ou concreto corrente, e é mais usado em peças estruturais. Para aplicações em que se deseja uma alta relação resistência/peso é possível reduzir a massa específica do concreto, usando-se certos agregados naturais processados termicamente que possuem baixa densidade. O termo **concreto leve** é usado para o concreto cuja massa é menor que 1800 Kg/m^3 . Por outro lado, o **concreto pesado**, usado às vezes na blindagem de radiações, é o concreto produzido a partir de agregados de alta densidade e que geralmente pesa mais do que 3000 Kg/m^3 .

A classificação do concreto quanto à resistência, predominante na Europa e em muitos países, não é usada nos Estados Unidos. Entretanto, do ponto de vista das diferenças nas relações estrutura-propriedade, é útil dividir o concreto em três categorias gerais, baseadas na resistência à compressão, referida a 28 dias:

- **Concreto de baixa resistência:** resistência à compressão menor que 20MPa;
- **Concreto de resistência moderada:** resistência à compressão de 20 a 40MPa;
- **Concreto de alta resistência:** resistência à compressão superior a 40MPa.

O concreto de resistência moderada é o concreto normal ordinário ou corrente, usado na maioria das estruturas. O concreto de alta resistência, por sua vez, é usado para aplicações especiais.

Dosagens típicas dos materiais para produzir concreto de baixa, moderada e alta resistência, com agregados normais são mostradas na Tabela 1. As relações entre o teor de pasta e a resistência, e entre o fator água/cimento da pasta e a resistência, devem ser observadas a partir dos dados.

Quadro 1: Proporções típicas para os materiais do concreto de diferentes resistências.

	Baixa Resistência	Resistência Moderada	Alta Resistência
	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
Cimento	255	356	510
Água	178	178	178
Agregado miúdo	801	848	890
Agregado graúdo	1169	1032	872
Proporção de pasta			
Porcentagem em massa	18	22,1	28,1
Porcentagem em volume	26	29,3	34,3
Fator água/cimento em massa	0,70	0,50	0,35
Resistência	18	30	60

Fonte: Mehta; Monteiro (1994, p. 11).

* Na prática americana, a não ser que seja especificado o contrário, a resistência do concreto é medida através do rompimento à compressão de corpos de prova cilíndricos de 15 x 30 cm depois de 28 dias de cura normal (27±1°C, 100% de umidade relativa).

2.1.2 Formas de preparação do concreto

Existem inúmeros tipos de concreto e várias são as formas de prepará-lo. Alguns são concretos modificados, denominados especificamente pelo nome, como por exemplo: concreto reforçado com fibras, concreto com cimentos expansivos e outros. Aqui vamos dar ênfase às formas de apresentação dos concretos diretamente relacionados à pesquisa, que visa o estudo dos pisos de concreto armado para fins industriais.

2.1.2.1 Concreto Convencional (CC)

Podemos dizer que o Concreto Convencional (CC) é aquele sem qualquer característica especial, que é utilizado no dia a dia da construção civil, estando aqui inserido na categoria de concreto de resistência moderada.

Seu *slump* (valor numérico que caracteriza a consistência do concreto) varia em torno de 40 a 70 mm, podendo ser aplicado na execução de quase todos os tipos de estruturas, com os devidos cuidados quanto ao seu adensamento.

Na obra, o caminhão pode descarregar o concreto diretamente nas formas, ou ele pode ser transportado por meio de carrinhos de mão, guas ou elevadores. Pode, ainda, ser bombeado com ajustes de granulometria de seus agregados, devido ao fato de ocorrerem possíveis problemas de entupimento. Nestes casos, existem traços especiais. Mesmo sendo um concreto simples, requer, como qualquer outro, um estudo prévio de seus componentes para a determinação do traço mais econômico, obedecendo às normas da ABNT para sua elaboração, execução e controle tecnológico da estrutura.

2.1.2.2 Concreto de Alto Desempenho (CAD)

As estruturas de concreto nos últimos anos vêm apresentando patologias e, por isso, com frequência, são necessárias inspeções detalhadas e avaliações do seu desempenho em serviço. Recuperações com reforço estrutural têm sido frequentes. Em casos extremos de má utilização, ou total falta de manutenção, registram-se algumas necessidades de reconstrução.

Nesse contexto, o grande problema que vinha afligindo os tecnologistas do concreto dizia respeito à necessidade técnico-econômica premente de se aumentar a durabilidade das estruturas construídas com esse material.

Após alguns anos de pesquisas foi desenvolvido o material mais promissor em termos de garantia de uma vida útil ampliada, de maiores resistências mecânicas, de maior durabilidade em face dos ataques de agentes agressivos do ambiente e, portanto, de menores despesas potenciais com manutenção e eventuais recuperações. Assim, surgiu o CAD (concreto de alto desempenho).

O CAD tem suas resistências superiores a 40 MPa e se enquadra na classificação de concreto de alta resistência. É de extrema importância para estruturas que necessitem ser compostas por peças com menores dimensões.

Além do aumento na vida útil das obras, este concreto pode proporcionar reformas mais rápidas, diminuição na quantidade e metragem das formas e maior rapidez na execução da obra, além de peças com menores dimensões e conseqüente grande economia.

2.1.3 Formas da execução estrutural

Os pisos de concreto podem ser executados armados ou não armados e a sua utilização estará diretamente vinculada a parâmetros de custos, durabilidade, vida útil e principalmente às características de ambiente onde estará empregado.

2.1.3.1 Concreto não armado

Pisos de concreto simples ou não armados são aqueles sujeitos a baixas capacidades de carregamentos ou solicitações físico/químicas. Podem ser empregados em obras de pisos onde fatores de durabilidade não sejam supostamente necessários. Observe-se a figura 2.

Segundo o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS, 2006), pisos não armados apresentam maiores custos de execução e diversos problemas durante a sua utilização, sendo citados alguns desses problemas, como:

- Fissuramento sem controle;
- Placas de no máximo 5,0m;
- Grande número de juntas;
- Dificuldades de rolamento;
- Pouca durabilidade;
- Constante manutenção;
- Espessuras geralmente maiores, na ordem de 20% em relação aos pisos de concreto armado.

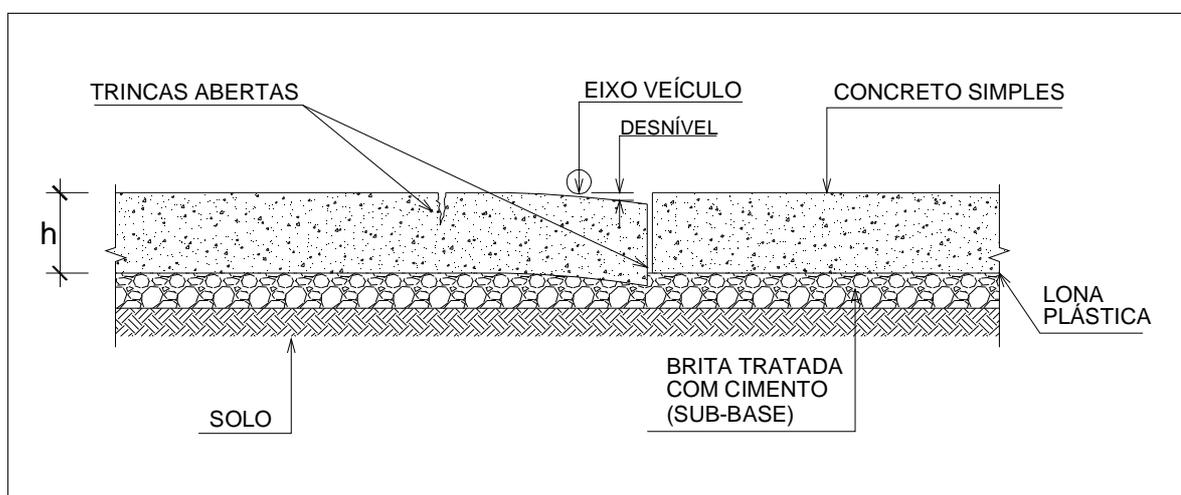


Figura 2: Detalhe de piso em concreto simples.
Fonte: IBTS (2006).

2.1.3.2 Concreto armado

Chamamos de concreto armado a estrutura de concreto que possui em seu interior armações feitas com barras de aço, as quais são denominadas de armaduras passivas. Estas armações são necessárias para atender à deficiência do concreto em resistir a esforços de tração (seu forte é a resistência à compressão) e são indispensáveis na execução de peças estruturais.

Outra característica deste conjunto é a de apresentar grande durabilidade. A pasta de cimento envolve as barras de aço de maneira semelhante aos agregados, formando sobre elas

uma camada de proteção que impede a oxidação. As armaduras, além de garantirem as resistências à tração e flexão, podem também aumentar a capacidade de carga à compressão.

A resistência à tração do concreto está situada na ordem de 10% de sua resistência à compressão, sendo geralmente desprezada nos cálculos estruturais. Encontrar meios de fazer o concreto ganhar força neste quesito é uma das eternas batalhas da engenharia, que tem como uma de suas grandes vantagens a protensão do concreto. Ela pode ser definida como o artifício de introduzir na estrutura um estado prévio de tensões, através de uma compressão prévia na peça concretada (protensão).

A obtenção da protensão do concreto é conseguida com a utilização de cabos de aço de alta resistência, que são tracionados e fixados no próprio concreto. Os cabos de protensão têm resistência em média quatro vezes maior do que os aços utilizados no concreto armado, sendo neste caso denominadas de armaduras ativas.

Dentro das vantagens que esta técnica pode oferecer, tem-se: a redução na incidência de fissuras; diminuição na dimensão das peças, devido à maior resistência dos materiais empregados; e possibilidade de vencer vãos maiores do que o concreto armado convencional.

Segundo o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS, 2006) pisos de concreto armado são estruturas constituídas por placas de concreto, armaduras em malhas de aço, juntas com barras de transferência, uma sub-base normalmente de brita tratada com cimento e um solo de apoio, (observe-se na figura 3). Esses pisos podem ser da seguinte forma:

- Com malha simples superior para a redução da retração hidráulica;
- Com malha dupla (superior e inferior) para o aumento da capacidade de carga;
- Através de cabos ou cordoalhas protendidas, visando à redução da espessura e ao aumento no tamanho das placas (pisos em concreto protendido).

Ainda segundo o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS, 2006) os pisos de concreto armado apresentam grandes vantagens. Dentre elas podem ser citadas as seguintes:

- Controle de fissuramento;
- Placas com comprimentos de até 30,0m;
- Reduzido número de juntas;
- Maior planicidade;
- Maior segurança;

- Facilidade de rolamento;
- Maior durabilidade;
- Pouca manutenção;
- Menores espessuras;
- Menor custo global.

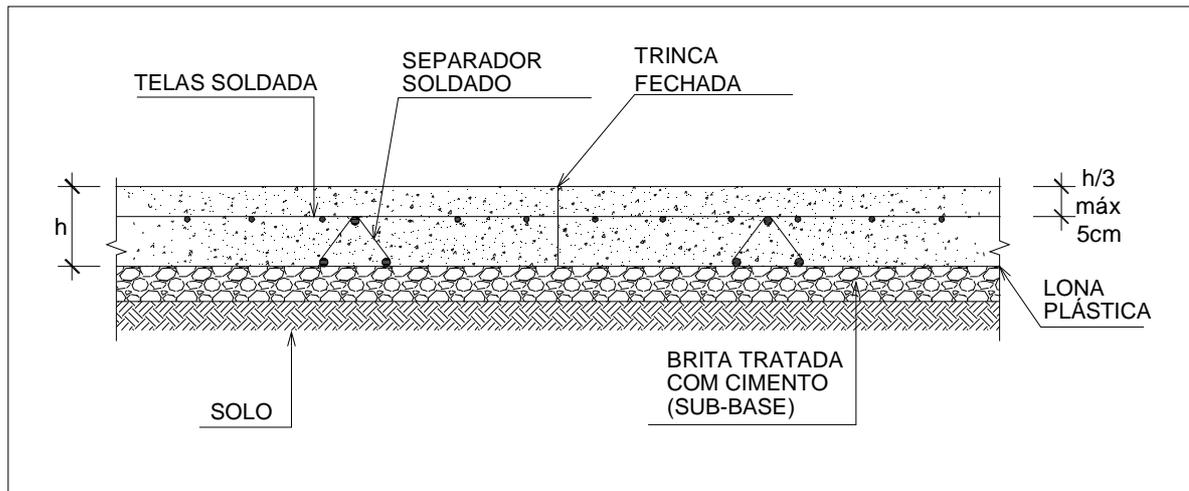


Figura 3: Detalhe de piso em concreto armado.
Fonte: IBTS (2006).

2.2 PISOS DE CONCRETO ARMADO PARA FINS INDUSTRIAIS

Observando-se, atentamente, o grande número de manifestações patológicas a que estão sujeitos o piso de concreto, chega-se à conclusão de que os mesmos estão se deteriorando muito cedo. Percebe-se, também, que boa parte dos problemas encontrados, senão a grande maioria está relacionada à escolha inadequada de práticas executivas durante as etapas do processo construtivo, que são: a fase de concepção do projeto; escolha dos materiais; os trabalhos de execução propriamente ditos; e, um fato de grande importância, muitas vezes desconsiderado, que é a sua utilização.

Geralmente, os pisos industriais não recebem os devidos cuidados na fase do projeto e, quase sempre, se especifica um concreto de baixo desempenho para a sua execução. Essa tendência leva invariavelmente a pisos com grandes desgastes superficiais, causando, de

imediatamente, a aberturas de buracos, rachaduras e, em muitos setores, o desprendimento de partículas que podem até comprometer os processos de produção.

Segundo Rodrigues; Gasparetto (2004), normalmente o piso é objeto de pouca ou nenhuma atenção na fase de projeto e, quase sempre, se especifica um concreto de baixo desempenho para a sua execução, como aqueles com f_{ck} 15 MPa ou 18 MPa. De imediato, pode-se identificar um grave problema: a baixa resistência mecânica do concreto irá levar a uma tendência de desgaste superficial excessivo, fazendo com que o piso solte partículas, tendo um aspecto empoeirado.

O concreto empregado, atualmente, para a execução de pisos industriais, geralmente, **se nos enquadra** de resistência moderada, devido ao fato de serem empregados em locais de trânsito intenso e sujeito os ataques de agentes agressivos. É necessário que, para a sua produção, seja realizado - em todas as etapas - um trabalho de qualidade, com acompanhamento adequado na dosagem, aplicação, cura, juntas de dilatação, e assim por diante.

O concreto deve manter a consistência durante a aplicação, ter baixa permeabilidade, elevada resistência à abrasão, baixos níveis de fissuração e um tempo de pega conveniente. Tais características proporcionam menor exsudação, melhor acabamento e maior durabilidade para os pisos.

2.2.1 Pisos de concreto

2.2.1.1 Requisitos de desempenho

2.2.1.1.1 Resistência à fissuração

A retração é a redução de volume do concreto durante o processo de endurecimento, devido à diminuição do volume de água dos poros. Usualmente, a retração é dividida em retração autógena e retração hidráulica (por secagem). A retração autógena ocorre sem perdas de água para o exterior e é consequência da remoção da água dos poros capilares pela hidratação do cimento. A retração hidráulica é influenciada pelas condições ambientais (umidade relativa, temperatura, vento, etc). Na prática a retração hidráulica inclui, também, a variação autógena de volume. [...] Uma cura prolongada retarda o início da retração, permitindo que o concreto alcance uma resistência à tração satisfatória, podendo-se evitar uma fissuração prematura. As

armaduras também são eficientes para a limitação das aberturas das fissuras decorrentes da retração. (ARAÚJO, 2003, p. 36).

O fenômeno é inevitável e bastante frequente em placas de concreto. Diversos fatores podem causar a retração, como o tipo de cimento e a natureza dos agregados e dos aditivos. Mas, a principal causa é a quantidade de água na mistura. As fissuras induzidas pela retração devem ser combatidas com armaduras adequadamente posicionadas e pelas juntas de trabalho do piso.

Esta retração, associada às variações de natureza térmica, provoca uma expressiva movimentação nas juntas ou nas eventuais fissuras que, se não estiverem adequadamente seladas, propiciarão a entrada de material incompressível, que causará, por sua vez, tensões localizadas, levando ao esborcinamento da região e aumentando a abertura gradualmente. Essa é uma das principais causas da redução da vida útil e aumento nos custos de manutenção dos pisos.

2.2.1.1.2 Planicidade e nivelamento - Números "F"

A superfície do piso é o local onde há maior rigor no controle da qualidade, pois é ela que vai refletir os cuidados tomados durante a execução e, principalmente, definir o nível de desempenho, juntamente com a capacidade estrutural, do produto final.

A principal característica superficial é a planicidade, que define a quantidade de ondulações e outras imperfeições superficiais. O seu valor está fortemente relacionado às operações de acabamento.

A planicidade será medida pela máxima luz (ou abertura) entre o piso e uma régua de 3m, livremente apoiada sobre ele. Classifica-se a planicidade conforme o quadro 2.

Quadro 2: Classificação da planicidade.

Planicidade	mm
Convencional	
- desempenada	12
- sarrafeada	08
Plana	05
Muito Plana	03

Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 84).

Embora esse procedimento tenha sido empregado por mais de 50 anos, apresentava uma série de deficiências, entre as quais se pode citar (ACI, 1990):

- Dificuldade em ensaiar grandes áreas;
- Dificuldade na amostragem aleatória do piso;
- Não reprodutibilidade dos resultados;
- Fracasso do método na determinação da planicidade de superfícies rugosas;
- O método não permite determinar o nivelamento da superfície.

Para contornar essas dificuldades, a American Society for Testing and Materials desenvolveu um procedimento de medida das características da superfície (ASTM, 1987), que introduz o conceito do F-Number System, formado por dois valores distintos para medir o perfil do piso (ACI, 1989):

- O FF, índice Face de planicidade (*Flatness*), que define a máxima curvatura permitida no piso em 600 mm, calculada com base em duas medidas sucessivas de elevações diferenciais, tomadas a cada 300 mm;
- O FL, índice Face de nivelamento (*levelness*), que define a conformidade relativa da superfície com um plano horizontal, medido a cada 3m.

O par de valores F-Number, geralmente é apresentado na forma FF /FL, de modo que uma especificação indicada como 25/20 significa que o FF é 25 e o FL é 20. Teoricamente, os valores do FF podem variar de zero a infinito; na prática, situam-se entre 10 e 50, nos casos

mais comuns, ou próximos a 100, em casos especiais. A variação do **FF** é linear, isto é, um piso com **FF** = 30 é duas vezes mais plano do que outro com **FF** = 15.

Em pisos elevados, onde o **FL** não tem significado por causa da deformação da laje, indica-se, por exemplo, um piso cujo **FF** é 35 como **F35**. O mesmo critério deve ser usado em pisos inclinados, como as rampas de acesso, onde o **FL** também não tem significado.

De acordo com o **FF /FL**, o piso pode ser classificado conforme o quadro 3 (ACI, 1996). Os valores do **FF** e **FL** mínimos locais são os menores valores admitidos para cada linha de medida, tomada de acordo com a norma ASTM E 1155-87 (ASTM, 1987).

Quadro 3: Classificação do piso e valores mínimos para FF e FL.

Tipo de Piso	Valores mínimos de F_F e F_L			
	Área de teste		Valores locais mínimos	
	F_F	F_L	F_F	F_L
Convencional				
desempenado	15	13	13	10
sarrafeado	20	15	15	10
Plano	30	20	15	10
Muito Plano	50	30	25	15

Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 85).

Os dados do quadro 3 devem ser empregados somente quando o tráfego no piso for aleatório. Quando são empregados veículos com tráfego definido, em corredores estreitos, o conceito de medida é diferente do apresentado na norma ASTM, devendo-se empregar o índice **Fmin**, que não deve ser confundido com os valores mínimos locais.

O **Fmin** é empregado em pisos com altos índices de planicidade, denominados *superflat*, nos quais o par **FF / FL** é geralmente superior a 100 e a sua determinação não é ainda normalizada.

2.2.1.2 Espaçamento das juntas

O espaçamento entre as juntas em um pavimento rígido irá depender do seu tipo, simples ou armado, da espessura da placa, do coeficiente de atrito da placa com a sub-base e das condições de cura.

Em pavimentos não armados, deve-se tomar extremo cuidado com o espaçamento entre as juntas, que precisa ser cuidadosamente adotado. Durante a execução do piso, é necessário um monitoramento intenso para verificar se não estão ocorrendo fissuras pela retração do concreto. Essas fissuras ocorrem quando o espaçamento das juntas foi subestimado e as tensões de tração originadas pela retração ao movimento da placa, devido ao atrito com a sub-base, excedem à tensão de ruptura do concreto, ou quando as condições de cura estão inadequadas e o concreto retrai mais rapidamente do que aconteceria em condições normais. Isso provoca tensões induzidas pelo movimento em um período em que a resistência do concreto não está plenamente desenvolvida e, portanto, está incapaz de suportá-las.

No piso não armado, a ocorrência dessas fissuras leva a sérios problemas, já que passam a trabalhar como verdadeiras juntas, e, por não estarem seladas, deterioram-se rapidamente, havendo a necessidade de sua recuperação.

O espaçamento recomendado para esse tipo de piso varia de pouco mais que 3m, para espessuras de placa de 125 mm, até em torno de 8m, quando esta for de 250 mm (PCA, 1983). Em nosso meio, são comuns os pisos com espessura em torno de 150 mm. Nessas condições, tomando-se cuidados extremos com os parâmetros de dosagem e cura, dificilmente pode-se adotar placas maiores do que 5m.

É por esses motivos que, para pisos industriais nos quais as juntas quase sempre representam uma limitação ao seu desempenho, se recomendam pisos armados, geralmente com a finalidade única de combater a fissuração.

Na realidade, a fissura pode até ocorrer, mas permanece fechada, imperceptível como no concreto armado, impedindo a entrada de materiais incompressíveis que levariam à sua deterioração. Esse mecanismo permite a adoção de placas razoavelmente mais longas do que nos pisos não armados, havendo possibilidade do uso de comprimentos superiores a 30m, onde este é muito mais função da abertura da junta e do tipo e reservatório do selante do que propriamente das fissuras que poderiam ocorrer (WRI, 1975).

O espaçamento entre juntas passa a ser, portanto, estabelecido pela adequação do projeto geométrico à arquitetura e interferências com a estrutura do edifício, dando maior

liberdade ao projetista e maior funcionalidade e racionalização ao piso. Uma vez adotado o comprimento da placa, basta determinar a armadura necessária, em função dos parâmetros intervenientes para emprego de tela CA-60.

2.3 PISOS DE CONCRETO ARMADO

2.3.1 Materiais constituintes do concreto

2.3.1.1 Cimento

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água. Depois de endurecido o cimento Portland não se decompõe mais, ainda que sofra novamente ação da água.

As características e propriedades desses concretos vão depender da qualidade e proporções dos materiais com que são compostos. Dentre eles, entretanto, o cimento é o mais ativo, do ponto de vista químico. Pode-se dizer que o cimento é o principal responsável pela transformação da mistura dos materiais componentes dos concretos no produto final desejado.

Portanto, é de fundamental importância utilizá-lo corretamente. Para isto, é preciso conhecer bem suas características e propriedades, para poder aproveitá-las da melhor forma possível na aplicação que se tem em vista.

Em função dos agregados a utilizar e das condições ambientais, de forma a inibir o desenvolvimento de reações expansivas, será recomendável, em muitos casos, a utilização de cimentos com baixos teores de álcalis.

Por outro lado, é necessário considerar os aspectos da contra-indicação de alguns tipos de cimento, diante da atuação de determinados agentes agressores, como, por exemplo, no caso dos cimentos CPV – ARI em obras de grande volume de concreto, em que se afiguram como grandes as probabilidades de ocorrência de retrações significativas ou de hipersensibilidade à ação de gradientes térmicos, ou ainda no caso dos cimentos de alto-forno.

A princípio não há nenhuma restrição com relação ao tipo de cimento que será empregado na confecção do concreto, embora exista alguma restrição ao cimento de alta resistência inicial (Tipo V), em função de uma possível maior retração hidráulica, causada por teores mais elevados de C_3A (aluminato tricálcio) e maiores finuras.

Existem diversos exemplos de pisos executados com cimento de alta resistência inicial, coroados de sucesso. Esses cimentos têm geralmente tempo de início de pega curto, facilitando as operações de acabamento do concreto e reduzindo o período em que ocorre a exsudação.

Em que pese à possibilidade de se ajustar, através de dosagens adequadas, os diversos tipos de cimento às mais diversas aplicações, a análise das suas características e propriedades, já mostra que certos tipos são mais apropriados para determinados fins do que outros.

O quadro 4 mostra de maneira simplificada, de que forma os diversos tipos de cimento agem sobre as argamassas e concretos de função estrutural, com eles constituídos.

Quadro 4: Ação dos cimentos sobre argamassas e concretos.

Propriedade	Tipo de cimento portland						
	Comum e composto	Alto-forno	Pozolânico	Alta resistência inicial	Resistente aos sulfatos	Branco estrutural	Baixo calor de hidratação
Resistência à compressão	Padrão	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Muito maior nos primeiros dias	Padrão	Padrão	Menor nos primeiros dias e padrão no final da cura
Calor gerado na reação do cimento com a água	Padrão	Menor	Menor	Maior	Padrão	Maior	Menor
Impermeabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
Resistência aos agentes agressivos (água do mar e de esgotos)	Padrão	Maior	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior
Durabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Maior	Padrão	Maior

Fonte: ABCP (2002, p. 21).

O quadro 4 aponta quais os tipos de cimento disponíveis no mercado podem ser usados nas mais diferentes aplicações em estruturas.

Quadro 5: Aplicação dos diferentes tipos de Cimento Portland.

Aplicação	Tipos de cimento portland
Argamassa de revestimento e assentamento de tijolos e blocos	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV).
Argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F) e Pozolânico (CP IV).
Argamassa de rejuntamento de azulejos e ladrilhos	Branco (CPB)
Concreto simples (sem armadura)	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Concreto magro (para passeios e enchimentos)	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Concreto armado com função estrutural	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto protendido com protensão das barras antes do lançamento do concreto	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-Z, CP II-F), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto protendido com protensão das barras após o endurecimento do concreto	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto armado para desfôrma rápida, curado por aspersão de água ou produto químico	de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Concreto armado para desfôrma rápida, curado a vapor ou com outro tipo de cura térmica	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento curados por aspersão de água	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural) (VER NOTA) (*)
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desfôrma rápida, curados por aspersão de água	de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desfôrma rápida, curados a vapor ou com outro tipo de cura térmica	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Pavimento de concreto simples ou armado	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Pisos industriais de concreto	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)
Concreto arquitetônico	Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Argamassa armada (VER NOTA) (*)	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Solo-Cimento	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Argamassas e concretos para meios agressivos (água do mar e de esgotos)	de Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Resistente a Sulfatos
Concreto-massa	De Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e de Baixo Calor de Hidratação
Concreto com agregados reativos	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CP II-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)

NOTA: (*) Dada a pouca experiência que se tem no Brasil sobre uso do CP III e do CP IV na argamassa armada deve-se consultar um especialista antes de especificá-los para esse uso.

Fonte: ABCP - BT-106 (2002, p. 23).

O quadro 6 mostra as características dos tipos de cimento. Esse conhecimento é importante no momento de escolher um determinado tipo, pois dele dependerá a durabilidade do concreto. Isso obriga a um conhecimento do tipo de obra que será realizada e do ambiente onde esta exercerá sua função.

Quadro 6: Cimentos Portland nacionais - Exigências químicas.

Tipo de cimento Portland	Resíduo insolúvel (%)	Perda ao fogo (%)	MgO (%)	SO₃ (%)	CO₂ (%)	S (%)
CPI	≤ 1,0	≤ 2,0			≤ 1,0	-
			≤ 6,5	≤ 4,0		
CPI-S	≤ 5,0	≤ 4,5			≤ 3,0	-
CP II- E	≤ 2,5					-
CP II- Z	≤ 16,0	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 5,0	-
CP II F	≤ 2,5					-
CP III	≤ 1,5	≤ 4,5	-	≤ 4,0	≤ 3,0	1,0 ⁽¹⁾
CP IV ^{(2) (3)}	- ⁴	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 3,0	-
CP V- ARI	≤ 1,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 3,5 ≤ 4,5 ⁽⁵⁾	≤ 3,0	-

NOTA: (1) Ensaio facultativo.

(2) A atividade pozolânica do cimento, determinada conforme a NBR 5753, deve ser positiva.

(3) O teor de material pozolânico, determinada conforme a NBR 5752, deve estar entre 15% e 40%.

(4) O teor de material pozolânico deve ser determinado pelo ensaio de resíduo insolúvel (MB 511).

(5) O teor de SO₃ igual a 3,5% aplica-se quando C₃A ≤ 8,0 e 4,5% quando C₃A ≥ 8,0%.

Fonte: ABCP - BT-106 (2002, p. 20).

Os projetos de estruturas duráveis em ambientes agressivos devem ater-se ao uso dos cimentos CPIII ou CPIV, rejeitando sumariamente, nesses casos, os cimentos CPII e CPV (ARI). Essa opção exigirá, como condição indispensável, a aceitação de que obras em ambientes agressivos devem adotar prazos mais dilatados de desfôrma e de remoção de escoramentos, em razão das características dos cimentos escolhidos.

A qualidade efetiva do concreto na obra deve ser assegurada por corretos procedimentos de mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e desfôrma, os quais têm efeito relevante nas camadas superficiais do concreto da estrutura e no concreto como um todo, em face da influência das camadas superficiais nas propriedades de difusividade, permeabilidade e absorção capilares de água e gases.

Embora a resistência à compressão não seja, por si só, uma medida suficiente da durabilidade do concreto, porquanto esta depende das camadas superficiais do concreto da

estrutura, decidiu-se em vários estudos fazer referência às classes de resistência por ser esta a propriedade mais consagrada nos projetos estruturais. Na fixação dos parâmetros de relação água-cimento máxima e classe de resistência mínima adotadas pela NBR6118 (2003) levaram-se em consideração os resultados constantes no quadro 7.

Quadro 7: Resultados em MPa, obtidos em ensaios realizados para determinação de resistência à compressão aos 28 dias de concretos, em função da relação A/C, para vários tipos de cimento.

Tipo de cimento	Relação A/oC				
	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
CP I - 32	28	32	37	41	47
CP II – 32	24	28	31	35	39
CP II – 40	28	32	36	41	46
CP III – 32	23	27	31	36	41
CP III – 40	27	32	37	42	49
CP IV – 32	24	28	32	36	41
CP V – ARI/RS	30	33	38	42	46
CP V - ARI	33	38	42	47	53

Fonte: Comitê CT 301 (2003).

A figura 4 demonstra a evolução média de resistência à compressão dos distintos tipos de cimento Portland.

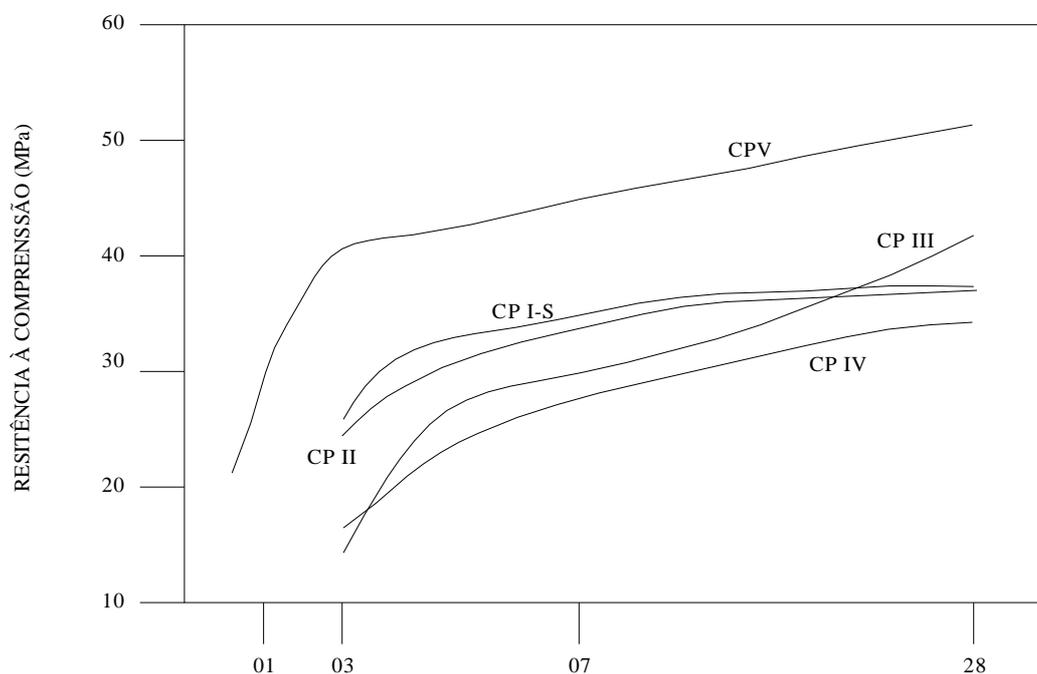


Figura 4: Evolução média de resistência à compressão dos distintos tipos de cimento Portland.
Fonte: ABCP - BT-106 (2002).

2.3.1.2 Agregados

A definição de agregado mais aceita é: material granular, sem forma ou volume definido, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia, em particular ao fabrico de concretos.

Segundo Sbrighi Neto (2005), os agregados podem ser classificados quanto à origem em naturais, britados, artificiais e reciclados.

Os naturais são encontrados na natureza, já preparados para o uso sem outro beneficiamento que não seja a lavagem (quando for o caso a sua classificação granulométrica, geralmente, é feita por peneiramento), como por exemplo: areia de rio, pedregulho, areia de cava, etc.

Já os britados são submetidos a processo de cominuição, geralmente por britagem, para que possam se adequar ao uso como agregados para o concreto. É o caso da pedra britada, do pedrisco, do pedregulho britado, etc.

Existem, ainda, os artificiais, que são derivados de processos industriais, tais como: a argila expandida e pelletizada; o folhelho expandido por tratamento térmico; a vermiculita expandida; e, ainda, os agregados reciclados dos resíduos industriais granulares que tenham propriedades adequadas ao uso como agregado ou proveniente do beneficiamento de entulho de construção ou demolição selecionado para a aplicação. Neste grupo estão: escória de alto-forno; entulho de construção/demolição; etc.

Os agregados, para efeito de exposição podem ser subdivididos em miúdos e graúdos. A norma NBR 7211 apresenta curvas de distribuição granulométrica para os agregados miúdos e graúdos, conforme os quadros 8 e 9.

Quadro 8: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada.			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável ²	Zona ótima ¹	Zona ótima ¹	Zona utilizável ³
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

Notas:

¹ O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.

² O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.

³ O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: Sbrighi Neto (2005, p. 334).

Em geral, areias muito grossas podem produzir misturas de concreto ásperas e não trabalháveis, enquanto as muito finas aumentam o consumo de água (portanto, o consumo de cimento para uma dada relação água/cimento) e são antieconômicas. Assim, uma distribuição granulométrica equilibrada produzirá misturas de concreto mais trabalháveis e econômicas, além do fato de proporcionar uma estrutura mais fechada da massa de concreto, o que diminui o volume de vazios e, por conseqüência, os espaços por onde podem penetrar os agentes agressivos ao concreto na forma de líquidos e gases ou vapores. (SBRIGHI NETO, 2005, p. 335).

Quadro 9: Limites da composição granulométrica do agregado graúdo.

Peneira com abertura de malha (NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada.				
	Zona granulométrica d/D ¹				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0-5
63 mm	-	-	-	-	5-30
50 mm	-	-	-	0-5	75-100
37,5 mm	-	-	-	5-30	90-100
31,5 mm	-	-	0-5	75-100	95-100
25 mm	-	0-5	5-25 ²	87-100	-
19 mm	-	2-15 ²	65 ² -95	95-100	-
12,5 mm	0-5	40 ² -65 ²	92-100	-	-
9,5 mm	2-15 ²	80 ² -100	95-100	-	-
6,3 mm	40 ² -65 ²	92-100	-	-	-
4,75 mm	80 ² -100	95-100	-	-	-
2,36 mm	95-100	-	-	-	-

Onde:

d corresponde à menor dimensão do agregado, definida pela maior abertura da peneira da série normal ou intermediária em que fica retida a fração mais fina da distribuição granulométrica do agregado, de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987);

D corresponde à maior dimensão do agregado, definida pela menor abertura de peneira das séries normal e intermediária que a de todas as granulométricas, de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987);

d/D define a zona granulométrica do agregado. Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

¹ Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de, no máximo, cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados

² Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: Sbrighi Neto (2005, p. 335).

Os agregados graúdos irão afetar mais as propriedades do concreto endurecido, visto que o fator de forma, textura superficial e mesmo a presença de materiais pulverulentos irão atuar de maneira marcante na resistência à tração na flexão.

Um dos procedimentos utilizados em métodos de dosagem do concreto, isto é, o proporcionamento entre os seus vários constituintes, inclui a determinação da massa unitária de várias proporções entre agregados procurando otimizar a proporção de maior massa unitária, já que ela representa o menor volume de vazios da mistura. Isso ocorre porque, em termos de maior compactidade e economia, essa opção aumenta a economicidade do traço, visto que os vazios entre os agregados devem ser preenchidos por pasta de cimento Portland. (SBRIGHI NETO, 2005, p. 336).

2.3.1.3 Aditivos

São produtos especialmente formulados para melhorar algumas propriedades dos concretos e argamassas, tanto no estado fresco como no estado endurecido. Considera-se como aditivo todo o produto adicionado até um máximo de 5% em relação à massa de cimento contida no concreto. (RINCÓN; HELENE, 2003, p. 217).

Segundo Rodrigues; Cassaro (1998), o uso de aditivos está bastante disseminado entre os tecnologistas de concreto, principalmente quando se trata de concreto usinado ou pré-misturado. Deve-se atentar, principalmente, para os aditivos que interferem no tempo de pega do cimento e naqueles que facilitam a exsudação ou que incorporem ar ao concreto, como diversos tipos de superplastificantes, que também podem promover o aumento da exsudação.

O maior problema enfrentado, na prática, é que os aditivos mais empregados, os plastificantes, mesmo que não possuam a propriedade de alterar a pega do concreto, acabam por fazê-lo, sendo comum a obtenção de tempos ligeiramente superiores com o uso da maioria desses produtos. A dificuldade que esta prática acarreta está no fato do lançamento desses produtos no concreto nem sempre ser bem conduzido, havendo condições que não são favoráveis à sua homogeneidade. Como consequência, tem-se porções de concreto de uma mesma mistura com tempos de pega diferentes, que são facilmente observáveis quando das operações de acabamento.

De acordo com Yazigi (2000) sua classificação é baseada nos efeitos do emprego dos aditivos sobre o concreto, conforme dados do quadro 10.

Quadro 10: Classificação dos aditivos

A) Modificadores de tempo de pega e endurecimento:	
* Retardadores - Aumentam o tempo para aplicação;	
- Evitam a perda de consistência;	
- Reduzem o calor de hidratação (a perda de água é menos intensa),	
(Evita rachaduras e segregação);	
* Aceleradores - Permite a utilização do concreto a baixas temperaturas;	
- Diminuem o tempo de desfôrma do concreto (pré-moldados);	
B) Plastificantes - Reduz em 6% a quantidade de água a ser adicionada;	
- Mantém a resistência e eleva a trababilidade;	
C) Impermeabilizante - Impermeabilizam as superfícies;	
D) Incorporadores de Ar - Aumentam a durabilidade;	
- Reduzem o teor de água e a permeabilidade do concreto;	
E) Expansor	- Provaca a expansão do concreto;
F) Fungicida	- Impredem a formação de fungos ou mesmo algas no Concreto endurecido;
G) Pigmentos	- Para a colocaração do concreto.

Fonte: Autor (2006).

2.3.2 Requisitos para o concreto no estado fresco

Para a execução de uma estrutura, o concreto deve atender necessidades que permitam sua concretagem, desde que atingidos, no estado endurecido, os parâmetros de estabilidade e durabilidade preestabelecidos na fase de projeto, conforme previsto na NBR 6118 (2003).

É importante, portanto, que certas propriedades do concreto fresco sejam estabelecidas com a finalidade de atingir esses objetivos, como trabalhabilidade suficiente que permita realizar as etapas de transporte, de lançamento, de adensamento e de acabamentos, mantendo-o homogêneo. Para isso, a mistura no estado fresco deve manter-se, durante essas etapas, com fluidez e coesão mínimas, de acordo com as condições de lançamento do concreto, que deve apresentar duas qualidades principais durante a fase de execução de peças estruturais: fluidez e coesão. A fluidez é a facilidade de mobilidade, e a coesão é a resistência à exsudação e à segregação.

Quando se adiciona água ao cimento, obtém-se uma pasta de consistência plástica que pode ser moldada com maior ou menor dificuldade, em função da sua viscosidade, que é diretamente proporcional à quantidade de água. Essa característica permanece praticamente inalterada por um determinado período, denominado estágio de dormência, no qual, aparentemente, não há reações químicas em curso.

A pasta começa a enrijecer após um certo tempo da mistura e até um determinado ponto em que, embora esteja mole, se torna não trabalhável, atingindo então o início de pega. Desse ponto em diante, a pasta torna-se cada vez mais rígida até que, embora não tenha resistência, torna-se dura. Para os cimentos nacionais este tempo de pega não deve ser superior a uma hora.

No concreto, o mecanismo é similar, embora os tempos de início e fim de pega sejam superiores. Isso ocorre porque, na realidade, o período de dormência não é de inatividade química, havendo o crescimento dos cristais de etringita, que são em forma de agulhas.

Quando os cristais se entrelaçam, ocorre a pega do cimento. Como, no concreto, as partículas estão mais afastadas, devido à presença dos agregados, os períodos de tempo são maiores, notadamente o do início de pega.

Para fins práticos, ele se denomina concreto fresco, e o período em que ele é trabalhável é compreendido basicamente pelo tempo de dormência. Nos pisos, a fase de

acabamento pode ultrapassar o início de pega, sendo tecnicamente correto dizer-se que ele ainda se encontra no estado fresco. A principal característica do concreto fresco é sua trabalhabilidade.

2.3.2.1 Trabalhabilidade

“Para a execução de estruturas, o concreto deve atender necessidades que permitam sua concretagem, desde que atingidos no estado endurecido, os parâmetros de estabilidade e durabilidade preestabelecidos na fase de projeto.” (GUIMARÃES, 2005, p. 473). Portanto, é necessário que certas propriedades do concreto fresco sejam atingidas de forma a alcançar esses objetivos, como a trabalhabilidade suficiente para permitir essas operações.

Segundo Guimarães (2005), quando o concreto é lançado e adensado, é importante que atinja a melhor compacidade possível. Para que isso ocorra é necessário expulsar ao máximo o ar aprisionado durante as etapas de mistura, transporte e lançamento, adensando o concreto sem o desagregar. O concreto deve se manter nessa condição até o acabamento final.

Muitas vezes, a trabalhabilidade é confundida com a plasticidade do concreto, provavelmente devido ao fato de o tipo estrutural ser predominante. Neste, a consistência, medida pelo ensaio do tronco de cone *slump*, é a que melhor espelha a trabalhabilidade. Há, entretanto, outras, como a coesão e a aspereza, que são bastante importantes para a mistura fresca.

Concretos trabalháveis em determinadas circunstâncias não o são para outras. Por exemplo, veja-se o caso de uma sub-base de concreto compactado com rolo, adensado por rolos vibratórios, que difere substancialmente de um concreto com a mesma finalidade, adensado por vibradores de imersão. Ambos são trabalháveis para suas condições específicas.

A trabalhabilidade do concreto irá depender, fundamentalmente, das características particulares e proporcionamento relativo dos seus diversos constituintes, que são cimento, agregados e água:

- Areias grossas tendem a produzir misturas pouco coesas e ásperas, sendo o mesmo efeito observado em misturas com baixos teores finos;
- Agregados graúdos, com dimensão característica baixa, requerem maior quantidade de argamassa para uma mesma trabalhabilidade;

- Agregados graúdos lisos e arredondados necessitam de menores teores de argamassa, enquanto, se as partículas forem lamelares, a necessidade se inverte;
- Quantidades excessivas de agregado graúdo têm como resultado misturas com pouca coesão e mobilidade;
- A plasticidade aumenta quando a relação água/cimento cresce, podendo a coesão diminuir;
- O aumento da quantidade de cimento e outros materiais finos favorecem a plasticidade e aumenta a coesão, reduzindo a segregação.

Conseqüentemente, o proporcionamento do concreto para uma trabalhabilidade desejável, mas não totalmente mensurável e definível, permanece mais como uma arte que uma ciência. Esta é outra razão por que um conhecimento superficial dos procedimentos de dosagem, sem um entendimento dos princípios básicos envolvidos, não é suficiente para obter êxito numa dosagem.

2.3.2.2 Exsudação

Exsudação é a separação de parte da água de mistura do concreto, a qual tende a subir para a superfície do concreto recém adensado. Parte dessa água acumula-se na parte inferior dos agregados graúdos e das barras de aço, prejudicando a aderência e a resistência final do concreto. (GUIMARÃES, 2005, p. 491).

A exsudação provoca aumento no teor de água das camadas superficiais, reduzindo a sua resistência mecânica, fazendo-se notar, principalmente, pela maior tendência ao desgaste, empoeiramento e escamamento do piso.

A exsudação é a segregação da água do concreto, que aflora à superfície após o adensamento e perdurando por praticamente todo o período de dormência do concreto. A perda de água reduz a relação água/cimento, o que tenderia a elevar a resistência do concreto, entretanto, a sua saída acaba criando vazios na estrutura do concreto, anulando o primeiro efeito. (RODRIGUES; CASSARO, 1998, p. 73).

Parte dessa água acumula-se na parte inferior dos agregados graúdos e das barras de aço, prejudicando a aderência e a resistência final do concreto.

Embora seja um fenômeno inerente ao concreto fresco, pode ser trazido a níveis perfeitamente toleráveis, com a adoção de algumas medidas simples, como:

- Aumentar a coesão de mistura, incrementando-se o teor de finos ou com o emprego de aditivos para esse fim;
- Evitar supervibração do concreto, que favorece a segregação;
- Adotar procedimentos de cura inicial eficazes, como os produtos de cura, mas, principalmente, não permitir a incidência de vento e sol sobre o concreto, pois a quantidade de água exsudada é diretamente proporcional à evaporada.

A exsudação, na maioria das vezes desconsiderada nas estruturas, é particularmente importante nos pisos, em virtude da elevada área superficial e das propriedades nela requeridas, já que, além de afetar a resistência ao desgaste, pode prejudicar as operações de acabamento, conforme figura 5.



Figura 5 - Exsudação
Fonte: LPE Engenharia (2005).

Consistência inadequada, agregado graúdo em demasia, falta de finos e lançamento e adensamentos inadequados são causas comuns de excesso de exsudação. A utilização de

agregado miúdo britado, em substituição à areia com partículas arredondadas, não reduz, necessariamente, a exsudação. O que pode reduzir a exsudação são as partículas finas do agregado miúdo britado (pó de pedra, e não argila), quando este possui até cerca de 15%, passando-se na peneira 0,15mm.

Maior consumo de cimento, uso de adições e ar incorporado colaboram no sentido de diminuir a tendência de exsudação. Os superplastificantes normalmente diminuem a exsudação, quando o concreto não é excessivamente fluido, ao passo que os retardadores tendem a aumentá-la.

Cimentos mais finos e com alto teor de C_3A e álcalis provocam rápida perda de consistência do concreto, diminuindo a exsudação.

A medição de exsudação pode ser obtida pela quantidade de água acumulada na superfície em relação ao total de água do concreto. Quanto maior o acúmulo, maior a tendência de haver exsudação. Portanto, como não se pode medir a exsudação total, que inclui a água que se desloca para a superfície e a água sob os agregados, mede-se, dessa forma, sua tendência. A NBR NM 102 (1996) normaliza método de medição da taxa de exsudação e da exsudação total.

2.3.2.3 Retração plástica

O fenômeno que causa a fissura no concreto em seu estado fresco é comumente chamado de retração plástica, o que ocorre antes do fim da pega, por meio da evaporação da água da superfície exposta do concreto. Essa evaporação já começa nas fases de mistura, transporte, lançamento e adensamento. Todavia, se não for exagerada, não será prejudicial. Após o adensamento e antes do início de pega, as taxas de evaporação observadas são mais elevadas no período de cura, devido à alta permeabilidade e também à exsudação, o que poderá gerar fatores negativos no concreto. (RODRIGUES, 1989). As variações de volume ocorridas nesse período são denominadas retrações plásticas. Na verdade, trata-se de um caso particular da retração hidráulica, sendo, por esse motivo, chamada também de retração hidráulica inicial.

A ocorrência da retração plástica traz um tipo bem característico de fissuras, facilmente distinguíveis pela sua ocorrência em grupos com fissuras paralelas entre si, com abertura elevada e baixa profundidade, da ordem de milímetros. São bastante evidentes em

pisos não submetidos ao desempenho após o início de pega e com deficiências no sistema de cura inicial.

Basicamente, os mesmos fatores que afetam a exsudação podem ser considerados responsáveis pela retração inicial. A retração pode ocorrer também na face inferior da placa, quando a sub-base é capaz de absorver água. Para evitá-la, basta o emprego de filme plástico sobre a sub-base.

É bastante comum observarem-se fissuras que espelham a armadura do concreto quando esta se encontra próxima à superfície. Isso se deve ao assentamento do concreto em consequência da perda de água, que não é acompanhada pela armadura, constituindo-se num caso particular da fissura plástica, denominada fissura de assentamento.

Um caso particular e bastante peculiar aos pisos é o das fissuras do tipo craqueladas, também denominadas “pés-de-galinha”. Embora não sejam de origem plástica, é importante abordá-las neste item, já que a causa dessas fissuras reside também na exsudação.

As fissuras craqueladas são uma manifestação da retração hidráulica, que ocorre somente na superfície do concreto, formando uma malha de fissuras interligadas em rede, similares às observadas em poças de lama seca, com pequena luz e baixa profundidade.

Estão quase sempre associadas à exsudação elevada, desempenho do concreto fresco exagerado ou supervibração. Podem, também, ser consequência da condenável técnica de espargir cimento seco (salgamento) sobre a água exsudada, a fim de “secá-la”, prática muito comum por facilitar ou antecipar os trabalhos de acabamento.

Segundo Hasparyk et al. (2005), a retração plástica está ligada ao fenômeno da exsudação. Se a evaporação da água da superfície for mais rápida do que a exsudação, podem ocorrer fissuras por retração plástica.

Para Metha; Monteiro (1994), quando a taxa de evaporação excede 1Kg/m^2 por hora, medidas preventivas são necessárias para evitar a fissuração por retração plástica.

A “Portland Cement Association” desenvolveu gráficos, conforme figura 6, para determinar quando as medidas de prevenção listadas devem ser tomadas (MEHTA; MONTEIRO, 1994):

- Umedecimento da sub-base e das fôrmas;
- Umedecimento dos agregados quando secos e absorventes;
- Construção de quebra-vento temporário para reduzir a velocidade dos ventos sobre a superfície do concreto;

- Construção de “brise soleil” temporário, para reduzir a temperatura na superfície do concreto;
- Manter baixa a temperatura do concreto fresco pelo resfriamento do agregado e da água de amassamento;
- Proteger o concreto temporariamente, com mantas, tais como lona de polietileno, durante qualquer demora apreciável entre lançamento e acabamento;
- Reduzir o tempo entre o lançamento e início da cura pela eliminação de atrasos durante a concretagem;
- Minimizar a evaporação, proteger o concreto logo após o acabamento pelo uso de sacos de aniagem saturados, espargimento de água, ou de um composto de cura.

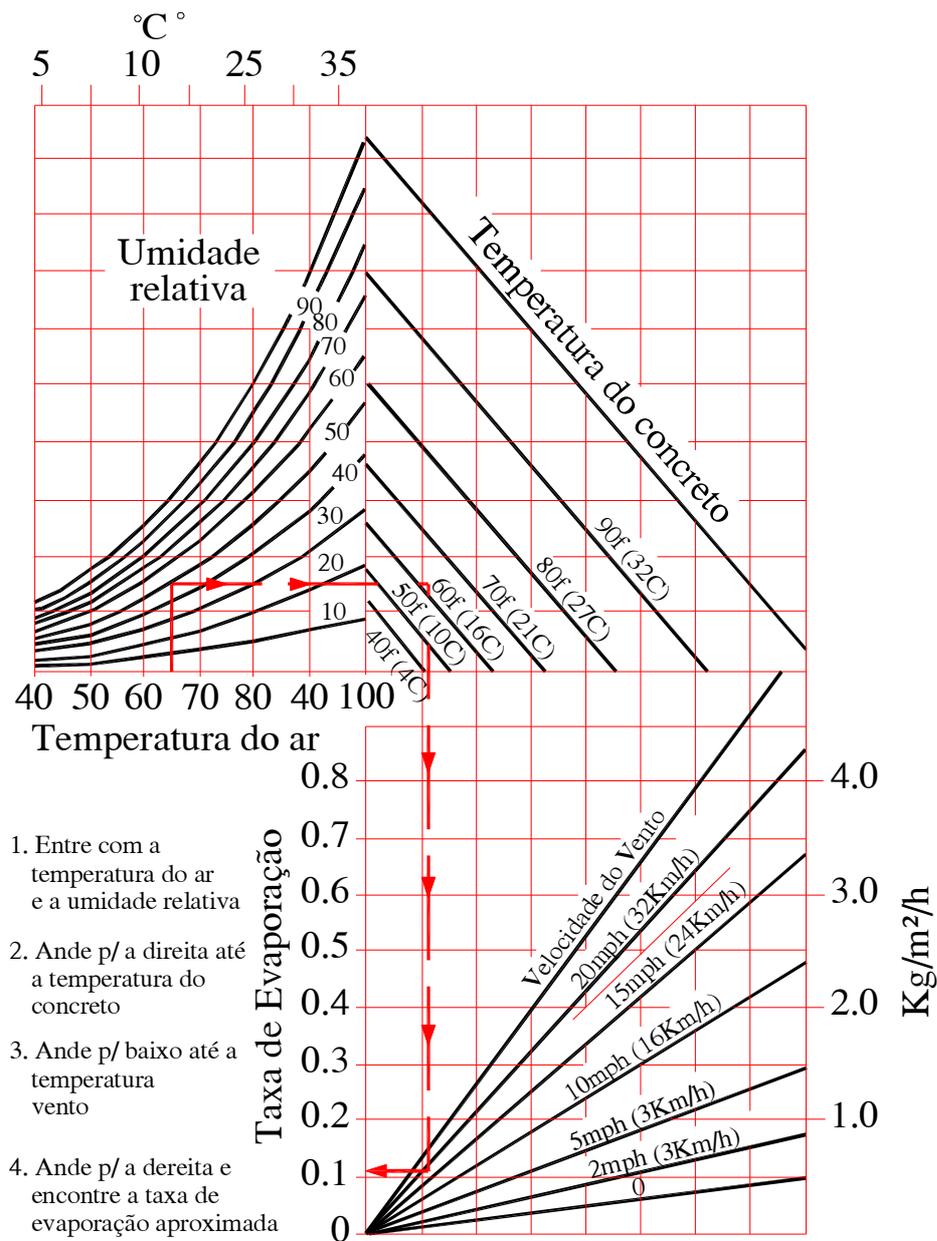


Figura 6: Estimativa da taxa de evaporação da água de uma superfície de concreto.
 Fonte: Mehta; Monteiro (1994, p. 361).

Fissuras de assentamento e fissuras de retração plástica que surgem durante o trabalho de desempenamento podem ser eliminadas pela revibração do concreto, quando ainda se encontra em estado plástico. A revibração também é conhecida por melhorar a aderência entre o concreto e a armadura, e por aumentar a resistência do concreto, através do alívio das tensões de retração plástica em torno das partículas do agregado graúdo.

2.3.3 Requisitos para o concreto no estado endurecido

No concreto endurecido, as principais características de interesse são as mecânicas, destacando-se a resistência à compressão e à tração. Ainda não foi possível estabelecer uma lei única para a determinação da resistência dos materiais, que seja válida para todo tipo de solicitações possíveis. Por isso, no caso do concreto, a resistência a uma determinada solicitação (flexão, torção, cisalhamento, etc.) não pode ser diretamente deduzida de um ensaio como, por exemplo, a resistência à compressão.

Entretanto, no estágio atual de desenvolvimento do cálculo de estruturas de concreto armado, considera-se como aproximação razoável que a resistência do concreto para diversos tipos de solicitações ocorra em função de sua resistência à compressão. Assim, a NBR 6118 (2003), no item que trata das propriedades do concreto, apresenta uma série de expressões, a partir das quais se obtêm, em função da resistência à compressão, as resistências do concreto. Tais resistências são, também, função do tempo de duração da solicitação. Os ensaios, em geral, são realizados rapidamente ao passo que, em construções, o concreto é submetido a ações, em sua maioria permanentes, reduzindo sua resistência, ao longo do tempo. Além disso, a resistência medida é influenciada pela forma do corpo de prova e pelas próprias características dos ensaios.

A ruptura do corpo de prova de concreto comprimido ocorre com o colapso interno das ligações, podendo, às vezes, não ocorrer ruptura externa; porém, o estado de deformação interna é tal, que o material não suporta acréscimo de solicitação. Por outro lado, a resistência à tração é definida pela fratura das ligações entre os materiais que compõem o concreto, principalmente da matriz de cimento.

É de suma importância o conhecimento das resistências à compressão e à tração do concreto, aliado ao fato de que outras propriedades derivam destas ou estão a elas associadas.

2.3.3.1 Resistência à compressão

A resistência à compressão é a principal característica do concreto, a qual é determinada pelo ensaio de corpos de prova submetidos à compressão centrada. Esse ensaio também permite a obtenção de outras características, como o módulo de deformação

longitudinal ou módulo de elasticidade. Independentemente do tipo de ensaio ou solicitação, diversos fatores influenciam a resistência do concreto endurecido, sendo os principais: a relação entre as quantidades de cimento, agregados e água (chamado de traço); e a idade do concreto.

De acordo com Jacinto; Giongo (2005), no Brasil são utilizados corpos de prova cilíndricos, com diâmetro da base de 150 mm e altura de 300 mm. A resistência à compressão do concreto deve ser relacionada à idade de 28 dias (NBR 6118 (2003)) e será estimada a partir do ensaio de uma determinada quantidade de corpos de prova. A moldagem dos cilindros é especificada pela NBR 5738 (1994), e o ensaio deve ser feito de acordo com a NBR 5739 (1994).

Para avaliar a resistência de um concreto à compressão é necessário realizar um certo número de ensaios de corpos de prova. Os valores da resistência, proporcionados pelos distintos corpos de prova, são mais ou menos dispersos, variando de uma obra a outra e também de acordo com o rigor com que se confecciona o concreto. Por isso, tem sido adotado o conceito de resistência característica, uma medida estatística que leva em conta não só o valor da média aritmética das cargas de ruptura dos ensaios dos corpos de prova, mas também o desvio da série de valores, por meio de um coeficiente de variação.

A partir da resistência característica, a NBR 6118 (2003), define classes para os concretos, sendo que os números indicadores das classes representam a resistência característica à compressão especificada para a idade de 28 dias, em MPa.

2.3.3.2 Resistência à tração

Como o concreto é um material que resiste mal à tração, geralmente não se conta com a ajuda dessa resistência. Entretanto, a resistência à tração pode estar relacionada com a capacidade resistente da peça, como aquelas sujeitas a esforço cortante, e, diretamente, com a fissuração. Por isso, é necessário conhecê-la.

2.3.3.2.1 Determinações da resistência à tração

O ensaio de tração direta de corpos de prova prismáticos de concreto é de difícil realização em laboratório em virtude de impossibilidade de se manter a força aplicada centrada. Sempre ocorrem excentricidades não previstas, fazendo com que o corpo de prova fique solicitado a flexo-tração reta. Por isso, outros tipos de ensaios foram desenvolvidos para determinar de modo indireto a resistência à tração do concreto, como o ensaio à compressão diametral de corpos de prova cilíndricos e o ensaio à flexão de corpos de prova prismáticos.

A resistência à tração direta (f_{ct}) pode ser determinada por meio das resistências à tração indireta por compressão diametral ($f_{ct,sp}$) e por flexão (f_{ct} , f), que podem – por sua vez - ser obtidas por ensaios realizados segundo os critérios indicados na NBR 7222 (ABNT, 2003) e na NBR 12142 (ABNT, 1991), respectivamente. A NBR 6118 (ABNT, 2003) indica que a resistência à tração direta f_{ct} pode ser considerada igual a $0,9 f_{ct, sp}$ ou $0,7ct, f$, quando não forem feitos ensaios experimentais.

Segundo Mehta; Monteiro (1994), no ensaio de tração por compressão diametral, os cilindros de concreto de 150 mm por 300 mm são submetidos a cargas de compressão ao longo de duas linhas axiais, as quais são distintamente opostas. A carga é aplicada continuamente a uma velocidade constante dentro do intervalo de tensão de ruptura à tração de 0,7 a 1,4Mpa, até a ruptura do corpo-de-prova. A tensão de compressão produz outra tensão transversal, que é uniforme ao longo do diâmetro vertical. A resistência à tração determinada pelo ensaio de compressão diametral é calculada pela fórmula:

$$T = 2 P/d$$

Onde **T** é a resistência de tração, **P** a carga de ruptura, **l** o comprimento e **d** o diâmetro do testemunho. Comparado com o ensaio de tração direta, o ensaio de tração por compressão diametral sabidamente superestima a resistência à tração do concreto de 10 a 15%.

2.3.4 Tipos de deformação e sua importância

De acordo com Mehta; Monteiro (1994), as deformações no concreto, que freqüentemente levam à fissuração, ocorrem como um resultado da resposta do material à carga externa e ao meio ambiente. Quando o concreto recém-endurecido (seja carregado ou sem carga) é exposto à temperatura e à umidade do ambiente, ele geralmente sofre contração térmica (deformação de contração associada ao resfriamento) e retração por secagem (deformação de retração associada com a perda de umidade). A decisão sobre qual das duas deformações de retração será dominante sob uma determinada condição, depende, entre outros fatores, do tamanho da peça, características dos materiais constituintes do concreto e dosagem da mistura. Geralmente, em peças espessas, a retração por secagem é um fator menos importante do que a da contração térmica.

2.3.4.1 Comportamento elástico

As características elásticas de um material são uma medida de sua rigidez. Apesar do comportamento não linear do concreto, é necessária uma estimativa do módulo de deformação (relação entre a tensão aplicada e a deformação instantânea, dentro do limite proporcional adotado) para determinar as tensões induzidas pelas deformações associadas aos efeitos ambientais.

2.3.4.2 Não-Linearidade da relação tensão-deformação

A partir de curvas típicas de tensão-deformação para o agregado, pasta endurecida e concreto carregados em compressão uniaxial (conforme a figura 7), torna-se imediatamente aparente que, em relação ao agregado e à pasta de cimento, o concreto não é realmente um material elástico.

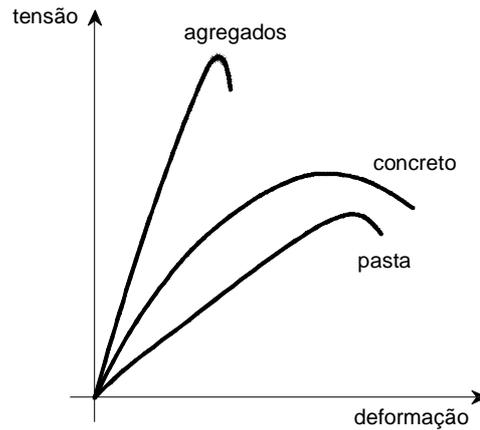


Figura 7: Ilustração qualitativa do comportamento tensão-deformação do concreto e de seus materiais constituintes.

Fonte: Mehta; Monteiro (1994, p. 84).

2.3.4.2.1 Tipos de módulos de deformação

O módulo de deformação estático para um material sob tração ou compressão é dado pela declividade da curva tensão-deformação para o concreto sob carregamento uniaxial. Uma vez que a curva para o concreto é não-linear, três métodos para calcular o módulo são utilizados. Isto originou os três módulos, conforme indicados na figura 8.

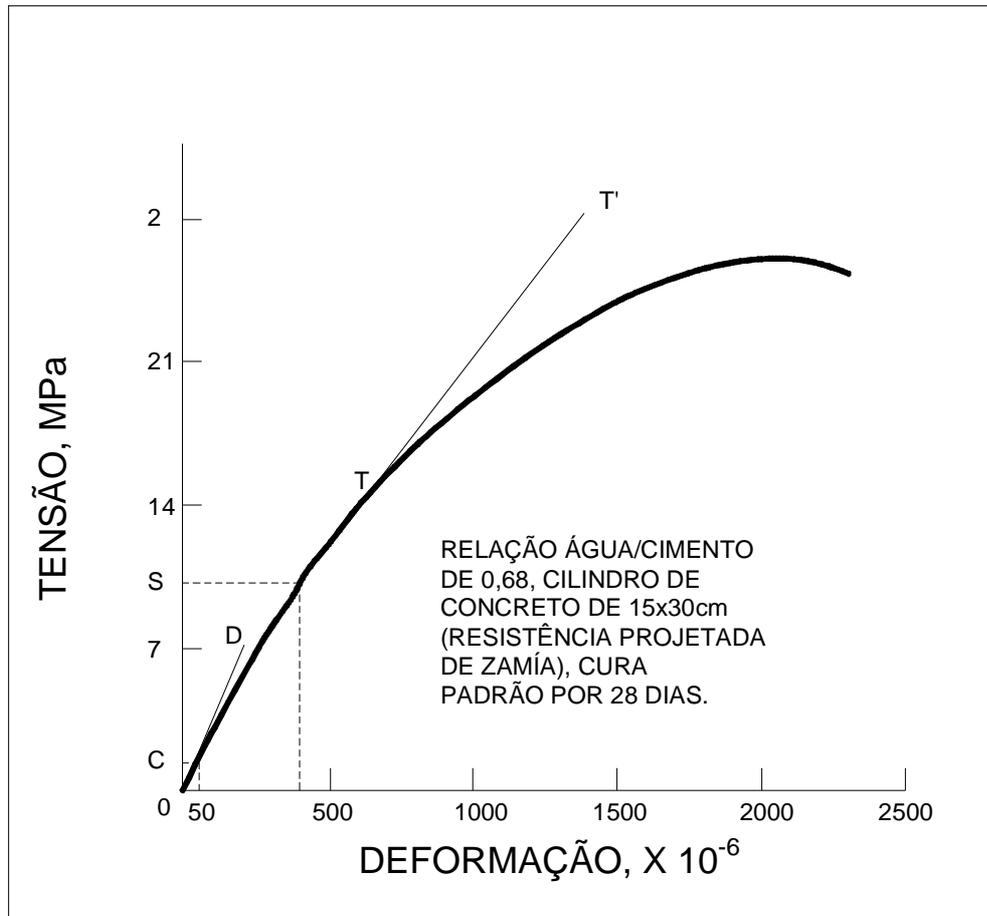


Figura 8: Tipos diferentes de módulos de deformação e o método pelo qual eles são determinados.
Fonte: Mehta; Monteiro (1994, p. 86).

Calculando-se os módulos de deformação:

- Tensão última = 25 MPa, 40% da Tensão última = 10 MPa = SO.
1. O módulo tangente é dado pela declividade da reta TT' traçada tangente a qualquer ponto da curva tensão-deformação;
 2. O módulo secante é dado pela declividade de uma reta traçada da origem a um ponto da curva correspondente a 40% da tensão da carga de ruptura.
 3. O módulo corda é dado pela declividade da reta traçada entre dois pontos da curva tensão-deformação. Comparado ao módulo secante, ao invés de partir da origem, a linha é traçada de um ponto representando uma deformação longitudinal de 50 m/m ao ponto que corresponde a 40% da carga última. Recomenda-se deslocar a

linha base em 50 microdeformações, para corrigir a leve concavidade que normalmente é observada no início da curva de tensão-deformação.

2.3.4.3 Módulo dinâmico de deformação

Corresponde a uma deformação instantânea muito pequena. É calculado, aproximadamente, pelo módulo tangente inicial, que é o módulo da tangente para uma reta traçada desde a origem. Ele é geralmente 20, 30 e 40% maior do que o módulo estático de deformação para concreto de alta, média e baixa resistências, respectivamente. Para a análise de tensões de estruturas sujeitas a terremotos ou carga de impacto é mais adequado usar o módulo dinâmico de deformação, que pode ser determinado com mais exatidão por um ensaio sônico.

2.3.4.4 Módulo estático de deformação

A ASTM C469 (1991) descreve um método de teste normalizado para a medida do módulo de deformação estático (o módulo corda) e o coeficiente de Poisson de cilindros de concreto de 150 por 300 mm, carregados por compressão longitudinal a uma taxa de carregamento constante dentro da faixa diferencial variável linear.

Segundo Mehta; Monteiro (1994), os valores dos módulos de deformação usados nos cálculos para projetos de concreto são normalmente estimados a partir de expressões empíricas que pressupõem dependência direta entre o módulo de deformação e a resistência e densidade do concreto. Como uma primeira aproximação isto faz sentido porque o comportamento tensão-deformação dos três componentes do concreto – o agregado, a matriz da pasta de cimento e a zona de transição – seriam na verdade determinados pelas suas resistências individuais, que por sua vez estão relacionados à resistência última do concreto.

A partir da discussão que se segue sobre os fatores que afetam o módulo de deformação do concreto, se tornará aparente que os valores calculados, mostrados no quadro 11, baseados na resistência e massa específica do concreto, devem ser tratados apenas como aproximações. Isto acontece porque as características da zona de transição e o estado de

umidade da peça, no momento do teste, não têm efeitos similares sobre a resistência e o módulo de deformação.

A relação módulo de deformação-resistência foi desenvolvida para agregados a base de quartzo. Para outros tipos de agregados, o módulo de deformação pode ser obtido multiplicando-se E_c por fatores α_e do quadro 11.

Quadro 11: Efeito do tipo de agregado sobre o módulo de deformação.

Tipos de agregados	α_e
Basalto, calcário denso	1,2
Quartzítico	1,0
Calcário	0,9
Arenito	0,7

Fonte: Mehta; Monteiro (1994).

2.3.4.5 Deformações por retração

O concreto pode estar sujeito tanto a condições de secagem ambiental como a carregamentos constantes. Estas condições podem refletir em variações dimensionais que estão diretamente e principalmente ligadas à remoção da água adsorvida da pasta do cimento, aquela fisicamente aderida no produto de hidratação conhecido como C-S-H (Silicato de cálcio hidratado). No primeiro caso, se a umidade ambiental apresenta-se abaixo da saturação, o concreto ficará sujeito à deformação denominada retração por secagem. Já no caso de carregamento mantido constante no tempo, ocorre a perda da água fisicamente adsorvida, refletindo na maior parte da deformação conhecida como fluência. (MEHTA; MONTEIRO, 1994, p. 665).

O fenômeno da retração está associado a deformações em pastas de cimento, argamassas e concretos, sem que haja qualquer tipo de carregamento.

As fissuras no concreto, endurecido devido à movimentação da água, podem ser resumidas em duas causas principais: retração autógena e retração por secagem. Porém, existem também as retrações por carbonatação e de origem térmica.

2.3.4.5.1 Retração autógena

Com o advento de concreto de alto desempenho, foi dada maior importância à retração autógena, por representar uma das suas principais causas de fissuração. Pode ser definida como a redução volumétrica macroscópica dos materiais cimentícios após início de pega, sem que ocorra mudança de volume, devido à perda ou ao ingresso de substância, variação de temperatura ou aplicação de forças externas.

As causas da retração autógena são as mesmas da retração por secagem (PASSUELO; ISAIA, 2005; AITCIN, 2000), pois o fenômeno físico que se desenvolve dentro do concreto é o mesmo: o surgimento de menisco dentro dos capilares, resultando em tensões de tração. Entretanto, ressalta Aitcin (2000, p. 658) que há diferenças significativas entre a retração autógena e a retração por secagem:

- A retração autógena se desenvolve sem qualquer perda de massa, diferentemente da retração por secagem;
- A retração autógena se desenvolve de forma isotrópica dentro do concreto, enquanto a retração por secagem se processa da superfície por núcleo do elemento;
- A retração autógena não desenvolve qualquer gradiente de umidade.

A retração química ocorre com a hidratação do cimento Portland; o volume total de sólidos e líquidos diminui devido às reações. A autodessecação ocorre pela diminuição da umidade relativa no interior do concreto endurecido sob condições isoladas, sem qualquer perda da massa, devido ao consumo de água pela reação de hidratação. Dessa maneira, forma-se meniscos cujos esforços resultantes da tensão superficial levam à retração autógena. Como se vê, os dois fenômenos, retração química e autodessecação, estão inter-relacionados, pois a autodessecação é consequência da retração química quando o cimento Portland se hidrata. (AITCIN, 2000, p. 658).

A retração autógena desenvolvida nas primeiras 24 horas em um concreto normal é desprezível quando comparado com a retração por secagem. No concreto de alto desempenho, a retração autógena é imensa e mais importante que a retração por secagem nas primeiras idades. (AITCIN, 2000, p. 658).

A relação água/ (cimento + sílica ativa) e o teor de sílica ativa têm uma influência significativa na retração autógena do concreto. Quando essa relação é reduzida, há um aumento expressivo na retração para todos os concretos. Segundo De Larrard apud Brooks et al. (1999), isso pode ser explicado pelo aumento da tensão capilar da água nos poros. Como essa explicação não é inteiramente satisfatória, os autores propõem que a grande causa da

retração autógena é a grande diferença de concentração iônica entre a água dos poros e água adsorvida na frente de hidratação. A água se move pelo efeito de sucção, devido a essa diferença de concentração, e produz um aumento na tensão capilar, que provoca, então, a retração autógena. ,

Segundo Tazawa; Miyazawa (1999), o tipo de cimento é um fator do qual depende fortemente a retração autógena. Um cimento Portland, de médio calor de hidratação, e um cimento rico em C_2S resulta em menor retração autógena do que cimentos Portland comuns. Cimentos com adições de sílica ativa e escória dão origem a concretos mais susceptíveis a esse fenômeno, e aqueles com cinza volante têm uma leve diminuição na retração autógena, quando comparado com um concreto sem adição.

A elevação de temperatura, como consequência do desenvolvimento das reações de hidratação, merece especial atenção, pois está intimamente relacionada ao fenômeno da retração autógena. De acordo com Tazawa; Miyazawa (1999), durante a queda da temperatura, as tensões de tração são produzidas pelo efeito simultâneo da retração autógena e pela retração induzida pela queda da temperatura.

Quanto à medição da retração autógena, de forma genérica, é determinada experimentalmente por meio de ensaios em corpos de prova selados, dos quais a água é impedida de sair através da aplicação de algum tipo de tratamento na superfície do corpo de prova. Entretanto, ainda não há consenso no meio científico sobre padrões de ensaios e terminologia, apesar de algumas tentativas nesse sentido.

Apesar da complexidade desse fenômeno, há uma larga variedade de possíveis soluções para o problema da fissuração nas primeiras idades, devido à retração autógena. Mas ressalta-se que todos os métodos empregados ou propostos para controlar a retração autógena têm em comum o seguinte princípio: diminuir as forças de tração no menisco, criadas pela autodessecação num sistema fechado. Os principais métodos utilizados são a incorporação de aditivos químicos e a provisão de água externa para a hidratação da pasta.

A introdução de agentes redutores de retração por secagem foi estudada por Tazawa; Miyazawa (1999). Esses aditivos podem reduzir a tensão de superfície da água presente nos poros capilares e, então, diminuir a retração autógena, sem a alteração de outras propriedades do concreto endurecido. A combinação de aditivos expansivos e aditivos redutores de retração por secagem podem ser altamente eficientes para reduzir a retração autógena.

2.3.4.5.2 Retração por secagem ou retração hidráulica

Cánovas (1988) define a retração hidráulica como um fenômeno natural que ocorre como consequência da hidratação dos compostos anidros dos cimentos Portland e que é tanto mais acentuada quanto maior é a perda de água que estes sofrem como consequência de um ambiente mais ou menos seco. Por outro lado, Neville (1997) define essa retração como sendo causada pela secagem do concreto e, na prática, nela está incluída a contração devido à variação autógena de volume.

Para a explicação desse fenômeno, faz-se necessário relacionar os diversos tipos de água existentes no concreto. A classificação da água em diversos tipos está baseada no grau de dificuldade com que ela pode ser removida.

Segundo Mehta; Monteiro (1994), as águas da pasta de concreto podem ser classificadas de quatro formas: água capilar, água absorvida, água interlamelar (água de gel) e água quimicamente combinada (água de cristalização).

Água quimicamente combinada, ou de cristalização, é a parte integrante da estrutura de vários produtos hidratados de cimento. Essa água não é perdida por secagem, apenas por aquecimento a partir da decomposição dos hidratos.

Concluindo, pode-se dizer que a origem da retração por secagem é pasta endurecida de cimento, e a causa da retração é a perda da água adsorvida do C-S-H.

Uma pasta de cimento retrai muito mais do que um concreto devido às restrições impostas pelo agregado graúdo, sendo que, quanto maior a quantidade e dimensão máxima do agregado, menor será a deformação por retração.

A influência do consumo de cimento e água na retração não é direta, pois, à medida que se aumenta a pasta, há um decréscimo na qualidade de agregado, fazendo com que haja um aumento na retração. A influência da relação a/c na retração por secagem e o consumo de água e cimento podem ser vistos na figura 9.

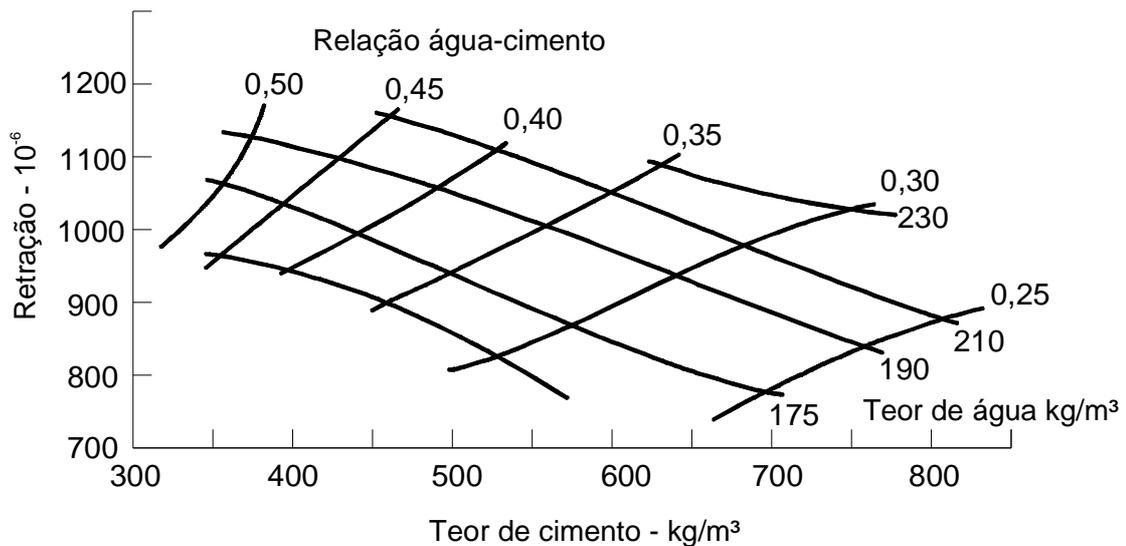


Figura 9: Efeito do consumo de água, relação a/c e teor de cimento na retração por secagem.
Fonte: CARLSON; READING apud HASPARYK (2005, p. 662).

O uso de aditivos plastificantes ou superplastificantes em concretos com a mesma composição faz com que as deformações por retração hidráulica sejam maiores. Entretanto, com a redução da relação água/cimento conseguida com o uso de aditivos, será necessário menos água e, conseqüentemente, haverá menor deformação. (MEHTA; MONTEIRO, 1994, p. 662).

Para que a água no interior do concreto possa migrar para a superfície de um determinado elemento, a espessura da peça influencia a retração por secagem, aumentando ou diminuindo o caminho a ser percorrido pela água. Quanto menor à distância percorrida, menor será a dificuldade de migração da água e maior a probabilidade de retração.

As fissuras por retração e por secagem geralmente não são profundas. Sua profundidade está situada entre 25 a 50 mm, e seu espaçamento entre 0,3 e 1 m, na forma de “pele de crocodilo”.

Espera-se que o concreto fissure quando uma combinação do módulo de deformação e da deformação por retração induza a um nível de tensão que atinja a sua resistência à tração. Segundo Cánovas (1988), a ruptura do concreto ocorrerá no instante em que a deformação imposta pela retração for superior à deformação a que o concreto é capaz de resistir. Um elemento de concreto livre, sem restrições à sua deformação, não desenvolve tensões que levam à formação de fissuras. A restrição pode ocorrer devido à diferença de rigidez de elementos estruturais ou, como no caso de concreto massa, devido à proximidade da fundação.

2.3.4.6 Resistência ao desgaste por abrasão

A resistência à abrasão, ou ao desgaste, é um dos principais parâmetros a serem considerados no dimensionamento do piso, pois dela dependem uma série de fatores de dosagem e executivos, que muitas vezes passam despercebidos e que podem limitar tanto a funcionalidade como a vida útil do piso. A origem do problema se dá pelo mecanismo de fricção ou atrito a seco, que tem como agente qualquer material abrasivo proveniente do tráfego de pessoas, veículos, ou até pela ação do vento, provocando perda de material e geração de pó. Esse tipo de desgaste pode ser severo em pisos industriais, onde a ação de rodas de aço ou borracha rígida de veículos é extremamente crítica.

Em primeiro lugar, a resistência ao desgaste está diretamente relacionada à resistência, à compressão e, mais intensamente, à tração do concreto. Recomenda-se que a resistência à compressão mínima para assegurar um bom desempenho com relação ao desgaste seja de 30 MPa. (PCA, 1983; DEACON, 1982).

A exsudação, fenômeno de separação de parte da água do concreto, que por ser mais leve aflora na superfície de acabamento, pode influir bastante na redução da resistência ao desgaste. O que ocorre, na realidade, é que a ascensão da água provoca um aumento da relação a/c na região da superfície da placa, reduzindo a resistência mecânica do concreto. As causas da exsudação estão intimamente ligadas aos teores de finos, inclusive o cimento, e ao teor de água do concreto, havendo aditivos, como os plastificantes, que podem incrementá-la.

A resistência ao desgaste do concreto por abrasão está integralmente relacionada à qualidade da camada superficial. Portanto, a resistência da superfície deve ser maximizada, por meio do emprego de uma pasta de cimento e de um agregado que permitam resistir às solicitações de desgaste.

Para concretos que utilizam os mesmos agregados, a sua resistência à abrasão tem relação direta com a dureza da pasta de cimento. Quanto maior a dureza e menor a porosidade da pasta, maior será a sua resistência à abrasão. Essas características são obtidas com a redução da relação água/cimento, isto é, com o incremento da resistência à compressão do concreto, conforme a figura 10.

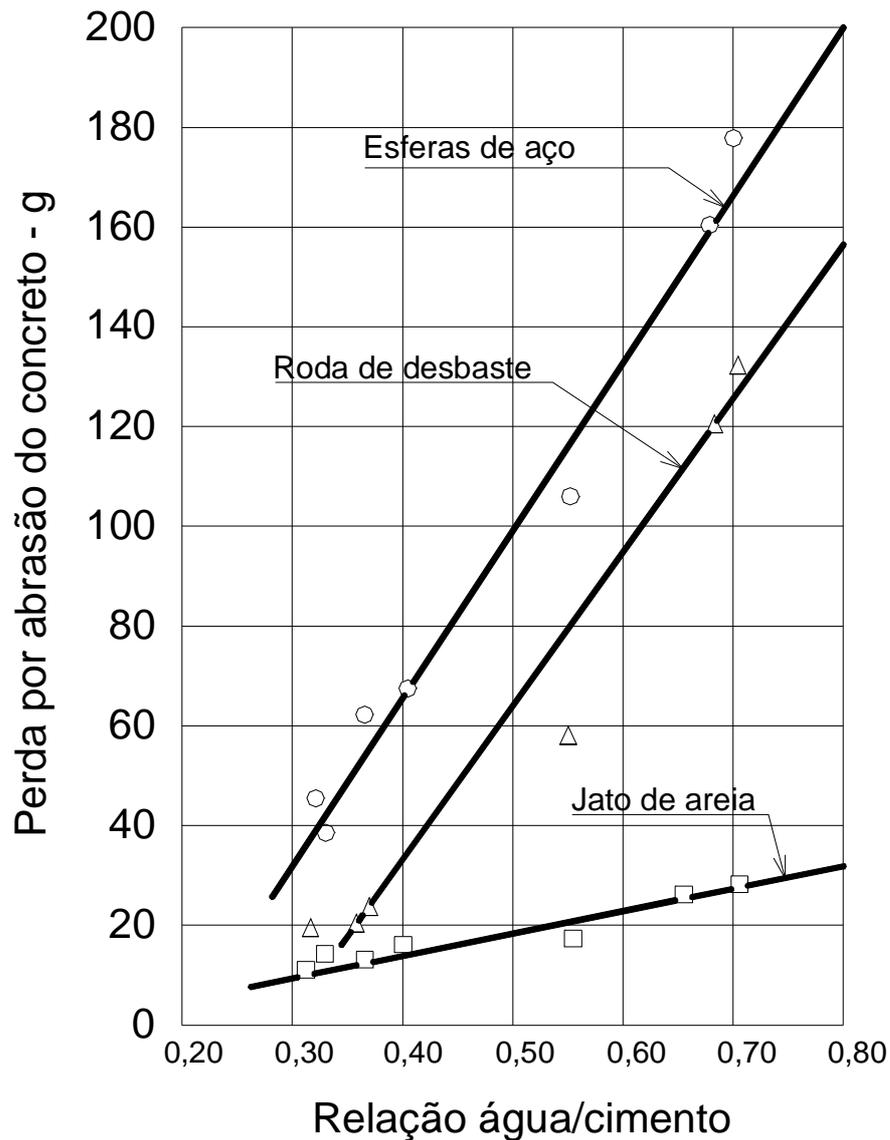


Figura 10: Gráfico da resistência à abrasão.
Fonte: LPE Engenharia, 2006.

Os agregados também têm uma grande contribuição para a resistência à abrasão do piso, sendo a sua dureza a principal característica para a melhoria do seu desempenho. O emprego de agregados metálicos pode ser recomendado para solicitação bastante severa.

Quando a pasta de cimento, localizada na superfície, se desgasta, descobrindo os agregados miúdos e graúdos, causará degradação da superfície, cuja intensidade é função da aderência entre a pasta e os agregados e da dureza do próprio agregado.

2.3.4.7 Permeabilidade

Segundo Mehta; Monteiro (1994), a permeabilidade é definida como a facilidade com que um fluido pode escoar através de um sólido. É óbvio que o tamanho e a continuidade dos poros na estrutura do sólido determinam a sua permeabilidade. Resistência e permeabilidade da pasta são duas faces da mesma moeda, com o sentido de que ambas estão intimamente relacionados à porosidade capilar e à relação sólido-espaço.

Segundo Souza; Ripper (1998), quanto mais permissivo um concreto for ao transporte interno de água, gases e de outros agentes agressivos, maior será a probabilidade da sua degradação, bem como da do aço que deveria proteger.

A relação água/cimento tem participação importante neste fenômeno. Quanto maior a relação água/cimento, maior a possibilidade de formação dos canais capilares e conseqüentemente, maiores serão a chance de se estabelecer uma comunicação entre os poros. Portanto, quanto maior a permeabilidade do material, maior a chance de diminuição de sua durabilidade, uma vez que este poderá ser atacado por agentes externos agressivos tanto ao concreto, quanto às armaduras nele inseridas.

Via de regra, a deterioração do concreto está ligada à ação da água em todas as suas fases de produção/utilização e muitas são as formas de atuação da mesma no material.

De acordo com Mehta; Monteiro (1994), a capacidade solvente da água é notável e esta propriedade é a responsável pelo grande número de íons e gases nela presentes. Isto a torna responsável pela deterioração química de muitos sólidos, entre eles o concreto.

Sendo o concreto um material de natureza básica (pela presença dos compostos alcalinos de cálcio nos produtos de hidratação do cimento Portland), as águas ácidas sempre representam um risco maior de deterioração. Outras formas de ação da água são por meio da deterioração física e a físico-química, que estão diretamente ligadas à permeabilidade do material.

Chama-se particular atenção para este ponto porque o conceito dominante, para o leigo e mesmo, lamentavelmente, para alguns profissionais, é de que o concreto, por ser robusto, por implicar resistência, é sólido. O entendimento do concreto não como um sólido, mas como um pseudo-sólido, de células porosas e gelatinosas, é fundamental para que se possa projetar e construir estruturas duráveis. (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 35).

A qualidade do material do concreto depende, principalmente, da relação água/cimento, do processo de cura e do grau de hidratação, sendo esses os principais parâmetros que regem as propriedades de absorção capilar de água, de permeabilidade, de migração de íons e de difusividade de água ou de gases, bem como a maioria das propriedades mecânicas, como a resistência à compressão, à tração, o módulo de elasticidade, abrasão, dentre outras.

A incorporação de materiais pozolânicos, como adição ou em substituição do cimento, em geral, quando em teores adequados, aumenta a durabilidade de argamassas e concretos, desde que seja efetuada uma cura adequada. Este fato ocorre devido ao $\text{Ca}(\text{OH})_2$, oriundo das reações de hidratação do cimento, reagir com a pozolana para formar produtos de hidratação secundários (C-S-H de baixa densidade) que preenchem os vazios capilares grandes e refinam a estrutura dos poros. Isto acarreta uma redução na porosidade e um ganho na resistência mecânica.

O principal fator de deterioração das estruturas de concreto armado é a interação do meio ambiente com o concreto. Esta interação ocorre através da penetração de agentes agressivos pelos poros do concreto. O que determina esse mecanismo de transporte no concreto é a configuração dos poros (tipo e distribuição do tamanho dos poros ou microfissuras) e o seu preenchimento com água, bem como as microfissuras na matriz da pasta de cimento hidratado e da interface pasta-agregado.

Uma estrutura porosa deve ser entendida não só pela distribuição gradual dos poros (em função das dimensões destes), mas também pela porosidade aberta, que representa a interligação entre os poros (canais) que possibilita o transporte de líquidos, gases e substâncias dissolvidas pelo meio da massa. Na pasta de cimento, a porosidade aberta corresponde a algo em torno de 20% a 30% do parâmetro total. (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 35).

A distribuição da porosidade, em função da dimensão dos poros, influencia diretamente o fluxo do transporte. Os poros da pasta de cimento são de vários tamanhos, podendo ser, genericamente, classificados em macroporos, poros capilares ou microporos, conforme figura 11.

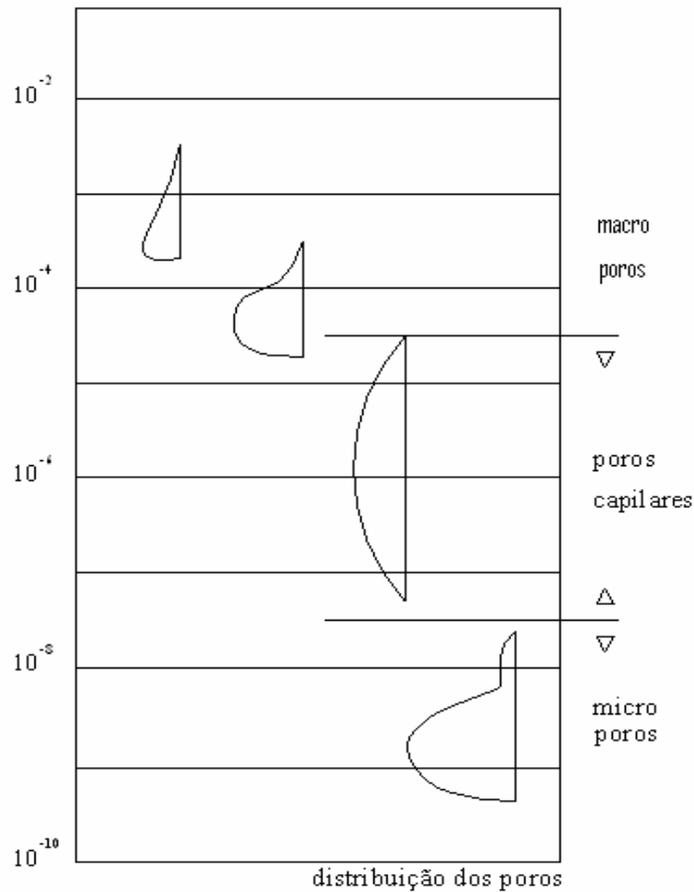


Figura 11: Distribuição dimensional dos poros no concreto.
 Fonte: Souza; Ripper (1998, p. 36).

As intervenções de prevenção deverão concentrar-se na correta dosagem do concreto, além de atender, com rigor, a todas as exigências para a melhor preparação, transporte, lançamento, vibração e cura.

Em destaque, e em forma de síntese, fica a idéia de que a deterioração do concreto pela atuação dos agentes agressivos será tão menor quanto menores forem seus índices de permeabilidade e porosidade, conforme figura 12.

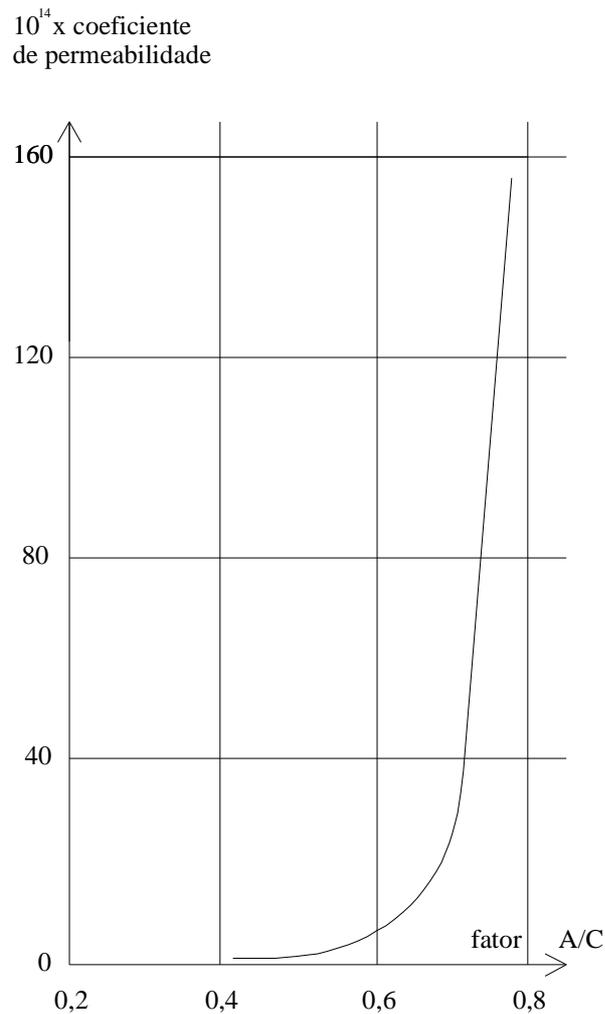


Figura 12: Influência do fator água-cimento no coeficiente de permeabilidade dos concretos.
Fonte: Souza; Ripper (1998, p. 36).

2.4 PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO DOS PISOS DE CONCRETO ARMADO

2.4.1 Preparação da base

Os pavimentos são estruturas bastante complexas, pois são formados por camadas finitas de materiais, com natureza reológicas em geral bastante distintas, o que leva a uma enormidade de possibilidades de respostas estruturais, em função dessa peculiar combinação. O pavimento possui como parte indissociável, sua fundação, ou seja, uma camada extensa de

apoio denominada de sub-leito, que deverá estar submetida a pressões compatíveis com sua capacidade de suporte ou de carga.

A camada superior, denominada de revestimento, recebe as cargas do ambiente, transmitindo-as para camadas inferiores, além de atuar resistindo a tais cargas. Sob o revestimento tem-se sua base de apoio que, muitas vezes, por razões de natureza econômica ou estrutural, é dividida em duas camadas, resultando em uma camada inferior denominada sub-base. Quando o subleito apresenta características medíocres, de tal sorte que o dimensionamento resulta em espessuras das camadas superiores, em especial de bases e sub-bases não econômicas, tornam-se partido do emprego de uma camada de transição entre subleito e base, com melhores propriedades estruturais, que é denominada reforço do subleito.

No quadro 12, são apresentadas algumas possibilidades de materiais para cada uma das camadas de pisos de concreto, sendo digno de nota que, devido ao baixo nível de pressões transmitidas por placas de concreto para camadas inferiores, por responderem mecanicamente em estado plano de tensões, o emprego de camada de reforço do subleito é muito raro.

Quadro 12: Denominação e descrição de camadas de um pavimento.

Denominação	Materiais aplicáveis
Revestimento	Concreto simples, concreto armado, concreto protendido, concreto compactado com rolo, blocos de concreto pré-fabricados, placas pré-moldadas de concreto.
Base	Brita graduada simples, macadame hidráulico, misturas solo-agregado, solo-cimento, brita graduada tratada com cimento, concreto compactado com rolo, concretos asfálticos.
Sub-base	Brita graduada simples, misturas solos-agregado, macadame hidráulico
Reforço do subleito	Solo importado, solo melhorado com cimento
Subleito	Solo natural ou importado

Fonte: Baldo (2005, p. 1299).

2.4.1.1 Preparo do subleito

No preparo do subleito para o recebimento da sub-base, deve-se ter em conta, fundamentalmente, o CBR (Índice de Suporte Califórnia) de projeto, que deve ser necessariamente confirmado em campo por meio dos ensaios específicos, atentando sempre para a sua homogeneidade. O CBR é o ensaio empregado para se permitir uma medida de

resistência do solo como material, para ser usado como subleito. Caso este esteja de acordo com os parâmetros de projeto, deve-se procurar uma regularização e uma conformação dos níveis, de modo a, já nessa etapa dos serviços, aproximá-la das declividades do piso acabado. Quando o subleito não atende às especificações de compactação, deve-se proceder a uma escarificação, a uma profundidade de pelo menos 0,50m, recompactando-a em umidade ótima, em camadas compatíveis com os equipamentos empregados.

No caso de solos moles, deve-se verificar a possibilidade de recalques ao longo do tempo. Caso sejam compatíveis com a utilização do piso, deve-se proceder à estabilização subleito com rachão, em profundidade que deverá ser necessariamente confirmada no campo.

2.4.1.2 Preparo da sub-base

As sub-bases apresentam-se com três funções principais: primeiramente, funcionam como camada drenante; em segundo lugar, têm função estrutural, conferindo maiores capacidades de suporte e homogeneidade; e, finalmente, no aspecto geométrico, sua conformação reduzirá eventuais desvios que seriam feitos nas camadas de concreto.

Os equipamentos mais adequados para os trabalhos de compactação são os rolos compactadores vibratórios lisos e ou placas vibratórias.

Antes da operação de lançamento do concreto é necessário que seja empregado um sistema de isolamento entre as duas interfaces (sub-base-placa), usando-se, para isso, a aplicação de uma lona preta ou outro filme plástico que cumpra essa função.

Segundo Rodrigues; Cassaro (1988), a função desse isolamento é evitar alguns possíveis problemas:

- Perda de material fino e água do concreto para a sub-base, gerando fissuras de retração plástica na face inferior da placa;
- Colmatação da sub-base, diminuindo sua eficiência como dreno;
- Acréscimo no coeficiente de atrito entre a placa e a sub-base, reduzindo a mobilidade da primeira e fazendo com que haja um incremento nas tensões, devido à restrição dos movimentos.

2.4.2 Armaduras

2.4.2.1 Posição das armaduras

O posicionamento correto das armaduras reveste-se de especial importância no desempenho e durabilidade do piso, notadamente quando elas têm função única de combater as fissuras causadas pela retração do concreto. Este deve ficar a, no máximo, 50 mm da superfície do concreto ou a um terço da espessura da placa.

2.4.2.2 Armaduras passivas

O piso pode possuir dois tipos de armadura: estrutural, quando esta resiste aos esforços solicitantes, oriundos de cargas móveis ou estáticas; e distribuída, quando a função da armadura é combater fissuras de retração. Em ambos os tipos, a armadura é constituída por uma malha formando quadrados ou retângulos.

As armaduras, por questões de praticidade, confiabilidade e economia, devem ser constituídas por telas soldadas nervuradas. Os sistemas de montagem na obra de malhas, confeccionadas através do lançamento de barras longitudinais e transversais, encontram-se em desuso, pelos motivos acima relacionados.

2.4.2.3 Telas nervuradas soldadas

As telas soldadas nervuradas para o concreto armado, são confeccionadas com fios laminados a frio ou treliçados na categoria CA – 60 soldados em todos os pontos de contato por caldeamento. Seu processo de fabricação garante a homogeneidade do produto. As telas soldadas obedecem à norma NBR 7481 (1990).

2.4.2.3.1 Características mecânicas das telas

As características de escoamento e alongamento das telas soldadas seguem as do aço CA - 60. A resistência de cada fio não é alterada nos pontos de solda elétrica, o que é verificado segundo os ensaios de tração e dobramento previstos na NBR 7481 (1990).

Já a resistência ao cisalhamento nas juntas soldadas também é verificada através de ensaios previstos na NBR 7481 (1990), que determina a condição de que o fio de menor bitola tenha diâmetro igual ou superior a 55% do diâmetro do fio mais grosso. A força necessária a cisalhar um ponto soldado é igual ou superior a 25% do esforço que leva o fio soldado mais grosso a seu escoamento convencional.

2.4.2.3.2 Características Geométricas das telas

As bitolas dos fios CA - 60 empregados nas telas soldadas vão desde 3,0mm até 10,0mm, com grande quantidade de valores intermediários.

As telas soldadas padronizadas podem ser fornecidas em rolos ou painéis, dependendo do diâmetro dos fios longitudinais.

Quanto aos espaçamentos, os padronizados são de 10, 15 e 30 cm, medidos entre os eixos dos fios. A largura padrão é de 2,45m e os comprimentos são de 60 e 120 m, para rolos, e 6 m para painéis.

As franjas longitudinais possuem comprimento igual à metade do espaçamento transversal. Já as franjas transversais têm comprimento padrão de 2,5cm.

2.4.2.4 Emendas

A armadura distribuída deve ter suas emendas feitas pela superposição de pelo menos duas malhas, por atuarem na absorção dos esforços oriundos da retração do concreto.

2.4.2.5 Barras de Transferência

As barras de transferência precisam ser milimetricamente posicionadas, para garantir o mecanismo da transferência de cargas, onde trabalham com pelo menos uma extremidade não aderida, para permitir que, nos movimentos contrativos da placa, ela deslize no concreto, sem gerar tensões prejudiciais.

Portanto, a premissa para que isso ocorra é que pelo menos metade da barra esteja com graxa ou outro desmoldante, para impedir a aderência ao concreto; em segundo lugar, o conjunto de barras deve estar paralelo entre si (tanto no plano vertical como horizontal) conseqüentemente ao eixo da placa, conforme figura 13.

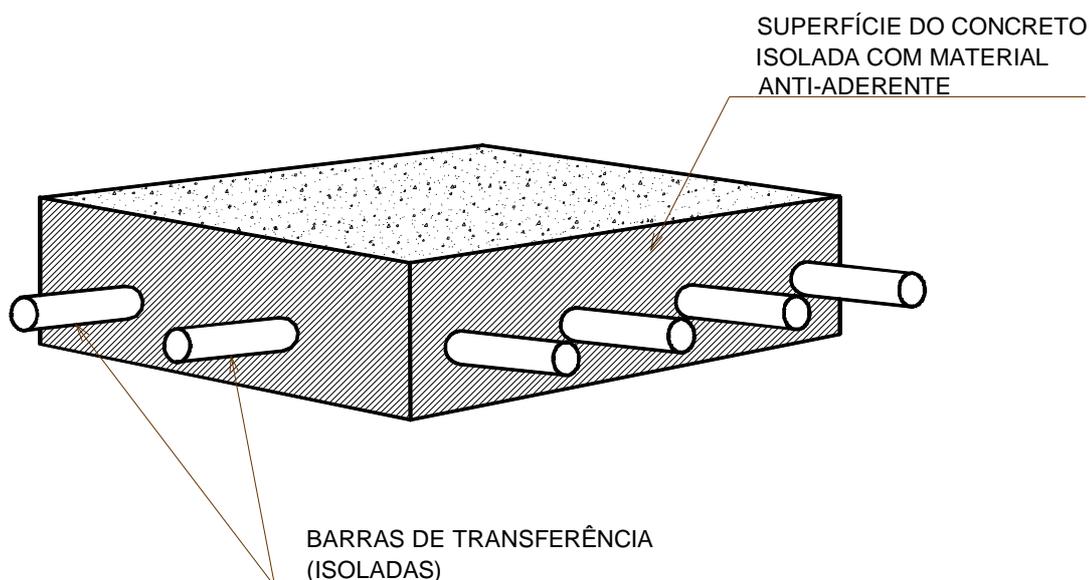


Figura 13: Detalhe da placa de concreto pronta para a segunda etapa da concretagem.
Fonte: CEHOP (2006).

Nas juntas de construção ou de expansão, as barras devem ser fixadas também às formas, mas não se podem preterir os espaçadores como dispositivos auxiliares para as devidas fixações. Nas juntas serradas, por sua vez, as barras de transferência deverão ser posicionadas exclusivamente com o auxílio de espaçadores, que deverão possuir dispositivos de fixação que garantam o paralelismo citado. Ver figura 14.

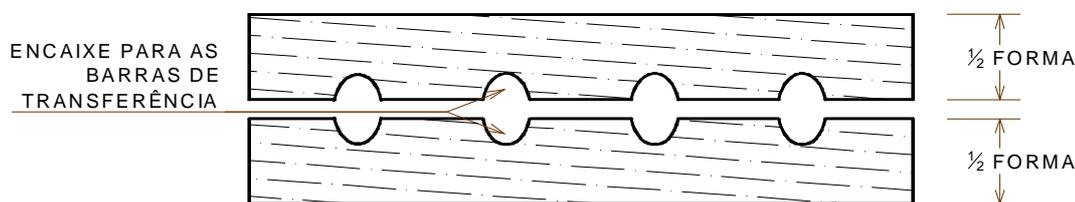


Figura 14: Detalhe de espaçadores para as barras de transferências feitas nas formas.
Fonte: CEHOP (2006).

Os fixadores não devem impedir a livre movimentação da placa. Devem-se empregar duas treliças paralelas à junta como dispositivo de fixação das barras.

É necessário pintar as barras, que serão engraxadas, pois a não aderência ao concreto impede que ocorra a passivação do metal, podendo ocorrer corrosão. Essa pintura pode ser feita, por exemplo, com emulsões asfálticas.

2.4.2.6 Armaduras ativas

A baixa resistência à tração do concreto, a aderência entre o aço e o concreto e as tensões principais de tração devidas ao cisalhamento são fatores de limitação do uso do concreto armado, ocasionando seções espessas e, portanto, peças pesadas e caras.

A imposição de um esforço normal e/ou de flexão, contrário ao carregamento das peças, possibilitou a redução das seções transversais e, conseqüentemente, das dimensões e custos das peças.

Em estruturas de concreto, esse esforço normal, artificial e permanentemente aplicado, que gera um estado adequado de esforços solicitantes, é o que chamamos de protensão.

Construções maiores requeriam cabos e fios paralelos colocados em bainhas de papel, de plástico ou de chapas metálicas. Começou-se usando fios de 5 e 7 mm de diâmetro, mas a tecnologia da época permitia resistências somente até 1500 MPa, uma vez que diâmetros

maiores teriam tensões menores, além de os fios ficarem muito duros para serem manuseados. Daí surgiu, naturalmente, à idéia de se usarem cabos compostos de cordoalhas.

Ao longo dos anos, as características de resistência das cordoalhas aumentaram gradativamente, pelo incremento das características unitárias dos seus fios componentes, atingindo-se, hoje, valores como 1900 e até 2100 MPa.

No concreto protendido, o princípio é introduzir no elemento estrutural uma força de compressão que venha a compensar as forças de tração que serão geradas em serviço. Para isso, cabos de protensão são instalados na placa, tanto no sentido longitudinal como no transversal, formando uma malha regular, como mostra a figura 15. Nos pisos, os cabos são lineares. (Revista Pisos Industriais, 2006).

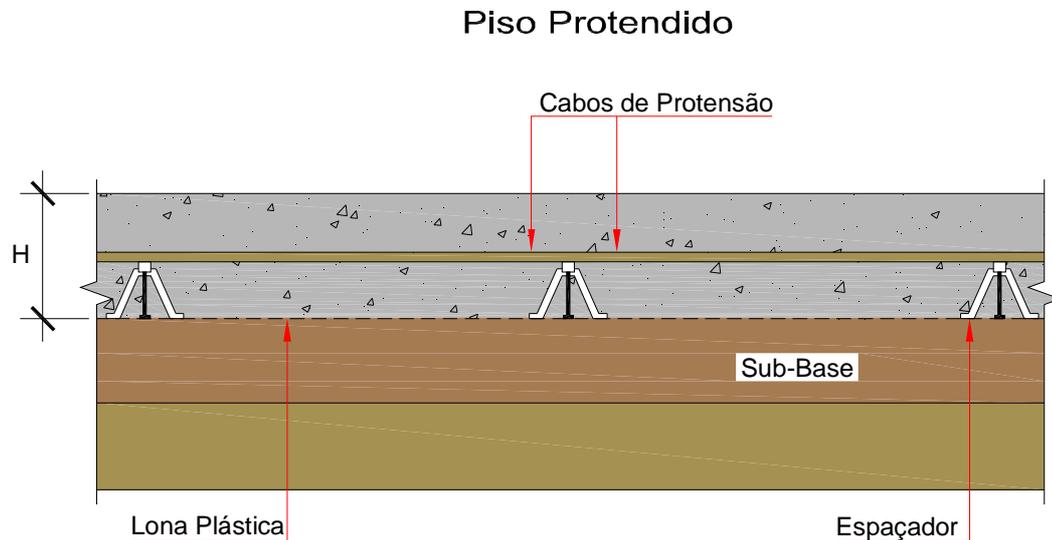


Figura 15: Concreto protendido.
Fonte: Rodrigues (2006, p. 20).

A grande vantagem do sistema é permitir a execução de pisos com pequena quantidade de juntas, já que podemos fazer placas com praticamente qualquer dimensão, embora na prática existam limitações, como a protensão por apenas um dos lados do cabo, apenas ancoragem ativa. (RODRIGUES, 2006).

2.4.3 Juntas de dilatação em pisos de concreto

Os pisos de concreto geralmente são executados em formas geométricas retangulares e ou quadradas, com suas dimensões limitas e separadas por juntas.

A função das juntas é permitir as movimentações de contração e expansão do concreto, sem que ocorram danos ao piso sob o ponto de vista estrutural e de durabilidade, permitindo a adequada transferência de cargas entre as placas contíguas. Ver figura 16.

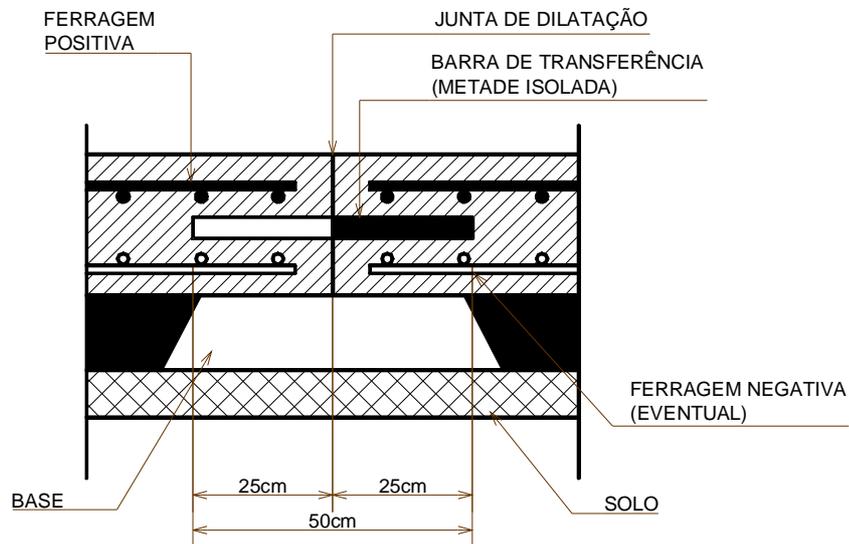


Figura 16: Corte esquemático de um piso armado, ferragens, barras de transferência e junta de dilatação. Fonte: CEHOP (2006).

As juntas representam pontos suscetíveis no piso, pois se não foram adequadamente projetadas e executadas, podem provocar deficiência na selagem. A entrada de materiais incompreensíveis irá conduzir a esforços localizados na região, provocando o esborcinamento das placas. Para se contornar tal problema, deve-se procurar usá-las em menor número possível, objetivando a maior durabilidade do piso.

São de grande importância para o piso, tanto na fase executiva (quando permite a concretagem em etapas, formando faixas ou panos nas dimensões compatíveis com os equipamentos disponíveis) quanto nas etapas posteriores, onde o concreto necessita se movimentar.

Os pisos armados levam, sob esse aspecto, enorme vantagem sobre os pisos de concreto simples, já que permitem considerável redução no número de juntas. Além da durabilidade e dos custos de manutenção, já que os selantes necessitam ser periodicamente substituídos, o menor número de juntas permite ainda uma maior velocidade nos trabalhos de execução.

A junta é, por princípio, a descontinuidade do concreto e armadura, sem que ocorra a descontinuidade estrutural. Podem ser de diversos tipos, dependendo da sua localização e do seu emprego.

Segundo Rodrigues; Cassaro (1998), um fato observado com bastante frequência é que projetistas de pisos quase sempre se preocupam, erroneamente, apenas com a espessura da placa, não dando atenção para a questão da dimensão da mesma. Ou seja, deixa em segundo plano o projeto geométrico do piso, que é o adequado posicionamento e dimensionamento das juntas.

Logicamente esta disposição geométrica deverá levar em consideração o processo executivo e os tipos de equipamentos e as condições da obra.

Algumas recomendações devem ser seguidas pelos projetistas, para que evitem erros, tais como:

- O piso deve trabalhar isolado da estrutura. Portanto, no encontro de pilares, paredes, bases de máquinas, etc., deverão ser previstas juntas de encontro, permitindo que o piso trabalhe e não seja solicitado pela estrutura;
- As juntas deverão ser sempre contínuas, podendo apenas ser interrompidas pelas juntas de encontro;
- No encontro de duas juntas, o ângulo formado não deve ser inferior a 90 graus.

2.4.3.1 Classificação das juntas

As juntas podem ser classificadas de acordo com o método executivo e função, em:

- Junta longitudinal de Construção (Junta de Construção - JC), com dispositivo de transferência de carga ou barras de transferência ou tipo macho-e-fêmea (Junta de Construção - JC), (figuras 17 e 18).

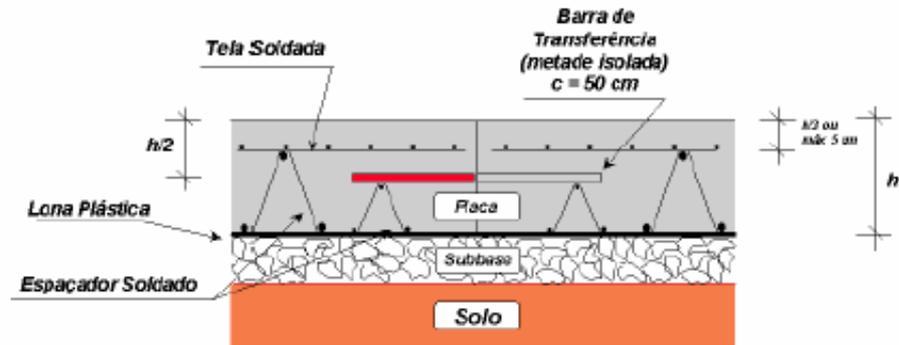


Figura 17: Junta de construção com barras de transferência.
 Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 59).

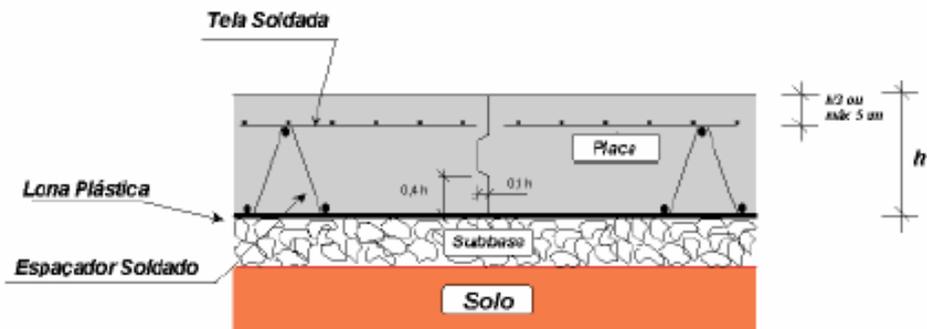


Figura 18: Junta de construção tipo macho e fêmea.
 Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 59).

- Junta Longitudinal de retração Serrada (Junta Serrada - figura 19)

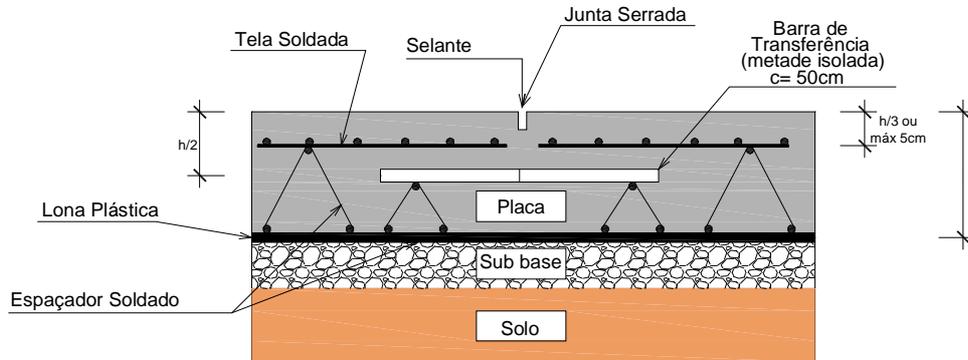


Figura 19: Junta serrada.

Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 59).

- Junta de Expansão (Junta de Encontro - JE), situada nos encontros do piso com peças estruturais ou outros elementos que impeçam a livre movimentação do piso (figura 20 e 21).

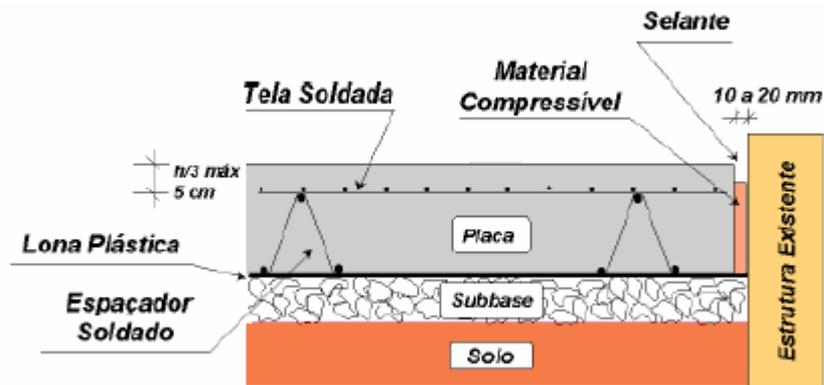


Figura 20: Junta de expansão.

Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 60).

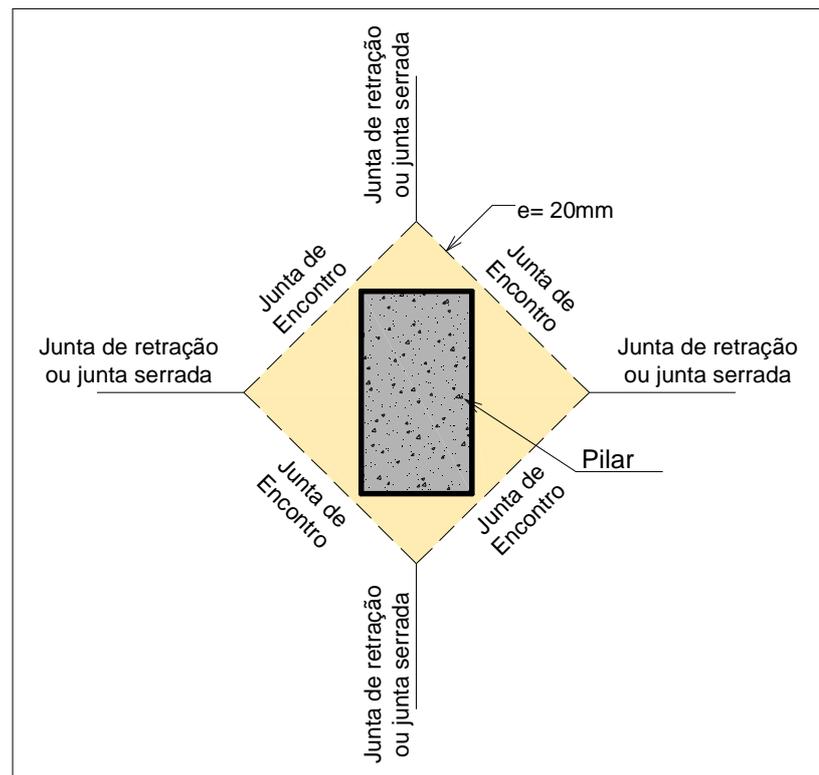


Figura 21: Junta de encontro com pilar (Diamante).
 Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 60).

2.4.4 Selantes

São materiais usados em juntas de dilatação das estruturas de concreto, com o objetivo de impedir a passagem de líquidos, gases, vapor e partículas sólidas para o interior dos pisos de concreto.

No momento em que são solicitados a se deformarem, devem possuir características elásticas e de recuperação compatíveis com os esforços e deformações sofridas. Podem ser formulados a partir das mesmas resinas básicas usadas em pintura; acrílicas, poliuretânicas, epóxi, etc.

A natureza química dos selantes é responsável pela resistência ao intemperismo e aos agentes agressivos, havendo aderência ao substrato, deformabilidade e recuperação elástica. São de natureza plástica, empregados na vedação das juntas do piso. Sua importância é fundamental, visto que impedirá a entrada de partículas incompressíveis na junta, que são

extremamente danosas ao desempenho do pavimento. Podem ser divididos em duas categorias principais: os pré-moldados e os moldados no local.

Os selantes pré-moldados são aqueles que têm sua forma previamente definida no processo industrial e são posteriormente fixados às juntas por meio de adesivos, com custos mais elevados do que os dos tipos. Geralmente, são empregados em casos específicos, como em juntas de dilatação com grande solicitação de tráfego. Esses selantes são normalmente produzidos em borracha sintética, com forma geométrica apropriada para cada uso, sendo freqüentes aqueles com as seções vazadas, similares a uma mangueira.

Existe em nosso mercado uma peça plástica de PVC ou poliuretano de alta densidade, rígida, que é comercializada como junta de piso. Sua fixação é feita com o emprego de argamassa modificada com polímeros. O uso desse componente é altamente condenável porque a junta torna-se rígida. Quando a placa se movimenta, existe tendência de expulsá-la, ocorrendo com freqüência a sua quebra, fazendo com que a junta fique desprotegida. Devem-se empregar juntas pré-moldadas, quando efetivamente se pode comprovar o seu funcionamento, absorvendo tanto as solicitações de tração como de compressão.

A outra família é a vazada no local, onde as paredes da junta serão a própria forma do selante. Estes, quando moldados a frio, são modernamente produzidos à base de epóxi, poliuretano, silicone ou outros polímeros apropriados que, após a cura, formam um elastômero estável e de resistência mecânica e química adequada ao piso. Os de epóxi, denominados semiflexíveis, são os mais indicados quando há tráfego de empilhadeiras. Alguns tipos, como os de silicone, podem ser obtidos em diversas cores, sendo bastante úteis no caso de pisos decorativos.

2.4.5 Concretagem e planos de concretagem mais empregados

Segundo Araújo (2003), a concretagem do piso reveste-se de especial interesse, devido fundamentalmente à sua influência acentuada no desempenho final deste, pois nela é que diversas manifestações, comumente designadas de patologias ou - mais adequadamente - de defeitos, ocorrem. Dentre eles, pode-se chamar a atenção para os pisos com baixas resistências ao desgaste, fissuras de natureza plástica, escamamento, rugosidade excessiva, absorção elevada e outros mais.

Essas assertivas indicam que a concretagem deve ser objeto de intenso controle executivo, precedido de treinamento dos operários que irão executá-la. É recomendável que se execute preliminarmente um pequeno trecho, preferencialmente fora da área definitiva, que poderá ser usado como padrão de qualidade.

Esse procedimento, embora extremamente simples, permite que se estabeleça de maneira clara e inequívoca uma referência executiva inquestionável, principalmente no que se refere à textura superficial.

2.4.5.1 Formas de concretagem

A concretagem pode ser executada de duas maneiras distintas, conforme mostra a figura 22, em xadrez ou em faixas. O primeiro procedimento é mais antigo, e seu nome vem do esquema executivo, onde cada placa é feita isoladamente da vizinha. Cada uma delas só é concretadas 24 horas depois.

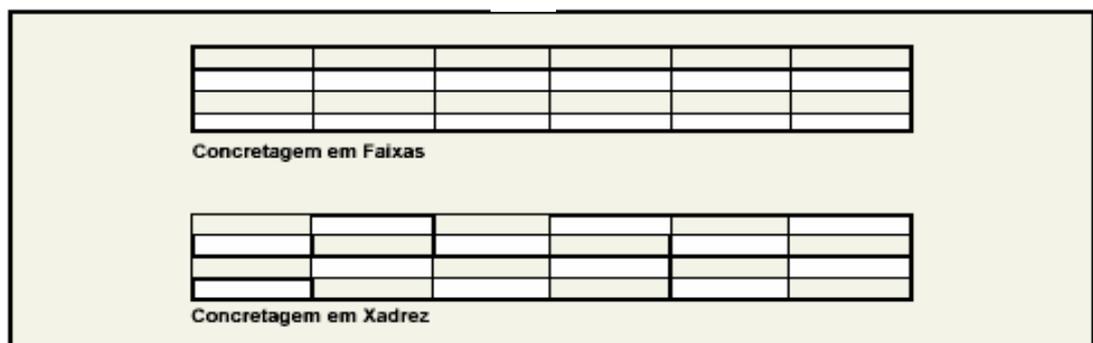


Figura 22: Plano de concretagem.
Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 76).

2.4.5.1.1 Xadrez

Quando foi concebido, imaginava-se que parte da retração poderia ocorrer antes que houvesse a concretagem seguinte, fazendo com que as juntas apresentassem menos movimentação. A premissa não é válida, visto que devem perdurar por cerca de sete dias.

Mesmo assim, como o concreto já atingiu grande parte da sua hidratação, a retração irá processar-se lentamente. Para tirar partido do pressuposto inicial, seria preciso esperar um longo período para completar a concretagem das “casas” complementares do tabuleiro. Hoje em dia, a concretagem em xadrez deve ser evitada a todo custo, podendo ser empregada apenas em trabalhos muito simples e sem importância. Em pisos industriais, jamais.

O grande problema do sistema é que existe uma série de fatores que prejudicam o desempenho do piso, com o número exagerado de juntas construtivas, que irão prejudicar ou mesmo impedirem a adoção dos mecanismos de transferência de cargas, ocorrendo com frequência falhas nos cantos das placas, caracterizadas por fissuras a 45 graus, unindo juntas transversais e longitudinais.

Outra limitante do sistema refere-se à execução, já que em determinado estágio os equipamentos terão o tráfego dificultado pelo sobe-e-desce em placas prontas. E os que são empregados em acabamento têm que ficar mudando de local a todo instante, prejudicando a produtividade.

2.4.5.1.2 Faixas (tiras)

O modo melhor e mais seguro para a execução dos pisos é o que é feito por faixas, onde um longo pano é concretado, com o posterior corte das placas, fazendo com que haja continuidade nas juntas longitudinais e que os mecanismos de transferência de carga nas juntas também possam ocorrer por intertravamento dos agregados.

Além do mais, a concretagem pode ser executada com muito mais facilidade, visto que haverá sempre algumas faixas livres contíguas, prontas ou não, permitindo o trânsito dos equipamentos. Assim, o acabamento pode ser feito continuamente, sem necessidade de mudar os equipamentos de local.

2.4.6 Mistura do concreto

O uso do concreto pré-misturado ou usinado está bastante disseminado, principalmente quando se trata de obras de porte relativo, como geralmente são as obras

industriais. Não obstante, freqüentemente - no momento de executar o piso - o construtor depara-se com um dilema: produzir na própria obra ou comprar o concreto.

Segundo Rodrigues; Cassaro (1998) ocorre que o volume de concreto empregado no piso é da mesma ordem de grandeza do empregado na estrutura. A título ilustrativo, no caso das industrializadas em concreto armado, a espessura média (volume de concreto da estrutura dividido pela área da obra) gira entre 10 e 12 cm. Portanto, em grande parte das vezes, a quantidade do piso suplanta a do concreto da estrutura, sendo o uso de concreto usinado o mais indicado.

2.4.7 Lançamento

O lançamento do concreto em pisos é, em geral, uma operação relativamente simples, já que os equipamentos podem quase atingir diretamente o local de aplicação. Por exemplo, caminhões-betoneiras podem também ser empregados no lançamento, conforme figura 23.



Figura 23: Lançamento do concreto.
Fonte: DEGUSSA (2005).

Embora simples, as operações de lançamento podem alterar substancialmente o desempenho do piso, visto que freqüentemente são observados defeitos da alteração da posição original da armação. Portanto, deve-se tomar cuidado nessa fase, não permitindo o trânsito de operários por sobre a tela, dando condições de que os mesmos possam espalhar o concreto externamente à região, conforme figura 24.



Figura 24: Lançamento do concreto.
Fonte: LPE Engenharia (2005).

2.4.8 Adensamento

A operação é facilitada pela própria natureza dos pisos, que possuem grandes áreas aliadas, geralmente às baixas espessuras, desprovidas de elementos complicadores, como taxas elevadas de armação ou locais pouco acessíveis. Como consequência, há raros exemplos de falhas, devido ao adensamento, que passa a ser mais importante como elemento preliminar aos trabalhos de acabamento.

Os vibradores de imersão podem ser empregados em pisos, consorciados com as régua, se bem que haja restrições de ordem mecânica, já que - devido às pequenas espessuras - a agulha acaba trabalhando praticamente na horizontal, reduzindo a sua vida útil. Outro aspecto negativo é que a refrigeração do equipamento é feita pelo próprio concreto, e, se o vibrador não trabalhar imerso, poderá sofrer as consequências do aquecimento.

As régua vibratórias são como já mencionadas, bastante adequadas aos serviços, dispondo-se de boa diversidade desses equipamentos. As mais adequadas são as produzidas com ligas leves, o que torna fácil o manuseio do equipamento.

Para serem evitados problemas comumente de adensamento do concreto, um dos fatores de maior importância é a trabalhabilidade e a coesão do concreto. Notem-se, ainda, as dimensões e rugosidade interna das fôrmas, e também a taxa de armaduras presentes. Neste caso, é melhor para se trabalhar com um concreto mais plástico, com maior relação a/c, do

que um concreto seco, sem condições adequadas de trabalhabilidade, dando condições do aparecimento de falhas, chamadas popularmente de “bicheiras”.

2.4.9 Acabamento superficial

A superfície do piso é a principal fonte de medida do seu empenho, pois é ela que estará em contato com todas as ações solicitantes. Podem-se dividir os pisos de concreto em dois grandes grupos: os de camada única, onde o próprio concreto da laje funciona como revestimento e os com revestimento, muitas vezes impropriamente chamados de revestimentos de alta resistência, que podem ser executados por dois procedimentos distintos, denominados úmido-sobre-úmido e úmido-sobre-seco.

O fato de o piso ser executado em camada única não significa necessariamente que vá possuir menor resistência ao desgaste que o outro tipo. Na realidade, esse processo é largamente empregado nos Estados Unidos e, dependendo do tipo do concreto e do tratamento a que for submetido, poderá dar origem a pisos com alta resistência.

Da mesma forma, os pisos com revestimento não possuem, necessariamente, alta resistência, mas foram e ainda são bastante empregados nos países europeus, podendo ser úteis quando a solicitação preponderante é abrasiva, com cargas baixas. No sistema úmido-sobre-úmido, ou simplesmente úmido, a camada de acabamento é lançada quando o concreto ainda se encontra no estado fresco, diferentemente do que ocorre no sistema úmido-sobre-seco.

Na opção pelo sistema duplo, recomenda-se a adoção do úmido, uma vez que é mais garantida a aderência das duas camadas: concreto e revestimento. No sistema seco, é necessária a adoção de uma camada de ligação, confeccionada com argamassa de consistência seca, fonte freqüente de problemas, como o descolamento entre as camadas.

Sob o ponto de vista executivo do acabamento, tanto o sistema simples como o duplo, usam os mesmos equipamentos básicos.

2.4.9.1 Regularizar o concreto

A regularização da superfície do concreto é fundamental para a obtenção de um piso com bom desempenho em termos de planicidade. Essa operação, embora aparentemente simples, precisa ser executada com esmero e habilidade.

A ferramenta empregada é o chamado “rodo de corte”, constituído por uma régua de alumínio ou magnésio, de três metros de comprimento, fixada a um cabo com dispositivo que permita a sua mudança de ângulo, fazendo com que o “rodo” possa cortar o concreto quando vai e volta, ou apenas alisá-lo, quando a régua está plana. Deve ser aplicado no sentido transversal da concretagem, algum tempo após a mesma, quando o material está um pouco mais rígido. Seu uso irá reduzir consideravelmente as ondas que a régua vibratória e o sarrafeamento deixam.

2.4.9.2 Desempenho mecânico do concreto

O desempenho mecânico do concreto (floating) é executado com a finalidade de embeber as partículas dos agregados na pasta de cimento, remover protuberâncias e vales e promover o adensamento superficial do concreto.

Para a sua execução, a superfície deverá estar suficientemente rígida e livre da água superficial de exsudação. A operação mecânica pode ser executada quando o concreto suportar o peso de uma pessoa, deixando uma marca entre 2 a 4 mm de profundidade.

Os equipamentos empregados são geralmente as acabadoras de superfície, simples ou duplas, conforme figuras 25, com diâmetro entre 90 e 120 cm, com quatro pás cada uma, com largura próxima a 250 mm, acionada por motor elétrico ou a explosão. No Brasil, esses equipamentos são popularmente chamados de *helicópteros* ou *bambolês*.

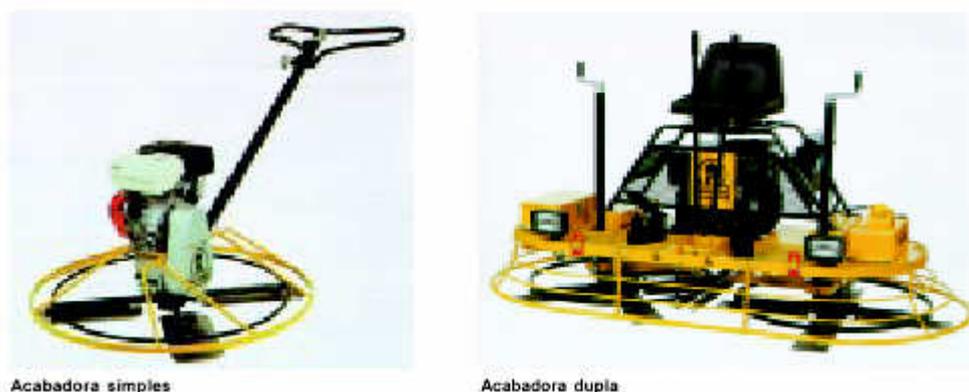


Figura 25: Acabadoras de superfície.
Fonte: Rodrigues; Cassaro (1998, p. 80).

O desempenho deve ser executado com planejamento, de modo a garantir a qualidade da tarefa. Ele deve ser sempre ortogonal à direção da régua vibratória ou do sarrafeamento e deve obedecer sempre à mesma direção. Cada passada deve sobrepor-se em 50% à anterior.

2.4.9.3 Alisamento superficial

O alisamento superficial ou desempenho fino é executado após o desempenho, para produzir superfícies densas, lisas e duras. Normalmente, são necessárias duas ou mais operações para garantir o resultado final, dando tempo para que o concreto possa gradativamente enrijecer-se.

O equipamento é o mesmo empregado no desempenho mecânico, com a diferença de que as lâminas são mais finas, com cerca de 150 mm de largura. O alisamento deve iniciar-se na mesma direção do desempenho, mas a segunda passada deve ser transversal a esta, alternando-se nas operações seguintes.

Na primeira passada, a lâmina deve estar absolutamente plana e, de preferência, já usada. Nas seguintes, deve-se aumentar gradativamente o ângulo de inclinação, de modo que aumente a pressão de contato à medida que o concreto vai ganhando resistência.

2.4.10 Cura do concreto

Segundo Rodrigues; Cassaro (1998), denominam-se cura do concreto todas as medidas tomadas para manter as condições de hidratação do cimento, isto é, umidade e temperatura. Como regra geral, no Brasil, são raros os períodos de baixas temperaturas, e os procedimentos de cura acabam limitando-se apenas à manutenção da umidade. A cura do concreto, além de relacionar-se com a resistência, está intimamente relacionada também aos problemas de superfície, podendo invalidar todos os meios empregados na dosagem, mistura, lançamento, adensamento e acabamento, para reduzir os defeitos tão prejudiciais ao desempenho do piso.

Ela pode ser dividida em duas etapas no período de hidratação do cimento: a cura inicial e a complementar.

2.4.10.1 Cura inicial

A cura inicial é a que é executada imediatamente às operações de acabamento do concreto, podendo até mesmo iniciar-se de modo indireto, após o adensamento. É no seu período que há maior influência dos fenômenos de superfície e, diferentemente das estruturas, assume papel fundamental nos pisos.

Evitar a evaporação da água de amassamento, sem prejudicar ou danificar a superfície do piso, é freqüentemente um exercício de criatividade e dedicação do construtor, pois os procedimentos muitas vezes têm que principiar já após o adensamento, evitando-se a ação do vento e da insolação.

As membranas de cura são bastante empregadas, principalmente em áreas externas, devidas, fundamentalmente, à facilidade de aplicação, aliada às baixas probabilidades de danos à superfície. São emulsões à base de polímeros, notadamente o Acetato de Polivinila (PVA), aliadas ou não a um corante que, com a secagem da água, formam na superfície um filme impermeável.

Os filmes plásticos, transparentes ou opacos, que são popularmente conhecidos por lona preta, são instrumentos eficientes de cura, mas que exigem maior cuidado com a superfície, visto que podem danificá-la, na sua colocação. Além disso, por não ficarem

firmemente aderidos ao concreto, formam uma câmara de vapor que, condensando, podem provocar manchas no concreto, principalmente se ele for colorido.

As membranas de cura são menos eficientes do que os filmes plásticos, mas em compensação podem ser aplicadas mais precocemente. Como intermediários, há os papéis impermeáveis, hoje em dia pouco empregados, em virtude do desenvolvimento dos polímeros que dão origem a filmes plásticos leves e baratos.

2.4.10.2 Cura complementar

A cura complementar deve iniciar-se após o fim de pega do concreto, independentemente de terem ou não sido aplicadas membranas de cura. Nesta fase, a cura do concreto não se restringe apenas ao impedimento da evaporação, mas sim à saturação com água da superfície concretada. A sua execução é feita, simplesmente, com a colocação de materiais absorventes na superfície, que já deve ter resistência suficiente para permitir o caminhar de pessoas. Periodicamente, procede-se à sua saturação.

Os materiais mais empregados são as sacarias de aniagem, camadas de areia ou qualquer outro material inerte, com boa capacidade de retenção de água e que não cause manchas de nenhuma espécie. A cura complementar deve prolongar-se até que o concreto tenha alcançado pelo menos 75% da sua resistência final, quando então a sua baixa permeabilidade garantirá por si própria a manutenção da umidade para a completa hidratação do cimento.

Da mesma forma que a cura inicial, a complementar está condicionada às condições atmosféricas, como o calor, ventos e, principalmente, a umidade relativa do ar. Vale observar que, em dias frios, a evaporação da água pode dar-se com mais facilidade por causa de ventos fortes e baixos valores de umidade relativa. Por esse motivo, os três parâmetros devem ser sempre analisados conjuntamente.

3 PRINCIPAIS MEIOS AGRESSIVOS ATUANTES SOBRE OS PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO ARMADO NÃO-REVESTIDO

As áreas industriais sofrem ataques de diversos agentes agressivos que atuam diretamente sobre os pisos industriais. Desta forma, serão apresentados vários desses agentes, sejam eles de origem física ou química, os quais causam patologias sobre os pisos industriais.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS AGENTES

3.1.1 Agentes químicos

3.1.1.1 Águas salgadas

A água dos oceanos, como as do Atlântico, poderia - em princípio - ser classificada como sendo de agressividade muito forte ao concreto. No entanto, considerando a presença de muitos outros sais, que alteram os equilíbrios químicos, a corrosão sulfática provocada por essa água, é mais lenta do que a de águas doces com iguais teores de sulfatos, pois existe uma certa ação inibidora do cloreto de sódio. (HELENE, 1988).

3.1.1.2 Águas puras

Segundo Helene (1988), são águas que não contém substâncias dissolvidas ou as contém em quantidade desprezível. Quanto mais pura a água, maior o seu poder ou capacidade dissolvente.

O teor de substâncias dissolvidas é facilmente obtido através da medida do resíduo não evaporável em porcentagem, em relação ao total de água inicial. É importante não confundir substâncias dissolvidas com substâncias em suspensão. Para evitar esse engano, o método de ensaio indica que a água seja inicialmente filtrada. Água pura é também sinônimo de água mole, ou seja, quanto menos dura (menos carbonato de cálcio e magnésio ela contém) maior o seu poder dissolvente.

Admite-se que toda água com menos de 150 mg/l de sólidos (resíduos) dissolvidos (não evaporáveis) é agressiva ao concreto. (HELENE, 1988).

3.1.1.3 Águas de regiões pantanosas – banhados

As águas superficiais são agressivas ao concreto quando o teor de ácidos húmicos e outras substâncias agressivas atingem valores-limites. Essas águas costumam conter também ácidos carbônicos livres e agressivos. Os ácidos orgânicos, em geral, atacam menos intensamente o concreto que os ácidos inorgânicos e minerais. (HELENE, 1988).

3.1.1.4 Águas residuais ácidas

Todas as águas de origem doméstica e, principalmente, as industriais, são potencialmente agressivas ao concreto. Ocorre, em especial, com as águas de indústrias que utilizam coque, indústrias de papel e celulose, indústrias de álcool e açúcar, curtume, frigoríficos, tinturarias, galvanoplastia e laticínios, fortemente agressivas ao concreto. (HELENE, 1988).

A água é um dos principais componentes de diversas operações em indústrias de alimentos. É usada como veículo para aquecimento e resfriamento, assim como para limpeza e sanificação de equipamentos e de instalações físicas. (PALUMBO et al., 1997).

A acidez total representa os teores de dióxido de carbono livre, ácidos minerais e orgânicos e, ainda, sais de ácidos fortes, os quais por dissociação liberam íons-hidrogênio para a solução. Pode ser dividida em acidez orgânica, pela presença de CO₂, e a acidez

mineral, devido a ácidos orgânicos e minerais oriundos de resíduos industriais. (LEITE; ANDRADE, 2003).

O CO_2 , dissolvido na água, torna-a corrosiva a alguns equipamentos e utensílios. O ideal é que a indústria utilize água com pH próximo de 8,3, por não conter mais o gás carbônico. Para promover a alcalinização da água, deve-se usar hidróxido de sódio. Águas ácidas, além de promoverem corrosão de equipamentos, neutralizam detergentes alcalinos, dificultando o estabelecimento do pH ideal nos procedimentos de limpeza. (RUZANTE; FONSECA, 2001).

A composição química da água, resultante da existência de sais de cálcio e magnésio dissolvidos, é de grande importância nos aspectos de processamento, higiene e economia nas indústrias de alimentos. A presença desses sais dissolvidos determina o grau de “dureza” da água que, por sua vez, influenciará no desempenho dos produtos de limpeza, reduzindo sua eficiência. Naturalmente encontrados na água industrial, os sais de cálcio e magnésio são precipitados, formando incrustações quando a água aquecida é usada na limpeza de pisos, paredes, utensílios e equipamentos. Além disso, a deposição desses sais sobre as superfícies determina a formação de pontos que favorecem o crescimento de microrganismos.

Outros fatores importantes, influenciados pela composição química da água usada pela indústria, são a acidez e a alcalinidade. A acidez total é determinada pelos teores de dióxido de carbono, ácidos minerais e orgânicos, e sais de ácidos fortes que liberam íons de hidrogênio para a solução. O gás carbônico dissolvido na água a torna ácida e, portanto, corrosiva para alguns tipos de equipamentos e instalações.

3.1.2 Atmosferas

3.1.2.1 Atmosferas ácidas de centros urbanos e industriais

Segundo Helene (1988), os compostos gasosos de enxofre, o ácido sulfídrico (H_2S) e o dióxido de enxofre (SO_2) transformam-se em contato com o vapor de água e oxigênio (por oxidação) em ácido sulfúrico, que ataca o concreto.

O pH de água de chuva (das primeiras horas) em centros urbanos e industriais pode ser de 3,5 a 4,0, ou seja, fortemente ácida se compararmos com o pH de chuvas de regiões no interior (atmosfera rurais) nas quais o pH natural da água de chuva varia de 6,5 a 7,0.

Outro fator agressivo que deve ser considerado nesses locais é o teor de partículas em suspensão que podem depositar-se por impactação, na superfície das estruturas de concreto, agredindo-as.

3.1.2.2 Atmosferas viciadas

Para Helene (1988), são regiões em locais fechados com baixa taxa de renovação de ar. Nestes locais pode haver uma intensificação da concentração e até geração de gases agressivos às armaduras de concreto.

O exemplo mais significativo é a ação do ácido sulfúrico, gerado em coletores e interceptores de esgoto, a partir da presença de sulfetos (S^-). À medida que o esgoto flui pela rede coletora, a concentração de oxigênio dissolvido gradualmente diminui devido a uma demanda maior que o fornecimento. Em algum ponto do sistema, o oxigênio é exaurido e os sulfetos aparecem.

Esse gás liberado é absorvido às partes superiores do coletor, sendo novamente oxidado por ação de bactérias aeróbias, transformando-se em ácido sulfúrico que ataca o concreto. Alguns edifícios industriais que abrigam certos processos químicos também podem ser considerados como atmosferas viciadas. Os teores de SO_2 , NH_3 , H_2S podem ser em mais de 100 vezes superior ao encontrado na atmosfera ao ar livre da comunidade vizinha à indústria.

3.1.3 Ação de graxas e óleos

As graxas e óleos vegetais e seus ácidos graxos são prejudiciais ao concreto porque reagem com a cal (Portlandita) do cimento e formam sabões cálcicos.

Os óleos e graxas minerais só atacam o concreto quando contém ácidos livres, enquanto que os de origem vegetal e animal podem degradar-se com o tempo, formando ou gerando ácidos orgânicos. De qualquer forma, o ataque é lento. A maior preocupação deve ser

com a queda da resistência mecânica do concreto, que pode atingir valores superiores a 20% e com a queda da aderência concreto/armadura. (HELENE, 1988).

3.1.4 Ação dos sais

O hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) é uma base da família dos metais alcalinos, que está presente nas pastas de cimento endurecida, em uma elevada quantidade, sendo produzida pela hidratação dos principais compostos anidros do cimento, o C_2S e C_3S . Essa base é classificada como parcialmente solúvel em água, sendo capaz de reagir com sais dissolvidos, como os cloretos e nitratos, através da troca de cátions entre o sal e a própria base.

Segundo Andrade (2005), se esses sais forem formados por metais alcalinos ou amônio, produzirão bases mais solúveis que o próprio hidróxido de cálcio e, portanto, mais propensas a serem solubilizados e lixiviados, aumentando a porosidade e a permeabilidade da pasta e abrindo caminho para a entrada de outros agentes de deterioração.

Os sais de cloreto e nitrato são particularmente nocivos, pois, na troca de cátions, são bastante solúveis, além do hidróxido. Como exemplo, tem-se o nitrato de amônio, utilizado como fertilizante na agricultura.



Os sais, cloretos e nitratos, com cátions (Al, Fé, Mg), formam bases insolúveis e de baixa alcalinidade e não interferem no aumento da porosidade da pasta, mas reduzem o pH, sendo prejudiciais à estabilidade dos silicatos de cálcio hidratados e à corrosão das armaduras.

O íon magnésio, apesar de ser um metal alcalino terroso, forma uma base insolúvel, particularmente nocivo ao concreto. Quando dissolvido e em contato com C-S-H, esse íon promove um outro tipo de ataque, proveniente da substituição do cálcio pelo magnésio no silicato de cálcio hidratado, formando silicato de magnésio hidratado. Na troca de cátion, existe perda das características cimentícias da pasta de cimento.

A gordura animal (éster) pode reagir com o hidróxido de cálcio numa reação de saponificação (reação de hidrólise básica entre óleo e sabão (éster) com um hidróxido,

produzindo glicerol e sal de ácidos graxos (sabão.), reduzindo o pH e favorecendo a decomposição química da pasta e a corrosão da armadura. (ANDRADE, 2005).

3.1.5 Ação dos ácidos

Os concretos de cimento Portland, em geral, não têm boa resistência à ação dos ácidos, devido ao caráter básico da pasta de cimento. Concretos, independentemente de sua composição, expostos à soluções ácidas fortes ou compostos que possam dar origem a ácidos fortes, com pH igual ou menor que 3, sofrerão severa deterioração. Por outro lado, os concretos de baixa permeabilidade, expostos à ação de ácidos fracos, podem resistir, principalmente se a exposição for ocasional (ANDRADE, 2005).

Independentemente da solubilidade do sal formado, no ataque, ocorre à redução do pH. Assim, pode abrir caminho para decomposição química dos silicatos de cálcio hidratados, que se transformam em gel de sílica, fazendo com que a pasta perca a coesão e a resistência, além de acelerar a despassivação da armadura.

O ácido sulfúrico é, particularmente, agressivo ao concreto, pois, na reação com o hidróxido de cálcio, produz-se o sulfato de cálcio, que induz à expansão e fissuração no concreto. O H_2SO_4 pode ser formado nas atmosferas urbanas e industriais, pela reação entre os gases sulfurosos, provenientes da queima de combustíveis fósseis, vapor de água e oxigênio, produzindo a conhecida chuva ácida. Pode ser formado também por certas bactérias anaeróbicas, em tubulação de esgoto, que é um ambiente extremamente agressivo ao concreto.

Ácidos orgânicos, de um modo geral, são menos nocivos que os ácidos inorgânicos. Entretanto, o ácido láctico, o acético e o fórmico, entre outros encontrados em indústrias de alimentos, apesar de orgânicos, são classificados como severos segundo ACI 201, 2R. (ACI, 1999). Já o ácido tânico é classificado como moderado, e os ácidos oxálicos e tartarático são classificados como negligenciáveis.

Não existem métodos padronizados para a avaliação ao ataque químico sob a ação de ácidos. Normalmente, são simuladas exposições aceleradas, em ciclos de imersão e secagem desses produtos, e os resultados são dados em função da perda de massa, ou da redução das propriedades mecânicas do concreto, ou do aspecto visual das amostras expostas ao ataque. (ANDRADE, 2005).

3.2 AGENTES FÍSICOS

3.2.1 Resistência aos agentes físicos

3.2.1.1 Abrasão

A resistência à abrasão ou ao desgaste é um dos principais parâmetros a serem considerados no dimensionamento do piso, pois dela dependem uma série de fatores de dosagem e detalhes executivos, que muitas vezes passam despercebidos e que podem limitar tanto a funcionalidade como a vida útil do pavimento. “O desgaste por abrasão não está associado à perda de desempenho mecânico da estrutura ou do elemento de concreto, mas, sim, à perda de desempenho quanto à funcionalidade.” (ANDRADE, 2005).

A origem do problema se dá pelo mecanismo de fricção ou atrito a seco, que tem como agente qualquer material abrasivo, proveniente do tráfego de pessoas, veículos, ou até pela ação do vento, provocando perda de material e geração de pó. Esse tipo de desgaste pode ser severo em pisos industriais, onde a ação de rodas de aço ou borracha rígida de veículos é extremamente crítica.

Em primeiro lugar, a resistência ao desgaste está diretamente relacionada à resistência à compressão e, mais intensamente, à tração do concreto. Recomenda-se que a resistência à compressão mínima, para assegurar um bom desempenho com relação ao desgaste, seja de 30 MPa.

A exsudação, fenômeno de separação de parte da água do concreto, que por ser mais leve aflora na superfície de acabamento, pode influir bastante na redução da resistência ao desgaste. O que ocorre, na realidade, é que a ascensão da água provoca um aumento da relação a/c na região da superfície da placa, reduzindo a resistência mecânica do concreto. As causas da exsudação estão intimamente ligadas aos teores de finos, inclusive o cimento, e ao teor de água do concreto, havendo aditivos, como os plastificantes, que podem incrementá-la.

A resistência ao desgaste do concreto por abrasão está integralmente relacionada à

qualidade da camada superficial. Portanto, a resistência da superfície deve ser maximizada, por meio do emprego de uma pasta de cimento e de um agregado que permitam resistir às solicitações de desgaste.

Para concretos que utilizam os mesmos agregados, a sua resistência à abrasão tem relação direta com a dureza da pasta de cimento. Quanto maior a dureza e menor a porosidade da pasta, maior será a sua resistência à abrasão. Essas características são obtidas com a redução da relação água/cimento, isto é, com o incremento da resistência à compressão do concreto.

Os agregados também têm uma grande contribuição para a resistência à abrasão do piso, sendo a sua dureza a principal característica para a melhoria do seu desempenho. O emprego de agregados metálicos pode ser recomendado para solicitação bastante severa.

Quando a pasta de cimento, localizada na superfície, se desgasta, descobrindo os agregados miúdos e graúdos, causará degradação da superfície, cuja intensidade é função da aderência entre a pasta e os agregados, e da dureza do próprio agregado.

3.2.1.2 Cristalização de sais nos poros

Os sais podem atuar através de uma ação física, induzindo tensões internas e fissuração. Essa ação se dá pela cristalização no interior dos poros capilares do concreto, devido à evaporação da água, e pela sua posterior reidratação, com um novo ciclo de umedecimento, ocupando um volume maior que o existente para acomodá-lo.

As pressões internas, desenvolvidas nos poros capilares, dependerão das características do sal, além da sua concentração em relação à capacidade de solubilização em água a uma dada temperatura. Quanto maiores essa relação e temperatura, maior pressão exercerá o sal. Sais conhecidos, que podem causar deterioração por cristalização, são: carbonato de sódio, sulfato de sódio, cloreto de cálcio, dentre outros.

Os concretos sujeitos à ação física da cristalização dos sais são aqueles com elevada relação água/cimento, isto é, porosos, que estejam em contato com soluções de alta concentração salina. A condição crítica ocorre quando são expostos a períodos de secagem e umedecimento, que favorecem a cristalização, ou quando possuem superfícies com condições diferenciadas de saturação e aeração. Essas condições geram o fluxo da solução, com a

percolação em uma das faces e a evaporação na face oposta, fazendo com que haja um aumento contínuo de concentração salina (ANDRADE, 2005).

3.2.1.3 Ação de congelamento

O congelamento da água do concreto é um mecanismo de deterioração que ocorre freqüentemente em países de clima frio e em áreas onde atuam sistemas de refrigerações e congelamentos, como nos casos dos locais de armazenagem de empresas no ramo alimentar.

Todo concreto é permeável, pois tanto a pasta do cimento endurecida quanto os agregados possui uma rede de capilares que se comunica entre si e com o meio externo. Esses capilares permitem a entrada de água, durante operações de descongelamentos ou, ainda, nos processos de higienização, os quais são passíveis de congelamento quando das novas operações afins.

A água, sempre presente no sistema de poros capilares do concreto, congela em seu interior, aumentando em 9% seu volume. Caso não haja espaço suficiente para acomodar esse volume, a água forçará as paredes dos poros capilares, induzindo tensões de tração e, conseqüentemente, expansão. Ciclos de congelamento e degelo, ao longo do tempo, provocarão o colapso progressivo da peça, devido às fissuras, geradas pelas pressões internas (ANDRADE, 2005).

4 REVESTIMENTOS ESPECIAIS USADOS EM PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO ARMADO

Os tradicionais pisos de concreto empregados nas indústrias, devido ao fato de atuarem em situações de extrema agressividade, acabam invariavelmente necessitando de revestimentos auxiliares para garantir sua durabilidade. Desta forma a figura 26 mostra qual seria a formatação correta para esses pisos.

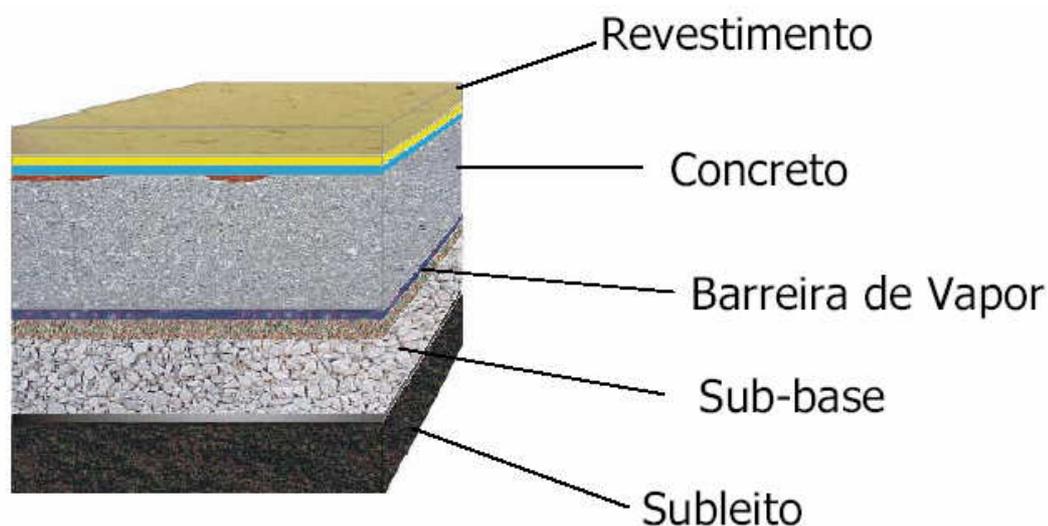


Figura 26: Esquema das camadas de um piso industrial em frigorífico.
Fonte: LPE Engenharia (2006).

Na seqüência serão estudados esses revestimentos especiais conforme indicados no Quadro 13. Serão descritas as características desses produtos e ainda a apresentação de suas propriedades e benefícios além da indicação de áreas dos frigoríficos onde os produtos devem ser mais indicados. Uma análise desse uso é apresentada no capítulo 6 desse trabalho, item 6.3 e ainda no Quadro 23.

Quadro 13: Revestimentos Especiais para aplicação como acabamentos em pisos industriais

Revestimentos:
Endurecedores de superfície para cimentícios (ESC)
. Endurecedores Líquidos à base de Silicatos de Sódio (ELS)
. Endurecedores Líquidos à base de Fluorsilicatos de Magnésio (ELF)
. Endurecedores Sólidos à base de Agregados Minerais (ESM)
. Endurecedores Sólidos à base de Agregados Metálicos de Ferro (ESF)
Revestimentos à base resinas Epóxi (RE)
. Revestimento Epóxi Autonivelante (REA)
. Revestimento Epóxi Espatulado (REE)
Revestimento à base resinas Poliuretanos (RP)
. Revestimento Poliuretano Autonivelante (RPA)
. Revestimento Poliuretano Espatulado (RPE)
Revestimento à base resinas Metil-metacrilatos (RMM)
Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido (RCIA)

4.1 ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE PARA CIMENTÍCIOS - ESC

São compostos líquidos e ou sólidos que aplicados sobre superfícies de concreto novas ou velhas tem por objetivo melhorar as suas características superficiais aumentando a resistência à abrasão e ainda melhorando a resistência química do concreto.

4.1.1 Endurecedor líquido à base de Silicatos de Sódio - ELS

É um endurecedor líquido para superfícies de concreto à base de silicato de sódio pronto para o uso, podendo ser aplicado sobre o piso logo após o seu acabamento, servindo inclusive como auxiliar de cura.

A melhoria da resistência à abrasão se dá através da cristalização do silicato com o hidróxido de cálcio, presente no concreto e resultante da reação do concreto com a água. A cristalização densifica a superfície do piso, não permitindo a formação de pó, facilitando a limpeza e melhorando a resistência química do concreto a diversos agentes químicos. Incrementa a resistência à abrasão em até 40% e pode ser utilizada sobre um endurecedor mineral.

Propriedades e benefícios:

- Fácil de aplicar;
- Endurece a superfície do piso;
- Minimiza a retração por secagem;
- Melhora o selamento da superfície do piso, proporcionando brilho ao longo do tempo e facilitando a limpeza, além de poder evitar a formação de pó;
- Aumenta a resistência à abrasão e diminui a permeabilidade da superfície;
- Como endurecedor químico, pode ser utilizado como auxiliar de cura.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Almoxxarifados;
- Estocagem;
- Oficinas de manutenções;
- Circulações da produção;
- Pocilgas;
- Áreas de expedição;
- Áreas de apoios.

O Quadro 14 mostra um ensaio de resistência à compressão entre pisos tratados com o endurecedor de superfície e outro não tratado.

Quadro 14: Resistência à compressão, segundo ASTM C109 - Modificada – cura durante três dias (MPa).

CP	Condição	Resistência (MPa)
1	Não tratado	35,5
2	Tratado com endurecedor	41,5

* Resultados: Aumento de 16,9% na resistência a compressão aos 3 dias de idade e relação aos CPs não tratados.

Fonte: DEGUSSA (2006, p. 75).

O Quadro 15 mostra um ensaio de resistência à abrasão entre pisos tratados com o endurecedor de superfície e outro não tratado

Quadro 15: Resistência à abrasão – Equipamento Taber CS-17 - Carga de 1000 gramas para 1000 revoluções.

CP	Condição	Perda(g)
1	Não tratado	8,1
2	Tratado com endurecedor	6,3

* Resultados: Aumento de 22,2% na resistência à abrasão em relação aos CPs não tratados.

Fonte: DEGUSSA (2006, p. 75).

4.1.2 Endurecedor líquido à base de Fluorsilicatos de Magnésio - ELF

É um endurecedor líquido para superfícies de concreto de alto poder de endurecimento à base de fluorsilicato de magnésio e que deve ser aplicado em pisos com idade a partir de 14 dias. O ELF reage quimicamente com o hidróxido de cálcio presente no cimento do substrato de concreto. Tal reação proporciona uma melhora da resistência à abrasão superficial. Após a aplicação, o substrato adquire desempenhos e terá sua durabilidade durante o tempo de vida útil, não sendo necessárias novas aplicações.

Quando exposta a condição normal de abrasão a que o substrato foi concebido e em função da qualidade de execução, esta reação é irreversível.

O hidróxido de cálcio, juntamente com a água, forma o carbonato de cálcio, que nada mais é do que a eflorescência observada no piso. Quando o ELF reage com o Hidróxido de Cálcio evita que seja formada a tal eflorescência.

Propriedades e benefícios:

- Reforça e endurece os pisos que não tiveram cura adequada;
- Une firmemente as partículas de cimento, areia e agregados;
- Melhora a resistência à maioria dos ácidos, álcalis, produtos químicos orgânicos e inorgânicos, óleos e graxas;
- Dificultam a penetração superficial de pó, óleo, graxa e outros agentes manchadores;
- Apresenta melhor desempenho quanto à melhoria de resistência à abrasão.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Almojarifados;
- Estocagem;
- Oficinas de manutenções;
- Circulações da produção;
- Pocilgas;
- Áreas de expedição;
- Áreas de apoio.

4.1.3 Endurecedor sólido à base de agregados minerais – ESM

É um endurecedor sólido de superfície composto por agregados minerais, cimento Portland e outros componentes químicos que, incorporados na superfície fresca do concreto, proporciona um piso industrial de extraordinária resistência à abrasão e impacto e de grande durabilidade.

A utilização das áreas depende do tipo de concreto utilizado, do tipo de uso e, preferencialmente, após 28 dias.

Propriedades e benefícios:

- Disponível em cor altamente refletiva para a redução de gastos com energia.
- Resistente a impactos;
- Resistência à abrasão até 8 vezes superior à do concreto;
- Piso sem liberação de poeiras e de baixa manutenção;
- Superfície de alta densidade, menos permeável à água, óleos e a diversos resíduos líquidos industriais;
- Piso liberado para o uso em cerca de 5 dias após a execução, ou assim que o concreto servido como base permitir;
- Pode ser pigmentado, apresentando assim aspectos próximos ao epóxi, com custo inferior e com maior durabilidade;
- O tempo mínimo de liberação ao tráfego de empilhadeiras para piso colorido será de 7 dias e, para a cor natural, 14 dias.
- Aumenta a resistência mecânica e ao desgaste de um piso de concreto, oferecendo até o dobro da vida útil de serviço de um piso de concreto convencional;

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Almoxxarifados;
- Estocagem;
- Oficinas de manutenções;
- Circulações da produção;
- Áreas de expedição;
- Áreas de apoios.

4.1.4 Endurecedor sólido à base de agregados metálicos de ferro - ESF

É um endurecedor sólido de superfície que aplicado sobre o concreto que proporciona maior tempo de trabalhabilidade e ultra-proteção contra a abrasão e o impacto. Aplicado sobre o concreto endurecido novo e existente, este revestimento confere uma vida útil de serviço consideravelmente mais longa que os revestimentos comuns de concreto de alta resistência ou de agregados naturais.

Além da elevada resistência à compressão, apresenta um módulo de elasticidade menor que o de um piso de concreto de igual resistência. Assim, é menos frágil e mais resistente a cargas dinâmicas. A resistência ao impacto e à capacidade total de absorção de energia, conhecida como tenacidade, é também melhorada.

Agregados de ferro possuem dureza 4 na escala de Moh, comparativamente a outros materiais, como o diamante (10); quartzo (7) e o granito, com 6 na escala Moh. “A dureza interfere na resistência à abrasão, trazendo consigo o conceito de ductilidade e fragilidade. Materiais de baixa dureza são dúcteis, e os de elevada, frágeis.” (SEILER, 2005).

Em função dessa natureza, apesar de argamassas com agregados duros - (óxido de alumínio) e maleáveis (ferro) - possuem resistência às compressões similares, apresenta, também, resistência à abrasão bastante diferente quando ensaiadas pela ASTM C779, sendo:

Agregado de Óxido de alumínio (85 MPa) – 0,33mm após 60 minutos;

Agregado de Ferro (88 MPa) – 0,06mm após 60 minutos;

Esses resultados e conceitos foram discutidos por diversos especialistas, até que encontraram a explicação, onde os materiais de elevada dureza tendem a se estilhaçar, quando submetidos a impactos, formando uma “poeira“ de agregados de dureza muito superior à matriz do concreto (cimento e agregados).

Segundo Seiler (2005), o tráfego de pessoas e rodas acaba “lixando” o piso com esta poeira, desgastando rapidamente o revestimento. Ao contrário, os pisos – com materiais de baixa dureza e elevada ductilidade - se deformam quando submetidos a impactos, absorvendo as tensões. E é por isso que os agregados metálicos de ferro dão melhores resultados, embora com menor dureza.

Propriedades e benefícios:

- Elevado abatimento tronco-cônico (125 a 180 mm), com consistência para aplicação espatulada;
- Aplicação fácil: consistência espatulada, mantida por longo tempo, facilitando o lançamento, desempenho e acabamento;
- Resistência à compressão equivalente ou superior a revestimentos de consistência seca (*slump* zero);
- Elevada resistência à abrasão: até 8 vezes mais resistente que o concreto normal não reforçado;
- Maior tenacidade: a capacidade de absorção de energia é significativamente maior que a do concreto normal, e a de revestimentos de alta resistência à base de agregados naturais;
- Resistência extra ao impacto: os testes mostraram que o produto apresenta resistência ao impacto de 3 a 4 vezes maior que a do concreto simples;
- Alta compactidade: o produto resiste a óleos e graxas e muitos químicos industriais;
- Tempo de paralisação reduzido: o retorno à atividade sobre o piso é mais rápido;
- Custos de manutenção baixos: elimina-se a formação de pó e diminui-se a absorção capilar, tornando os pisos mais fáceis de limpar;
- Protege contra a deterioração da junta: minimiza danos a bens da produção e aumenta a vida útil do equipamento de transporte de mercadorias;
- Excelente aderência em concretos velhos, conseguida através de primer adesivo epóxi bi-componente;
- A aspersão de agregados metálicos aumenta tipicamente a resistência à abrasão dos pisos de concreto em até 70% (dependendo do tipo de agregado);
- Aumento da resistência ao impacto (dependendo do tipo de agregado) – conceito de “blindagem”;
- Proporciona superfície mais densa e fechada, reduzindo a permeabilidade;
- Possui versões pigmentadas, proporcionando acabamento estético.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Almoxarifados;
- Estocagem;
- Oficinas de manutenções;
- Circulações da produção;
- Áreas de expedição

O Quadro 16 mostra as características entre pisos de concreto com a aplicação do Endurecedor de Superfície Metálico de Ferro e a superfície do concreto simples.

Quadro 16: Comparação entre ESF e concreto simples.

	ESF	Concreto simples
Massa Unitária:	3.556Kg/m ²	2.323Kg/m ²
Módulo de Elasticidade:	27 GPa	31 GPa
Deformação Máxima:	4.450mm/mm x10 ⁻⁶	1.620mm/mm x10 ⁻⁶
Tenacidade:	0,21MPa	0,03MPa
Resistência à compressão 28d:	83,1MPa *	

* Cubos de 50 mm curados a 21°C usando 2,4 litros de água por saco de 25 Kg de produto. Os dados apresentados baseiam-se em testes de laboratórios em condições. Variações razoáveis dos resultados mostrados poderão ser experimentados como resultados de condições atmosféricas e da obra. Os ensaios no campo e no laboratório deverão ser controlados com base na consistência de aplicação desejada em vez

De corpos-de-prova para os ensaios de resistência.

Fonte: DEGUSSA (2005, p. 79).

4.2 RESVESTIMENTOS À BASE DE RESINAS EPÓXI - RE

São revestimentos monolíticos de alto desempenho para pisos industriais de concreto, compostos por componentes pré-dosados, prontos para mistura e aplicação. O sistema é formado por agregados pré-selecionados, pigmentos e uma matriz à base de resina epóxi. São revestimentos para aumentar a resistência química, colorir, facilitar a higienização, com boa resistência à abrasão. Depois de curado produz uma superfície lisa e ligeiramente refletiva,

disponível numa ampla variedade de cores o que facilita a demarcação de áreas específicas do processo produtivo através da utilização de cores variadas entre eles.

4.2.1 Revestimento epóxi autonivelante – REA

O REA é um revestimento à base de resinas epóxi é isenta de solvente e cargas selecionadas. Sua elevada fluidez permite obter revestimentos monolíticos autonivelantes, de excelentes qualidades mecânicas, inércia química e alto efeito decorativo. Sua espessura final deve estar entre 2 e 4mm.

Propriedades e benefícios:

- Elevada exigência quanto à higiene e à estética;
- Elevada resistência química e biológica;
- Superfície perfeitamente plana;
- Boa resistência mecânica;
- Fácil descontaminação;
- Excelentes propriedades de manutenção e limpeza;
- Aplicação rápida e simples.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Almoxarifados;
- Áreas de Produção;
- Áreas de apoios (laboratórios, Escritórios, cozinhas industrial);
- Circulações da produção;

4.2.2 Revestimento epóxi espatulado – REE

O REE é um revestimento espatulado à base de resina epóxi isenta de solvente, e cargas selecionadas. A granulometria estudada do agregado e o alto conteúdo de resina epóxi pura permitem confeccionar pisos de excelentes qualidades mecânica e química. Sua espessura final deve estar entre 2 e 6 mm.

Propriedades e benefícios:

- Antiderrapante;
- Elevada resistência a impactos e abrasão;
- Elevada resistência a ataque químico;
- Resistência a baixas temperaturas;
- Resistência à limpeza com água quente ou vapor;
- Resistência ao choque térmico.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Almoxarifados;
- Áreas de apoios (laboratórios, escritórios, cozinhas industriais);
- Oficinas de manutenções;
- Circulações da produção;
- Áreas de cortes e industrialização;
- Áreas de abate.

4.3 REVESTIMENTOS À BASE RESINAS POLIURETANOS - RP

Trata-se de um sistema de revestimento monolítico (sem juntas) à base de concreto uretânico, flexível e com propriedades elásticas, totalmente isento de solventes, de excelente resistência mecânica e química, que permite a liberação ao tráfego em até 12 horas depois de

aplicado, e cujo acabamento pode ser liso ou antiderrapante. São revestimentos para elevadas ações químicas, ciclos térmicos, com boa resistência à abrasão e aos impactos moderados.

4.3.1 Revestimento poliuretano autonivelante – RPA

O RPA é um revestimento autonivelante de alto desempenho para pisos industriais de concreto, composto por três componentes pré-dosados, prontos para mistura e aplicação. O sistema é formado por agregados pré-selecionados e uma matriz à base de resina poliuretano. O produto, quando curado, produz uma superfície lisa com espessuras variando de 4 a 6 mm.

Propriedades e benefícios:

- Elevadas resistências químicas, mecânicas e térmicas;
- Higiênicos, produzem superfícies compactas, impermeáveis e monolíticas, fáceis de limpar;
- Durante a aplicação, não produz efeitos prejudiciais em produtos alimentícios expostos;
- Apresenta elevada tenacidade;
- Possui elevada durabilidade, conferindo proteção prolongada aos pisos em ambientes industriais submetidos a elevadas solicitações mecânicas.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Áreas de apoio (todas);
- Todas as áreas de processo de Frigoríficos;
- Almoxarifados;
- Cozinhas industriais;
- Laboratórios;
- Salas anti-sépticas;
- Oficinas de manutenções.

4.3.2 Revestimento poliuretano espatulado – RPE

O RPE é um revestimento espatulado de alto desempenho para pisos industriais de concreto, composto por três componentes pré-dosados, prontos para mistura e aplicação. O sistema é formado por agregados graduados pré-selecionados, interligados por um aglomerante pigmentado à base de poliuretano. O produto, aplicado em camada única de espessura final de 4 a 6 mm, produz um acabamento com superfície fosca, ligeiramente texturizada e antiderrapante.

Propriedades e benefícios:

- Elevadas resistências químicas;
- Possui elevada durabilidade, conferindo proteção prolongada aos pisos em ambientes industriais submetidos a elevadas solicitações mecânicas;
- Apresenta elevada tenacidade;
- Podem receber eventualmente pinturas como acabamentos das linhas poliuretano

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Todas as áreas de processo de Frigoríficos (abates, triparias, cortes, industrializados);
- Almoxarifados;
- Cozinhas industriais;
- Laboratórios;
- Salas anti-sépticas;
- Todas as áreas de circulações;
- Todas as áreas de Estocagem;
- Todas as áreas de Resfriamentos e Congelamentos;
- Todas as áreas de expedição de Produtos.

4.4 REVESTIMENTO À BASE RESINAS METIL-METACRILATOS – RMM

O RMM é um revestimento de piso fabricado com as mesmas resinas destinadas à fabricação de superfícies vitrificadas de alta resistência, como vidros à prova de balas. Em uso nos locais de grande agressividade e grande movimentação de cargas, dá uma grande durabilidade. As espessuras podem variar entre 1 a 6 mm.

Intensos arrastes e movimentações de carros (ataques abrasivos), pesados ataques químicos e lavagens constantes nos processos de higienização, não agredem ao piso, propiciando ambientes saudáveis por muito mais tempo, reduzindo drasticamente os custos de manutenção. Uma das grandes vantagens é que podem ser aplicados sob temperaturas negativas tendo sua aplicação em áreas de congelamentos nos processos de recuperação das áreas existentes ou ainda para novos pisos.

Propriedades e benefícios:

- Excepcional resistência mecânica (até 100N/mm²);
- Resistente a temperatura de 80°C constantes e respingos de até 180°C;
- Resistentes a choque térmico;
- Resistente a ácidos, sais, gorduras e outros produtos químicos;
- Secagem extremamente rápida: duas horas e em temperaturas de até -25°C.;
- Constitui aderência química entre camadas, não descamando;
- Acabamento elegante e estético contemporânea, agradável e em diversas cores;
- Excelente aderência ao concreto e ao metal;
- Textura antiderrapante duradoura;
- Aprovados pelas normas Americanas e Européias.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Todas as áreas de processo de Frigoríficos (abates, triparias, cortes, industrializados);
- Almoxarifados;
- Cozinhas industriais;

- Laboratórios;
- Salas anti-sépticas;
- Todas as áreas de circulações;
- Todas as áreas de Estocagem;
- Todas as áreas de Resfriamentos e Congelamentos;
- Todas as áreas de Expedição de Produtos.

4.5 REVESTIMENTOS EM CERÂMICA INDUSTRIAL ANTI-ÁCIDO - RCIA

4.5.1 Cerâmica anti-ácido

O RCIA é um revestimento formado pela aplicação de placas cerâmicas da linha industrial com características para suportar meios agressivos. São fabricadas pelo processo de extrusão a vácuo, queimadas a altas temperaturas e preparadas para serem empregadas em áreas de processos, onde se necessite que o mesmo seja do tipo antiderrapante e com beleza estética e, ainda, com resistência a ataques químicos.

As peças cerâmicas são aplicadas sobre pisos de concreto desempenados, através de argamassas da linha anti-ácido e, ainda, com a utilização de rejuntas da mesma linha.

Propriedades e benefícios:

- Boa resistência química;
- Alto impacto;
- Abrasão;
- Estética

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Cozinhas industriais;
- Escritórios;

- Vestiários;
- Áreas de Processos (cortes e triparias);
- Outras áreas de processo sem fluxo de carrinhos.

De acordo com testes realizados, temos os seguintes parâmetros, obtido, conforme quadro 17:

Quadro 17: Testes realizados baseados na Norma DIN 18166.

Teste	Norma	Produto
Absorção de água (%) máximo	3,0	0,3
Dureza MOHS (mínimo)	6,0	7,0
Resistência à Flexão (Kgf/cm ²) (mínimo)	2,0	25 a 25

Fonte: Catálogo de placas cerâmicas e rejuntamento antiácido da Empresa Cerâmica São Luiz (2004).

4.5.2 Rejunte anti-ácido

É uma argamassa de alta resistência química e mecânica, para o assentamento e rejuntamento de placas de cerâmicas anti-ácidos. São produzidas à base de cimento especial, agregados selecionados e aditivos químicos não tóxicos.

Existe uma série de produtos destinados aos trabalhos de assentamento e rejuntamento dessas peças cerâmicas, sendo alguns formulados à base de resinas epóxi, resinas epóxi-éster-vinílica e ainda de resinas furânicas. O seu uso é recomendado sempre que existirem ataques químicos em decorrência do processo produtivo ou de manutenção. Os materiais de rejuntamento deverão passar por seleção criteriosa com relação as suas características físicas e químicas e a do ambiente onde serão empregadas, de forma a garantir que o conjunto apresente bom resultado.

O Apêndice 3 destaca alguns tipos de Rejuntas conforme mencionado acima e ainda apresenta uma relação de várias agentes químicos para os quais cada um desses tipos são indicados a resistirem adequadamente.

Propriedades e benefícios:

- Alta resistência química, mesmo em contato com ácidos minerais, alimentos ácidos, alcalinos fortes e gorduras (pH>3);
- Pouca sensibilidade às baixas temperaturas;
- Fácil aplicação;
- Sem odor;
- Alta resistência ao ataque de bactérias;
- Liberação de tráfego do local rejuntado em 6 horas;
- Ideal para juntas de 3 a 15 mm.

Áreas indicadas para aplicação desse produto:

- Cozinhas industriais;
- Escritórios;
- Vestiários;
- Áreas de Processos (cortes e triparias);
- Outras áreas de processo sem fluxo de carrinhos.

5 METODOLOGIA

5.1 APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO DO TRABALHO DE PESQUISA

No primeiro momento, o trabalho desenvolveu-se a partir das atividades de levantamento e cadastramento das patologias apresentadas nos setores de produção. Mediante essa identificação, analisaram-se os agentes atuantes e que poderiam estar causando as mesmas. Após a identificação desses agentes, foram realizadas observações e análise dos mesmos para a comprovação de sua intensidade.

Numa segunda etapa, foram analisados catálogos de produtos em uso em unidades frigoríficas. São produtos químicos, empregados como revestimento sobre o concreto, sendo à base de agregados líquidos (como endurecedores de superfície), agregados sólidos minerais ou metálicos e, ainda, as linhas de resina à base de epóxi, poliuretanos e metilmetacrilatos, além de revestimentos cerâmicos de alta resistência. Esses revestimentos, acompanhados de tabelas de resistências químicas, foram comparados aos agentes existentes nos setores.

Por fim, relacionando-se os dados apresentados de agressividades e as tabelas resistivas apresentadas para cada tipo de produto, foi apresentada sugestão de revestimentos para os diversos setores.

5.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

5.2.1 Identificação e descrição das etapas dos processos de produção e higienização

Esses levantamentos foram realizados em duas unidades industriais nas cidades de Chapecó (SC) e Sarandi (RS), sendo neste caso analisados os processos operacionais da

unidade de produção de Sarandi (RS), uma vez que os processos de produção e higienização dessa unidade ser semelhante à de Chapecó e igualmente a outras industriais do mesmo segmento, servindo de referência, pois obedecem a padrões exigidos pelos órgãos de fiscalização sanitária do Ministério da Agricultura. A unidade de Chapecó foi analisada para confirmação das informações coletadas.

A identificação das etapas dos processos de produção e higienização foram realizadas através do levantamento dos manuais de produção e de higienização, acompanhando-se essas operações. As descrições das atividades são baseadas nas plantas industriais da unidade de Sarandi e apresentadas no Apêndice 1. Os procedimentos de levantamento de dados foram realizados em um período de aproximadamente seis meses, pois várias foram as fases de acompanhamento, inclusive verificando-se as operações entre os turnos de trabalho para constatação das padronizações operacionais.

5.2.1.1 Descrição geral do processo de produção

Os animais (suínos), após chegarem da propriedade, são alojados em pocilgas, onde permanecem por um período de 12 horas antes de serem abatidos.

Depois de cumprida esta etapa, os suínos são lavados e conduzidos para o corredor de insensibilização, onde recebem uma descarga elétrica de 350 Volts e corrente de 0,8 A. O tempo de insensibilização dos animais fica entre 4 e 6 segundos, sendo o tempo máximo entre a contenção e insensibilização de 2 minutos. O tempo máximo entre a insensibilização e a sangria é de 10 segundos.

Com auxílio de uma faca, cortam-se os grandes vasos do pescoço, fazendo-se um corte de no máximo 3 cm. Em seguida, deve-se fazer a sangria. A faca deve ser lavada e esterilizada a cada suíno. Depois, coloca-se o suíno na nórea do abate, por onde o mesmo circula de cabeça para baixo para a completa eliminação do sangue.

Depois da sangria, os animais devem ser conduzidos para o tanque de escaldagem. O parâmetro inicial é de 250 suínos/hora, com temperatura da escaldagem em 62°C, sendo regulada conforme a avaliação da depilação e retirada dos cascos. A temperatura da escaldagem deve estar entre 62 e 72°C. O suíno deve permanecer de 2,5 a 4,5 minutos no tanque de escaldagem. Após isso, o suíno passa pelo processo de depilação, que deve ser de 10 a 15 segundos, onde se removem todos os pêlos dos animais abatidos. A partir deste ponto,

o suíno mais uma vez vai para a nórea (corrente aérea de condução dos animais) e chega-se ao chamuscador, que é o equipamento destinado à passagem do suíno por um brete metálico, onde se encontram chamas com temperaturas da ordem de aproximadamente 600 graus, que queimarão quase a totalidade dos pelos do mesmo.

Após a passagem pelo chamuscador, o suíno abatido passa pela toailete, que consiste na raspagem final dos pelos. Realizada esta etapa, passa-se para a área de abate destinada a abertura das carcaças, denominada de evisceração. Nesta área, inicia-se a abertura dos animais, onde é separada em duas metades, denominadas de carcaças, cada parte. Todos os miúdos internos - que são as vísceras dos animais - e também os miúdos externos (que são as orelhas, pés e rabo) são separados e conduzidos para os seus respectivos beneficiamentos. Ao final deste processo, as carcaças são conduzidas para o sistema de refrigeração – choque térmico, onde as mesmas permanecem por 1 hora e 20 minutos. O choque térmico funciona no regime de -35°C .

Após a passagem pelo choque, as carcaças devem ser conduzidas para as câmaras de equalização, onde permanecem por um período de 12 horas. Devem sair com temperaturas máximas oscilando entre 2 a 7°C , quando finalmente serão liberadas para serem processadas (cortes) nos setor de espostejamento ou serem enviadas para a expedição.

Partes desses cortes serão realizados e enviados para o setor de embalagens, onde após serem devidamente embalados e acondicionados em caixas, devem ser transportados para o setor de estocagem.

Uma fração das matérias-primas oriundas dos cortes será encaminhada para o setor de preparação de massas, onde são trabalhadas e processadas juntamente com os demais condimentos do processo, na elaboração das massas. Preparadas as massas dos respectivos produtos, passa-se para o setor de embutimento. Depois, são conduzidas em carrinhos apropriados para as estufas de cozimento - onde permanecem por intervalos variados, conforme o produto, sendo para salsichas em 1 hora e mortadela por cerca de 5 horas, em média. Na seqüência, todas passam pelo resfriamento, por um período de 30 minutos e, daí, para o setor de embalagens. Realizada esta operação, serão finalmente encaminhadas para a estocagem, onde ficarão armazenadas e prontas para o embarque, em temperaturas em torno de -25°C .

No setor de evisceração, os miúdos internos e externos são separados e seguem sua linha de processo, onde as vísceras internas (tripas) são limpas, classificadas e separadas em maços para serem reaproveitadas, posteriormente, no processo de fabricação de lingüiças. Os demais miúdos externos são separados, classificados, limpos e preparados para serem

enviados ao setor de salga, onde permanecem por um período de 5 dias, sendo incorporado o sal. Essa etapa faz parte do processo de maturação dos produtos.

Todos os produtos sejam eles resfriados, congelados ou produtos "in natura" – ou, ainda, aqueles oriundos da salga, obrigatoriamente passam pelo setor de expedição. Neste setor, são controlados os pedidos para carregamento, descarregamento, registro dos embarques e seus destinos. As cargas são classificadas quanto à necessidade de frio de cada produto, sendo separadas em congelados, resfriados e os que não necessitam de frio.

Os produtos são expedidos considerando-se a data de fabricação, sendo passada uma listagem diariamente, com as datas em que devem ser primeiro carregados, recebendo assim o lacre de segurança, seguindo para serem pesados.

5.2.1.1.1 Esquematização das etapas e dos setores do processo de produção

De acordo com normas internas dos processos de produção da empresa, observa-se o seguinte fluxo do processo de produção, conforme a figura 27.

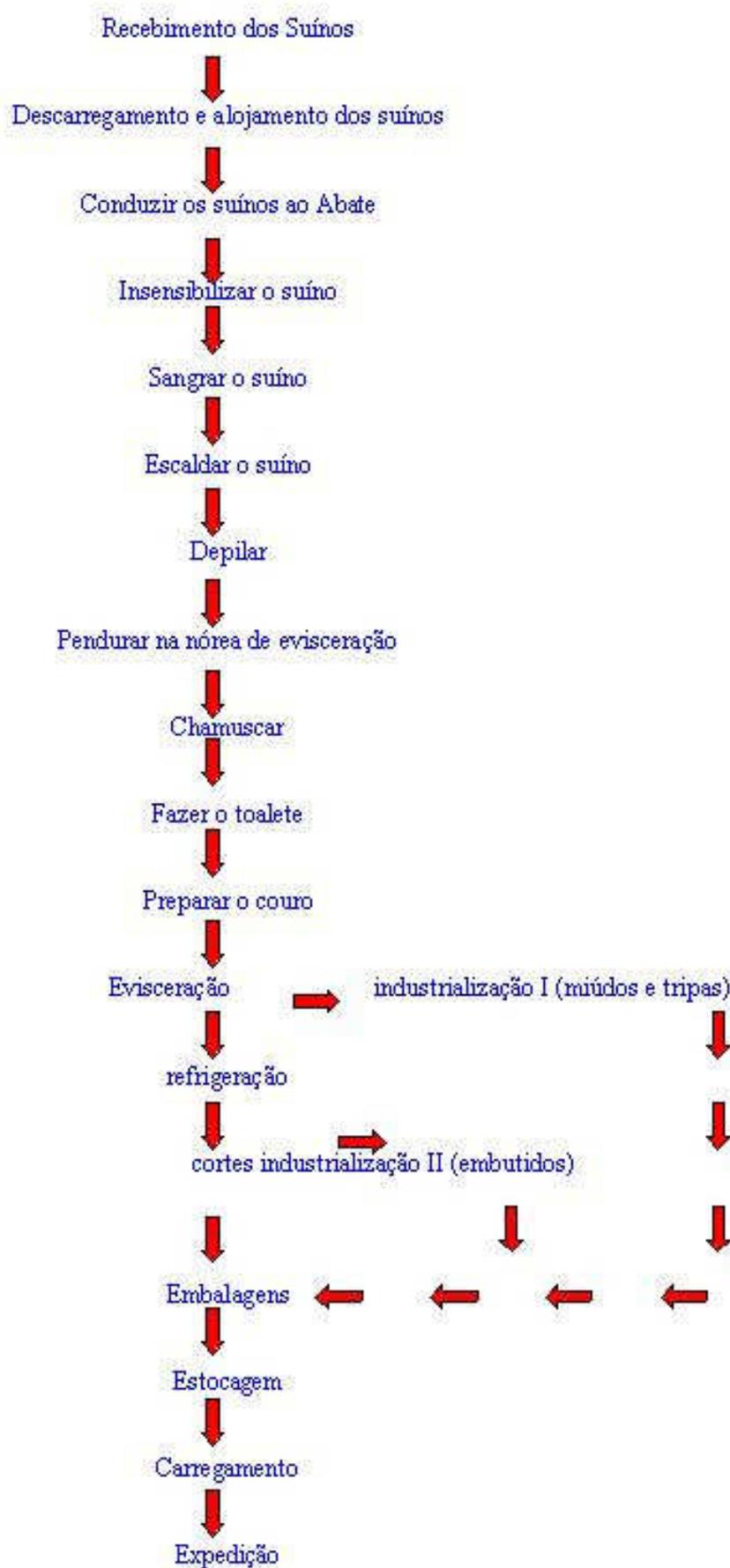


Figura 27. Esquemática da produção.
Fonte: Autor (2006).

5.2.1.2 Descrição geral do processo de higienização

Entende-se por higienização todas as tarefas e controles que se fazem necessários para assegurar que os produtos alimentícios cheguem ao consumidor em condições apropriadas para consumo, mantendo seu valor nutritivo e, principalmente eliminando-se os microorganismos que possam causar prejuízo à saúde (patogênicos). Isto é possível apenas com uma boa higienização e sanitização adequada. Estas duas etapas precisam ser vistas como o início do processo produtivo nas indústrias de alimentos, e não como final.

Higienização é operação que se divide em duas etapas bem distintas, que são a limpeza e a desinfecção das instalações. A limpeza é o ato de removerem resíduos e/ou incrustações orgânicas, bem como todo qualquer tipo de sujeira visível. A operação de desinfecção é o ato ou conjunto de medidas que visa reduzir, a níveis aceitáveis, o número de microorganismos presentes.

A operação de desinfecção também é realizada em duas etapas, sendo a primeira através da lavagem dos ambientes com produtos detergentes, que são agentes químicos sintéticos, usados para remover sujeiras e promover a limpeza, através de mecanismos de umectação, emulsão, suspensão, defloculação, dissolução, saponificação, quelação, sequestração e peptização.

Na seqüência da operação, onde se usam os detergentes, temos a aplicação dos produtos sanitizantes, que são os agentes químicos empregados para propiciar a uma superfície condições de se encaixar dentro dos padrões de controle microbiológico estipulados. Ou seja, será possível reduzir e/ou controlar uma potencial população microbiana, formada por: bactérias, fungos, vírus, protozoários, etc, em instalações e linhas de processo de alimentos.

No planejamento ou estabelecimento de uma rotina de trabalho devem-se considerar alguns fatores do processo produtivo, avaliando-se as necessidades higiênicas e as contaminações de cada zona, para assim definir um programa de limpeza e higienização adequado e o monitoramento do mesmo.

Portanto, para o atendimento dessas premissas, é imperativo que a indústria alimentícia, de um modo geral, mantenha um rigoroso comprometimento com as Boas Práticas de Fabricação (BPF), higiene permanente das instalações, equipamentos e funcionários antes, durante e após a jornada de trabalho. Essas condições devem estar sempre presentes, visando evitar não apenas ocorrências de doenças veiculadas pelo alimento, mas, ao

mesmo tempo, resguardar a integridade física das instalações e das pessoas que participam da sua produção.

Conforme relacionado acima, segue-se a seqüência das etapas descritas anteriormente, mostrando as atividades relacionadas às operações a serem realizadas:

- Remover os resíduos sólidos com auxílio de rodos e vassouras;
- Recolher os resíduos e encaminhá-los à Empresa Coletora;
- Pré-enxaguar a superfície do equipamento, utilizando-se água a aproximadamente entre 55 e 60°C;
- Preparar a solução de detergente;
- Aplicar detergente com gerador de espuma (o mesmo deve estar devidamente calibrado) ou balde de apoio;
- Esfregar manualmente, em movimento circulares, com esponja de fibra;
- Enxaguar com água entre 55 e 60°C;
- Verificar limpeza, especialmente pontos críticos, pelo encarregado da higienização;
- Preparar solução de Sanitizante;
- Aplicar solução de Sanitizante com pulverizador costal ou pistola de ar comprimido em toda a superfície do equipamento.

Após o abate, os equipamentos, pisos e paredes, ou seja, o ambiente de trabalho como um todo, apresenta elevada carga de resíduos orgânicos contendo proteínas, gorduras, pequena quantidade de carboidratos e de minerais. O fato desse material ser bastante nutritivo favorece o crescimento de microrganismos e, portanto, deve ser totalmente removido pelos processos operacionais de higienização, conforme figura 28.



Figura 28: Processo de higienização.
Fonte: Acervo pessoal (2006).

Para concluir a limpeza dos setores, os ralos serão abertos, seus interiores limpos e, depois de enxaguados, as tampas devem ser repostas nos devidos lugares. Nos pontos onde houver possibilidade da formação de ferrugem, a prevenção é feita pela aplicação de óleo ou de graxa especial para indústrias alimentícias.

5.2.1.2.1 Esquematização das etapas do processo de higienização

De acordo com normas internas dos processos de higienização da empresa, observa-se o seguinte fluxo, conforme a figura 29.

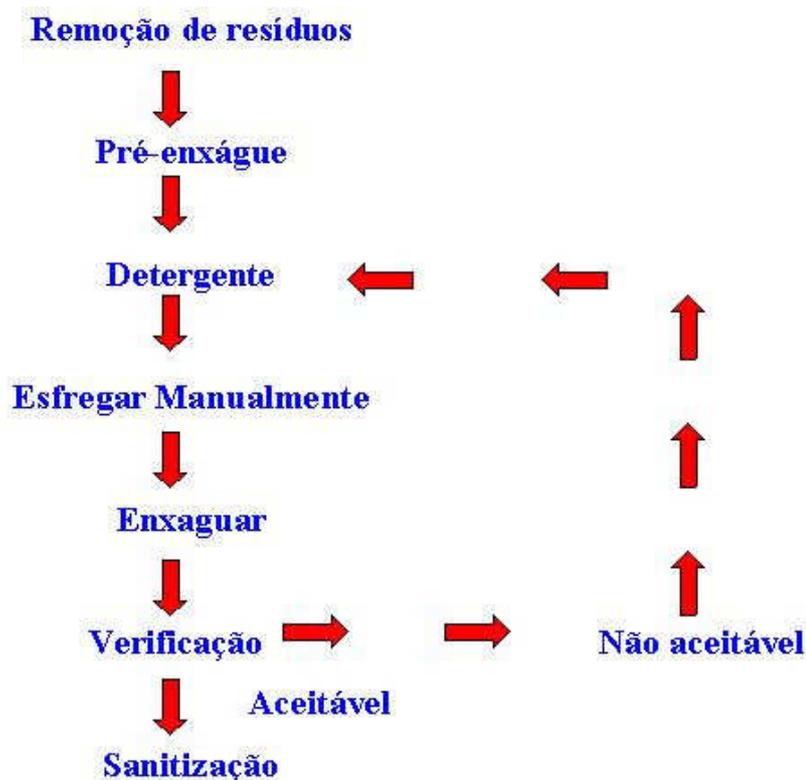


Figura 29. Esquema de higienização.
Fonte: Autor (2006).

5.3 IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NOS PISOS DE CONCRETO

A identificação das patologias foi verificada através de análise visual, nas áreas de maiores incidências dos agentes agressivos sobre os pisos, sejam eles físicos ou químicos. Há, ainda, registro fotográfico.

Nos setores com maiores problemas, ou onde se observam patologias, foram realizadas análises dos principais elementos agressivos que atuam nos pisos. Observaram-se pontos, como nas operações de sangria, onde próximo da mesa na qual o animal é sangrado, ocorre, no piso, a formação de manchas de sangue, com água, e ainda todas as atividades dos processos de higienização, que atuam severamente no local para a eliminação dos agentes contaminantes. Neste ponto, ocorrem processos de corrosão do concreto e, dependendo do grau de ataque e tempo de exposição aos mesmos, ocorre o fato do piso ficar completamente deteriorado.

Problemas de infiltrações foram encontrados, bem como impacto, abrasão superficial dos pisos, e até a deterioração completa do piso de concreto, através do ataque de sangue, sal, gorduras, fezes, urinas, ácidos e outros elementos existentes nos processos de abate e industrialização.

É importante salientar que, no caso específico da indústria pesquisada, a mesma possui aproximadamente 15 anos de uso, e constantes são as operações de manutenções. Entretanto, estas são realizadas superficialmente e com produtos inadequados ao uso dos setores e dos agentes agressivos, pois passado pouco tempo, os problemas retornam.

5.4 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS ATUANTES NOS PISOS

A partir das patologias e das análises dos processos de produção e higienização, foram levantados os principais agentes agressivos, onde se estabeleceu (conforme as plantas baixas apresentadas no Apêndice 1), uma convenção de cores para a visualização das áreas de maior incidência dos agentes na área industrial.

Os agentes agressivos químicos, oriundos dos processos de produção, foram identificados e foram coletadas amostras no próprio piso - nos pontos críticos - e encaminhadas para análise no laboratório de Controle de águas e efluentes da unidade, onde se analisou o pH das amostras, através de equipamento de análise, pHmetro de banca, marca Dgimed, modelo DM 20.

Com relação aos processos de higienização, foram identificados os principais produtos químicos empregados, como detergentes e ou como sanitizantes, e a sua composição. Esses dados foram levantados nos manuais técnicos de procedimentos de higienização.

5.5 LEVANTAMENTOS DE REVESTIMENTOS PARA PISOS INDUSTRIAIS

Foram analisados catálogos de empresas produtoras de revestimentos para pisos industriais, de onde foram retiradas as informações aqui processadas. Nesses catálogos, as empresas informam que os seus revestimentos possuem condições de suportar agressividades

químicas para vários produtos. Assim, mediante o cruzamento de todas as informações: patologias, agressividades, informações técnicas sobre os revestimentos e ainda as áreas com maior grau de agressividade, formulou-se uma sugestão de revestimentos mais apropriados para cada setor, conforme Apêndice 3.

6 RESULTADOS E ANÁLISES

6.1 IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NOS PISOS DE CONCRETO

Diversos são os agentes causadores de patologias atuantes sobre os pisos industriais. Foram identificadas diversas patologias, dentre as quais se destacam visualmente as seguintes:

6.1.1 Pocilga (Recepção e baias de repouso)

Nas pocilgas os pisos utilizados são em concreto armado sem nenhum revestimento. Geralmente são construções antigas com idades de mais de 15 anos e que recebem manutenções periódicas, entretanto com poucos resultados dado ao fato dos substratos estarem contaminados e as reformas serem superficiais com a aplicação de argamassas com baixa capacidade resistiva.

As patologias citadas são frequentes e ocasionam problemas constantes de contaminações e, ainda, provocam machucaduras nos animais.

- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos.

6.1.2 Abate (Insensibilização, sangria, escaldagem, depiladeira, chamuscador, evisceração)

Nos processos de abate e operações interligadas, temos a presença de sangue e gorduras, além de água quente espalhada pelos setores. Esses elementos, atuando continuamente sobre os pisos em período de tempo relativamente pequeno e sem nenhuma proteção, acabam deixando-o completamente deteriorado e, muitas vezes, precisa-se de sua remoção.

- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos;
- Apodrecimento do substrato, dado pela infiltração de sangue e gorduras;
- Corrosão das armaduras pela ação de ácidos.

6.1.3 Triparia e calibração - Miúdos internos e externos

Nesses setores, temos a presença atuante de ácidos e sais incorporados ao processo de produção, ocasionando a deterioração dos pisos. Nesses setores, a manutenção é constante, embora os pisos sejam em concreto com maior resistência. Lembre-se que a construção possui idade em torno de 15 anos.

- Corrosão das armaduras pela ação de ácidos;
- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos;
- Apodrecimento do substrato, pela infiltração de sangue, gorduras e salmouras.

6.1.4 Salas de cortes (Espostejamentos)

O setor de cortes também possui patologias semelhantes aos setores de triparia e beneficiamento de miúdos, embora a presença de água nos processos seja em menor

quantidade. Por isso, os pisos apresentam patologias com menor grau de intensidade, e esses pavimentos têm vida útil mais longa.

- Apodrecimento do substrato, pela infiltração de sangue, gorduras e salmouras;
- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos.

6.1.5 Setor de salga de produtos

No setor de salga, observa-se que as patologias são mais intensas quanto mais próximas dos locais onde se processam a maturação das carnes, o que ocorre pela presença de sal e água. A manutenção é constante, pois os alimentos ficam muito próximos do piso e não se podem correr riscos de alguns fragmentos de pisos soltos incorporados aos mesmos.

- Desgastes acentuados do piso, provocados pela queda de salmoura;
- Apodrecimento do substrato, pela infiltração de sangue, gorduras e salmouras;
- Formação de microfissuras e rachaduras, originadas pela ação física e ataques químicos;
- Desgastes acentuados das camadas superiores em função dos processos abrasivos provocados pela movimentação de empilhadeiras e carrinhos;
- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos;
- Corrosão das armaduras pela ação de ácidos.

6.1.6 Setor de industrializados (preparação de massas e embutimentos de salsichas, mortadelas, lingüiças)

Nesse setor, temos a presença constante de condimentos a serem empregados na produção e que acabam caindo no piso e com a presença da água, causam patologias nos pisos.

- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos;
- Formação de microfissuras e rachaduras, originadas pela ação física e ataques químicos;
- Desgastes acentuados das camadas superiores em função dos processos abrasivos provocados pela movimentação de empilhadeiras e carrinhos.

6.1.7 Estocagem (Túneis e câmaras de estocagem de produtos acabados)

Nos setor de estocagem, temos as operações de gelo-e-degelo e ainda processos de higienização, além de movimentação de equipamentos dentro das câmaras. As unidades de estocagem, ao realizarem processos de congelamentos e descongelamentos, facilitam a penetração ou infiltração de água nos pisos e quando esses novamente se congelam, acabam causando o processo de expansão física da água, transformada em gelo dentro do piso.

- Rompimento por expansão do gelo, pela infiltração de água nos poros do concreto e pela presença de baixas temperaturas;
- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados em função dos ataques químicos e físicos;
- Desgastes acentuados das camadas superiores, em função dos processos abrasivos provocados pela movimentação de empilhadeiras e carrinhos.

6.1.8 Expedição (circulações) dos produtos

Expedição e circulação próximas às expedições são sempre atacadas, com patologias causadas pela abrasão e impacto de empilhadeiras, que são necessárias as operações de movimentação de cargas.

- Corrosão de armaduras pela infiltração de água pelas fissuras e juntas;
- Rompimento por expansão do gelo, pela infiltração de água nos poros do concreto e pela presença de baixas temperaturas;
- Desgastes acentuados das camadas superiores, em função dos processos abrasivos provocados pela movimentação de empilhadeiras e carrinhos;
- Formação de cavidades (buracos) por desprendimento dos agregados, em função dos ataques químicos e físicos.

6.2 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES AGRESSIVOS ATUANTES NOS PISOS

6.2.1 Relativos ao processo de produção

6.2.1.1 Agentes mecânicos

6.2.1.1.1 Sobrecargas

As sobrecargas aqui mencionadas não são aquelas previstas em projetos estruturais, mas aquelas oriundas de eventuais estoques não previstos de produtos acabados e/ou de insumos a serem empregados nos processos de produção de novos, como embalagens e condimentos.

Além disso, observa-se que são constantes as mudanças internas nos layout de produção, visando atender as constantes demandas de mercado. Áreas que, em dado momento, operam com certo nicho de processo, numa seqüência, passam a trabalhar com outro, ocasionando alterações de sobrecarga nesses ambientes, que originalmente não estavam previstas. Além disso, teremos também outros agravantes de naturezas de processo.

Temos ainda o transporte interno de cargas, que em muitas vezes ultrapassa cargas previstas, tais como paleteiras, transpaleteiras e, principalmente, as empilhadeiras que transportam as cargas internas.

6.2.1.1.2 Impacto

Em várias etapas dos processos de produção temos queda de objetos, tais como ganchos metálicos que transportam carcaças nas linhas de abate. Em operações de transporte internas, observa-se que o operador, principalmente das empilhadeiras, abaixa o garfo metálico com muita força. Normalmente essas operações acabam causando pequenos “ferimentos” que, se não “tratados”, iniciarão processos de deterioração do piso.

6.2.1.1.3 Abrasão

Uns dos itens de maior agressividade atuante sobre os pisos industriais são aqueles oriundos dos processos de movimentações internas de mercadorias, sejam elas necessárias para a fabricação dos produtos ou aquelas consideradas como produtos acabados.

Essa movimentação, em grande parte, se dá através de pequenas plataformas móveis, que denominamos paleteiras para transportes de caixas plásticas ou metálicas, com carregamentos normais da ordem de até 500 Kg, mais o peso próprio do equipamento, da ordem de 300 Kg. Para cargas maiores, temos também as transpaleteiras, com carregamentos da ordem de 1.200Kg, sendo o seu peso próprio de aproximadamente 500 Kg.

Para carregamentos maiores, como os empregados nas áreas de circulações, antecâmaras de expedição, câmaras de estocagem, temos - em grande parte dos processos de movimentação - o uso de empilhadeiras (média/grande), que possuem peso próprio entre 2.000Kg a 2.500Kg e são empregadas para a movimentação de outras cargas de maior peso, que são as cargas denominadas de paletizadas, apresentadas com valor aproximado de 2.500Kg.

Esses equipamentos, compostos normalmente por dois eixos com pequenas rodas, acabam distribuindo as cargas excessivas em movimentos de tração e frenagem, provocando desgastes do piso em diversos pontos, notadamente naqueles caminhos obrigatórios, que são as portas de entrada das antecâmaras e câmaras de estocagens, plataformas de carregamentos e ainda as circulações de processos.

Além dessas operações acima, muitas vezes temos operações de arrastes de caixas com matérias-primas, e ainda, eventualmente a movimentação para a retirada de equipamentos pesados para manutenção, causando grande abrasividade sobre o piso.

A circulação de funcionários sobre os pisos também provoca desgastes acentuados, principalmente no caminho dos mesmos para os locais de trabalho.

6.2.1.2 Agentes físicos

6.2.1.2.1 Ciclos de gelo e degelo

Vários são os ambientes que trabalham com frios. Entretanto, nas áreas destinadas aos processos de congelamento e resfriamento, temos temperaturas extremamente baixas: nos túneis contínuos, as temperaturas médias são da ordem de -35°C , e nas câmaras de estocagens de produtos acabados essas temperatura médias são da ordem de -25°C .

Em câmaras de resfriamento, as temperaturas de trabalho atuantes sobre os pisos, geralmente, ficam acima de 0°C , variando até $+10^{\circ}\text{C}$. Outros ambientes destinados à manipulação de carnes possuem temperaturas na faixa de 12°C .

Nas câmaras de estocagem e resfriamento, as quais trabalham com baixas temperaturas, ocorrem processos de degelo, ou seja, há a necessidade de se elevar a temperatura dos ambientes, por motivos operacionais e por questões de higienizações dos ambientes. Essas operações são realizadas através de processos de ventilação mecânica e, ainda, através do lançamento de água quente a temperaturas da ordem de 60°C . Esses procedimentos operacionais são diretamente atuantes sobre os pisos.

6.2.1.2.2 Elevadas temperaturas

Após a sangria, o animal abatido passa pelo tanque de escaldagem, que consiste em tanque metálico com água na temperatura média de 60°C . Muitas vezes, devido a atos da operação, há transbordamento sobre o piso.

Temos, ainda no abate, o processo de toailete, que consiste na passagem do suíno pelo equipamento Chamuscador, que lança sobre a carcaça do animal labaredas de fogo, sendo que o calor é muito forte, chegando a temperaturas atuantes sobre o piso da ordem de 60°C.

Há, também, junto aos tanques de lavagem de balancins, transbordamentos constantes de água quente, em temperaturas da ordem de 70°C.

O uso de água quente nos setores de preparação de miúdos internos, notadamente na preparação de tripas, faz com que o piso esteja constantemente molhado, por causa desse processo de limpeza e calibragem das tripas de suínos.

6.2.1.3 Agentes químicos

6.2.1.3.1 Fezes e urina

As fezes são os materiais restantes, após a digestão e absorção dos alimentos pelo tubo digestivo dos animais. Cerca de 30% da parte sólida das fezes é constituída por bactérias vivas e mortas, sendo que os 70% restantes são constituídos por sais, muco, fibras, celulose e outros materiais não digeridos.

A urina é, principalmente, água (96%), em média, mas contém também uréia, ácido úrico, sal e outras substâncias.

Os dejetos estão presentes nas instalações e são atuantes sobre os pisos das pocilgas, que são os locais em que os animais passam as últimas 12 horas antes de serem abatidos. Este material pode apresentar grandes variações na concentração de seus componentes, dependendo da diluição e da modalidade como são manuseados e armazenados, como se pode constatar no quadro 18.

Quadro 18: Características dos dejetos de suínos em unidade de crescimento e terminação

Parâmetros	Média
pH	6,94
Matéria seca (%)	8,99
Sólidos totais/ST (%)	9,00
Sólidos voláteis/SV (%)	75,05
Nitrogênio total (%)	0,60
Fósforo (%)	0,25
Potássio (%)	0,12

Fonte: EMBRAPA (1993, p. 15).

O pH dos dejetos junto ao piso em misturas com água de processos é em torno de 6,5.

6.2.1.3.2 Sangue

O animal, após o processo de insensibilização, vai para a mesa de sangria, onde é abatido. Muitas vezes, o sangue acaba caindo sobre o piso, facilitando a sua penetração no mesmo.

O sangue é um tecido líquido, constituído, em volume por 45% de células sanguíneas e 55% de plasma sanguíneo. O plasma, o componente líquido, é formado por 90% de água, 1% de substâncias inorgânicas (como potássio, sódio, ferro, cálcio, etc.), 7% de proteínas plasmáticas (albumina, imunoglobulinas e fibrinogênio, principalmente) e 1% de substâncias orgânicas não protéicas, resíduos resultantes do metabolismo e hormonas (hormônios). Apresentam dissolvidos gases como oxigênio e dióxido de carbono.

O pH do sangue, junto ao piso e em misturas com águas de processos é de 7,1.

6.2.1.3.3 Gorduras

Em todos os processos de cortes ou espostejamento das carcaças de suínos, temos a questão da queda ao piso de pedaços de carne e, principalmente, de gorduras concentradas,

que ficam sobre o piso e, muitas vezes, são esmagadas por pessoas e ou carrinhos de processo. Assim acabam diretamente agindo sobre as camadas superiores do piso.

Gordura é um termo genérico para uma classe de lipídios. As gorduras são produzidas por processos orgânicos em animais e plantas. Formam-se pela união de três ácidos graxos com a glicerina (1-2-3 propanotriol), que são chamados de triglicerídeos.

Todas as gorduras são insolúveis em água, tendo uma densidade baixa.

O pH das gorduras junto ao piso em misturas com águas de processos varia de 5,8 a 6,5.

6.2.1.3.4 Sal

O sal é empregado diretamente nos processos de produção das áreas de triparia, onde atua como elemento necessário para a salga (conservação) das tripas que serão industrializadas em etapas seguintes. O sal também é o principal elemento empregado no setor de salga de produtos, onde os mesmos ficam armazenados, cobertos por camadas de sal grosso. É um processo de maturação e cura de carnes, principalmente pés, orelhas, barrigas, e outros miúdos externos.

Em geral, os sais são compostos iônicos que formam cristais. São freqüentemente solúveis em água, onde os dois íons se separam. Os sais, em geral, têm um alto ponto de fusão, reduzida dureza e pouca compressibilidade. Se fundidos ou dissolvidos em água, conduzem eletricidade.

Nas áreas de salga e triparia são empregados o sal (Cloro de Sódio) na forma de pulverização sobre os produtos, onde recebem também grande quantidade de água para processos de hidratação da carne. Assim, formam-se as salmouras que escoam pelos lados dos depósitos e tambores, caindo posteriormente em calhas e ralos.

O pH do sal junto ao piso, em misturas com águas de processos, varia de 4,8 a 5,2.

6.2.1.3.5 Ácido fosfórico

Esse produto químico é empregado nos processos de produção nas áreas de triparia e salsicharia. Na sala de preparação de tripas, atua como elemento necessário para dar maior resistência física às tripas de suínos, que serão industrializadas em outras etapas. Na área de salsicharia, nos tanques de tingimento, entra como elemento necessário aos processos de fixação dos corantes naturais, como o Urucum.

O ácido fosfórico, ou ácido ortofosfórico, é um ácido de fórmula química H_3PO_4 . É o ácido de fósforo mais importante. Dentre os ácidos minerais, pode ser considerado um ácido mais fraco. É trivalente, isto é, os três hidrogênios ácidos são convertidos por substituição gradual a fosfatos primários, secundários e terciários. Os valores respectivos de pKa são 2,15,7,1 e 12,4. O ácido fosfórico é, portanto, um ácido de fraco a medianamente forte. Seus sais são chamados de fosfatos.

É muito solúvel em água e solúvel em etanol. É muito deliquescente e, em geral, é fornecido como uma solução aquosa concentrada a 85%. É o derivado de fósforo mais importante comercialmente, respondendo por mais de 90% da rocha fosfato que é extraída.

O outro método de obtenção do produto é por via seca ou térmica, que consiste na queima de fósforo branco ao ar, com a formação de P_4O_{10} e sua hidrólise subsequente.

O pH do ácido fosfórico, junto ao piso e em misturas com águas de processos, é menor que 1, utilizado na concentração de 85%.

6.2.1.3.6 Peróxido de Hidrogênio

O peróxido é empregado no setor de miúdos externo, onde atua sobre os mesmos (pés, orelhas...) com o objetivo de branqueamento dos mesmos. Em solução aquosa, é conhecido comercialmente como água oxigenada, um líquido claro de fórmula química H_2O_2 .

O pH do peróxido de Hidrogênio junto ao piso em misturas com águas de processos é menor que 1.

6.2.1.3.7 Água

São águas que não contém substâncias dissolvidas ou as que contêm em quantidade desprezível. Quanto mais pura uma água, maior o seu poder ou capacidade dissolvente.

Água pura é também sinônimo de água mole, ou seja, quanto menos dura (menos carbonato de cálcio e magnésio ela contém) maior o seu poder dissolvente.

A água empregada nos processos produtivos e de higienização, possui em média 167 mg/l de sólidos (resíduos) dissolvidos (não evaporáveis), e é agressiva ao concreto.

A temperatura da água nos processos de produção varia de acordo com o setor. Entretanto, nas áreas de abate e triparia, é de aproximadamente 55 a 60°C. Nos processos de higienização, essa temperatura é de 70°C.

Uma amostra da água, em uso nos processos de produção e também empregadas nos processos de higienização, mostra que o pH é de 7,0. Sabemos que o concreto tem um pH elevado alcalino, portanto essa água tem grande poder de deterioração sobre o mesmo.

As águas de processos, notadamente aquelas utilizadas nos tanques de escaldagem dos pêlos dos suínos, quando caem ao chão, se apresentam com um pH de aproximadamente 6,0.

6.2.1.3.8 Gases

Outro fator agressivo que deve ser considerado nesses locais é o teor de partículas em suspensão que podem depositar-se por impactação, na superfície das estruturas de concreto e agredindo-as.

A atmosfera em ambientes industriais de frigoríficos é bastante saturada por excessos de unidades, além disso, a formação de diversos gases em processos diversos acaba por dar sua contribuição no ataque à estrutura de concreto.

Os pisos recebem grande carga dada pelo ambiente atmosférico, que atacam as camadas superficiais.

6.2.2 Relativos ao processo de higienização

6.2.2.1 Detergentes

A higienização das áreas de processo se faz continuamente. Entretanto algumas operações são obrigatórias todos os dias ao final do processo com alguns produtos, conforme o quadro 19.

O objetivo da aplicação dos detergentes é efetuar a remoção completa de todas as partículas e sujidades apresentadas após o término do processo. Assim, partículas de dejetos, sangue, gorduras e demais elementos são removidos por processos de lavagem, com a aplicação desses detergentes.

Todos eles em seu uso são diretamente aplicados sobre os equipamentos do processo. Porém, os mesmos acabam caindo e atuando diretamente sobre as instalações físicas, que são os pisos e paredes de fechamentos dos ambientes.

Os principais agentes químicos ativos são produtos líquidos, alcalinos, compostos de sais alcalinos e substâncias tensoativas de alto poder emulsionante, umectante e dispersante. São utilizados para limpeza de todo e qualquer tipo de superfície resistente a soluções alcalinas, que estejam fortemente impregnadas com gorduras animais ou vegetais, óleos minerais ou vegetais e resíduos orgânicos do processamento. Tal ocorre pelo processo de geração de espumas.

O pH (médio) dos produtos empregados é de 11,8 a concentração de 2 a 5%, dissolvidos em água.

Quadro 19: Detergentes mais empregados nos processos de higienização

DETERGENTE	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO
Tekton Neutro Detergente neutro para as mãos.	Tecpon	Detergente sintético biodegradável, Ácido Sulfônico, Amida graxa de coco, Trietanolamina e formol.
490 AM Detergentes ácidos, contendo tensoativos e aditivos para limpeza em alumínios e inox.	Pluron	Ácido Fluorídrico e Alquilbenzeno Linear Sulfonato de Sódio – Biodegradável
Securegel Detergente para limpeza e controle microbiológico em resfriadores, pelo método de gel.	DiverseyLever	Aminas Graxas, Tensoativos não iônicos, Solvente Glicólico e Água.
Frigopon Detergente alcalino para limpeza geral e estufas.	Tecpon	Alcalinizantes, Tensoativos Aniônicos, Tensoativos não-iônicos, Emulsionante, Conservante, Corante e Água.
C – 220 Detergente espumante alcalino clorado	Kalykim	Álcalis, Sequestrantes, Dispersantes, Hipoclorito de Sódio.
485 AE Detergente alcalino de alta espuma. Remoção de sujidades orgânicas.	Pluron	Alquilbenzeno linear, Sulfato de Sódio, Silicato de Sódio, Tensoativo etoxilato, formol, Hidróxido de sódio, Gluconato de sódio, tripolifosfato de sódio, Corante amarelo e Água.
Sandet 794 Detergente desincrustante alcalino, empregado na limpeza manual ou por circulação de equipamentos tanques de recepção e estocagem em indústrias.	Sandet	Hidróxido de sódio, Hipoclorito de Sódio e Estabilizante. Princípio ativo: Hipoclorito de sódio.
Sandet 771 Detergente desincrustante alcalino, empregadas na limpeza de superfícies resistentes a soluções alcalinas e impregnadas com gorduras e óleos em indústrias.	Sandet	Hidróxido de Sódio, Tensoativos, Sequestrantes, indicadores de corrosão, Conservantes e Espessantes. Princípio ativo: lauril éter sulfato de sódio.
C-220 Detergente espumante alcalino clorado, desenvolvido para sistemas CIP de limpeza.	Kalykin	Álcalis, Sequestrantes, Dispersantes, Hipoclorito de sódio.
C – 272 Detergente cáustico, desenvolvido para sistemas CIP de limpeza.	Kalykin	Gluconato de Sódio, Nonofenol Etoxiledo, Hidróxido de Sódio

Fonte: Aurora Alimentos (2005, p. 17)

6.2.2.2 Sanitizantes

Após os processos de limpeza bruta, onde se aplicam os detergentes, são aplicados os sanitizantes, que visam diretamente a atuação sobre a eliminação dos agentes biológicos, que são a presença de possíveis fungos e bactérias, conforme quadro 20.

Os principais agentes químicos ativos nos sanitizantes, que atuam nos processos de higienização, e que se encontram presentes nos produtos abaixo, são:

O Ácido Peracético P-170, que é um líquido claro e incolor a levemente esverdeado, é um agente oxidante, desinfetante e esterilizante, de odor pungente, consistindo o seu equilíbrio, de peróxido de hidrogênio, ácido acético e água, totalmente biodegradável, não formando compostos tóxicos.

O ácido peracético desinfeta oxidando a membrana externa de células de bactéria vegetativa, endósporos, leveduras e esporos de fungos. O mecanismo de oxidação é a transferência de elétrons, portanto - devido à força do oxidante - os elétrons são rapidamente transferidos para o microorganismo que é rapidamente inativado ou exterminado, dificilmente permitindo mutação ou desenvolvimento de cepas resistentes. O pH do produto ácido peracético varia entre 1,0 e 2,0, com concentração de 0,1 a 0,2%, dissolvidos em água.

O Quaternário de amônia: são sais de amônio quaternários ou compostos quaternários de amônio. São sais de cátion quaternários de amônio, com um ânion. São usados como desinfetantes, surfactantes, amaciantes de tecido, agentes antiestáticos (ex.: em xampus) e catalisadores de transferência de fase. O pH do produto quaternário de amônia varia entre 10,0 e 10,5, com concentração de 1%, dissolvidos em água.

O Hipoclorito de sódio é obtido a partir da absorção do gás cloro em uma solução de soda cáustica. Sua concentração, ou poder oxidante, é expressa como cloro ativo. O produto pode ser decomposto gradativamente e pela presença de luz e calor, ou espontaneamente, reduzindo sua concentração. Pédilúvio. Quando na forma diluída, o produto é conhecido como água sanitária, sendo utilizado em limpezas, desinfecções e desodorização. Ao ser manipulado, o hipoclorito exige atenção especial, pois libera gás cloro quando em contato com ácidos.

O Cloreto de Benzalcônio na concentração de 1%, dissolvido em água, tem pH variando entre 6 a 7.

O pH (médio) dos produtos encontrados para os processos de sanitização é de 3,0, com concentração de 1 a 3%, dissolvidos em água.

Quadro 20: Sanitizantes mais empregados nos processos de higienização.

SANITIZANTE	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO
Divosan Forte Sanitizante para desinfecção geral e de monoblocos, a base de ácido peracético 15%.	DiverseyLever	Ácido acético, ácido peracético, peróxido de hidrogênio e água.
Farmasept 500 Sanitizante para uso geral com Quaternário de Amônia com radicais alquílicos.	BSB Produtos	Cloreto de Benzalcônio
Sterisept Sanitizante para as mãos, facas, luvas e chairas, com clorexidina.	BSB Produtos	Digluconato de clorexidina 20%
Hipoclorito Tratamento de água como também na limpeza e desinfecção de instalações	CSM Produtos Químicos	Hipoclorito de Sódio
Kilol Agente bactericida/fungicida na desinfecção de limpeza de equipamentos e utensílios	Quinabra	*

Fonte: Aurora Alimentos (2005, p. 18).

6.2.2.3 Decapantes

No setor de abate, o sistema de transporte das carcaças de suínos abatidos é feito através de nóreas (correntes mecânicas) com ganchos metálicos, denominados de balancins. Estes balancins os quais entram em contato diretamente com os suínos através de suas patas traseiras, necessitam a todo instante de uma limpeza e lubrificação, desta forma são deixados dentro de tanques metálicos com água quente a 70°C e soluções concentradas de decapantes, conforme quadro 21.

Os decapantes têm como finalidade remover a ferrugem e películas de oxidação, a fim de obter uma superfície metálica limpa e isenta de impurezas e óxidos.

O meio mais comum e econômico para a remoção da ferrugem é a decapagem pelo processo de ácidos minerais, que consiste principalmente na penetração do ácido através dos poros ou fendas da camada de óxido até o metal-base. As trincas existentes permitem a penetração e a interação do ácido com a película menos oxidada e mais solúvel, de forma que as camadas soltem-se sob a forma de escamas e se depositem no fundo do tanque, dissolvendo-se com o tempo. Paralelamente, o aço descoberto começa a ser atacado, liberando o hidrogênio que favorece o arrancamento das camadas externas.

Quadro 21: Decapante mais empregados nos processos de higienização dos Balancins.

DECAPANTE	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO
Decafós Decapante para peças enferrujadas, uso nos balancins.	Tecpon	Anticorrosivo catiônico, Ácido Glicóis e água

Fonte: Aurora Alimentos (2005, p. 18).

6.2.3 Atuação dos agentes agressivos nos setores

6.2.3.1 Pocilga (Recepção e baias de repouso)

Nas pocilgas, os pisos recebem o ataque químico direto das fezes e urina. Os dejetos dos suínos, em sua forma mais concentrada, atuam como ácidos ao se misturar com as águas residuais de lavagem ou pulverizações (banhos). As figuras 30, 31 e 32 correspondem às áreas de pocilga que sofrem ações químicas e físicas.

- Detergente alcalino, com concentração variando em média de 2 a 10% (PH 11 a 13,5);

- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;
- Temperatura da água de higienizações variando em até 70°C;
- Desgastes abrasivos por águas de higienização, sendo esguichos com pressão variando entre 40 e 60 Kgf/cm².



Figura 30: Pocilga para alojamento dos animais.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 31: Higienização da pocilga com desgastes e formação de buracos no piso.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 32: Piso de pocilga atacado por agentes agressivos. Buracos provocados pelos agentes químicos e processos de higienização com água sob pressão.
Fonte: Acervo pessoal (2005).

6.2.3.2 Abate (Insensibilização, sangria, escaldagem, depiladeira, chamuscador, evisceração).

Nos setores de abate, temos a presença de sangue, água quente, gorduras, pêlos, calor, e outros ainda agentes químicos provenientes dos processos de higienização, que podem ser visualizados conforme as figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 e 40, que mostram setores da área de abate:

- Uso de cloro no setor de lavagem de carcaças (5 ppm);
- Detergentes alcalinos com concentração variando em média de 2 a 10% (PH 11 a 13,5);
- Detergentes ácidos decapantes em alguns equipamentos, principalmente plataforma (Conc. 2 a 5 %);
- Na lavagem das carretilhas vamos ter detergentes alcalinos, ácidos e óleo no mesmo ambiente;
- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;
- Temperatura da água de até 70°C;
- Esguichos com pressão.



Figura 33: Mesa de sangria de suínos, com sangue caindo sobre o piso, provocando apodrecimentos, rachaduras e outros.

Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 34: Suínos abatidos, saindo da mesa de sangria e sendo preparados para entrar no tanque de escaldagem.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 35: Tanque de escaldagem de suínos, água quente com pH 6,0 caindo sobre o piso e provocando desgastes.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 36: Sangue sobre o piso, provocando rachaduras.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 37: Sangue sobre o piso, provocando apodrecimento do mesmo.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 38: Área final do processo de abate, sangue sobre o piso.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 39: Entrada de suíno no chamuscador a queima de pêlos no equipamento provoca na região do piso temperaturas altas e constantes.
Fonte: Acervo pessoal (2006).



Figura 40: Chamuscador de pêlos de suínos, o calor excessivo sobre piso provoca desagregação de partículas da camada superior.

Fonte: Acervo pessoal (2006).

6.2.3.3 Triparia e calibração (Miúdos internos e externos)

No setor de triparia e beneficiamento dos miúdos, temos a presença de sal, água, ácidos, e ainda a presença de agentes oriundos dos processos de higienização, que atuam sobre os produtos e pisos. As figuras 41, 42, 43 e 44, mostram os processos de separação de miúdos e ataques por ácido e sal nos processos da triparia e miúdos.

- Sal (Calibração);
- Ácido fosfórico 70% (Calibração);
- Detergentes alcalinos com concentração variando em média de 2 a 10% (PH 11 a 13,5);
- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;

- Temperatura da água de até 70°C;
- Esguichos com pressão.



Figura 41: Processo de separação de miúdos, lavação e preparação de tripas e outros pertences internos. Sangue sobre chão, mucosas, ácidos, sal e água quente, provocando desgastes do piso e apodrecimentos do mesmo. Fonte: Acervo pessoal (2006).



Figura 42: Setor de triparia, área de beneficiamento de tripas. Corrosão da camada superior do piso por ataque de sal e ácidos. Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 43: Lavagem de Balancins, ataque ácido provoca desgastes acentuados e apodrecimentos do mesmo.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 44: Área de triparia ataque por sal, provocando desgastes acentuados e apodrecimento dos mesmos.
Ocorre aqui, corrosão intensa das armaduras da placa.
Fonte: Acervo pessoal (2005).

6.2.3.4 Salas de cortes (Esposteamentos)

No setor de corte ou esposteamento de carcaças, temos a presença de sangue e gorduras, além dos agentes dos processos de higienização, conforme as figuras 45, 46, 47 e 48, que mostram os processos na sala de cortes de carcaças de suínos.

- Detergentes alcalinos com concentração variando em média de 2 a 10% (PH 11 a 13,5);
- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;
- Esguichos com pressão.



Figura 45: Processo de cortes: carnes de suínos com a queda de pedaços de carne e gorduras, provocando desgastes do piso.

Fonte: Acervo pessoal (2006).



Figura 46: Carcaças de suínos para processamento de cortes com quedas de pedaços de carnes e gorduras, provocando desgastes acentuados, deslocamento de peças cerâmicas e formação de buracos.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 47: Transporte aéreo de carcaças para cortes, com o gotejamento de sangue, provoca desgaste do piso e a formação de buracos.

Fonte: Acervo pessoal (2006).



Figura 48: Detalhe da sala de cortes, pedaços de carnes e gorduras sobre o piso, atacam os mesmos, causando desgastes.

Fonte: Acervo pessoal (2006).

6.2.3.5 Setor de salga de produtos

O processo de agressão causado pelo sal pode ser visualizado nas figuras 49 e 50, que mostram o setor de salga de produtos (sal e sangue):

- Sal, nitrito, nitrato, açúcar, eritorbato;
- Resíduo de desidratação da carne (suco);
- Detergentes alcalinos, com concentração variando em média de 2 a 10% (pH 11 a 3,5);
- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;
- Temperatura da água de até 70°C;
- Esguichos com pressão.



Figura 49: Setor de salga. O ataque de sal, sangue e água, em áreas normalmente atacadas pela salmoura, provocam pisos soltos, apodrecimentos da base e corrosão das armaduras da placa do piso.
Fonte: Acervo pessoal (2006).



Figura 50: Salgados sobre plataformas e pisos provocam pisos soltos, apodrecimentos da base e corrosão das armaduras da placa do piso.

Fonte: Acervo pessoal (2006).

6.2.3.6 Setor de industrializados (preparação e embutimentos de salsichas, mortadelas, lingüiças).

No setor de industrializados temos a presença de agentes físicos, como a presença constante de carrinhos, e ainda a utilização de produtos empregados nos diversos processos de produção, além dos agentes dos processos de higienização:

- Corante carmim;
- Corante urucum (só em salsicha);
- Proteínas de soja;
- Glicoses;
- Carragenas;
- Fécula de mandioca (amido);
- Condimentos;

- Fumaça líquida;
- Ácido fosfórico nas salsicharias, junto ao corante Urucum;
- Ácido cítrico, concentração em média de 2%, lavagem de agulhas das injetoras;
- Detergentes alcalinos com concentração variando em média de 2 a 10% (pH 11 a 3,5);
- Detergentes ácidos (Concentração 2 a 10%);
- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;
- Defumados;
- Temperatura da água de até 70°C.

6.2.3.7 Estocagem (Túneis e câmaras de estocagem de produtos acabados)

Nos túneis e câmaras de estocagem, temos a presença constante de processos de refrigeração, com ciclos de gelo-degelo e ainda a movimentação de empilhadeiras e carros de transporte para os processos de produção. Processos de higienização também são empregados, embora não continuamente, sendo essa operação realizada a cada semana. As figuras 51, 52 e 53 mostram o interior de túnel de congelamento e a porta de saída - formação de gelo.



Figura 51: Formação de gelo, os pisos sofrem desgastes acentuados e em grande parte dos processos, com o tempo, acabam se rompendo por penetração de umidade e posterior congelamento.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 52: Formação de gelo, pisos com rompimento por penetração de umidade e congelamento da base.
Fonte: Acervo pessoal (2005).



Figura 53: Formação de gelo e desgaste por abrasão próximo às áreas de expedição, através da movimentação de empilhadeiras e outros carros de transporte.
Fonte: Acervo pessoal (2004).

6.2.3.8 Expedição (circulações) dos produtos

O setor de expedição é o que apresenta mais problemas, ocasionados por questões de movimentação de mercadorias. As figuras 54, 55 e 56 mostram as áreas de expedição, circulações e portas de câmaras.

- Detergentes alcalinos com concentração, variando em média de 2 a 10% (pH 11 a 13,5);
- Sanitizantes, podendo ser à base de cloro, ácido peracético ou quaternário de amônia;
- Temperatura da água de até 70°C;
- Esguichos com pressão.



Figura 54: Empilhadeira atuando sobre piso área de circulações, expedição e estocagem de produtos acabados, provoca excessivos desgastes sobre a superfície.

Fonte: Acervo pessoal (2006).



Figura 55: Circulação com desgastes acentuados e formação de buracos, provocados por passagem de empilhadeiras e outros carros de transporte.
Fonte: Acervo pessoal (2004).



Figura 56: Desgaste por abrasão, provocados pela passagem de rodas das empilhadeiras.
Fonte: Acervo pessoal (2004).

6.2.4 Proposta de classificação quanto ao grau de agressividade para os respectivos setores

Baseado nas análises dos setores que mais possuem patologias, e levando-se em consideração o tipo de agentes agressivos identificados em cada setor, foi estabelecida a relação conforme o Quadro 22.

Quadro 22: Setores com os agentes atuantes e a sua classificação da agressividade.

Identificação de Agentes Agressores aos pisos por setores da indústria			
Nº	Setores	Agentes Químicos/Físicos	Grau de Agressividade
1	Pocilga	Fezes ácidas, urina, Sanitizantes, Cloro, Amônia, elevadas temperaturas (70°C)	Moderado Forte
2	Abate	Sangue, Cloro, Detergentes alcalinos, detergentes ácidos, gordura e altas temperaturas;	Forte
3	Tripária e Calibração	Sal, Ácido fosfórico, Sanitizantes, detergentes alcalinos, amônia, água 70°C	Forte
4	Cortes	Detergentes alcalinos, sanitizantes, cloro, ácido, esguichos com pressão	Moderado Forte
5	Salga	Sal, nitrato, nitrito, açúcar, eritorbato, resíduo de desidratação da carne, detergentes alcalinos, amônia e sanitizantes	Forte
6	Industrializados	Corantes carmim, corante urucum (utilizado na salsicha), proteínas de soja, glicoses e fumaça líquida;	Forte
7	Expedição	Tráfego de empilhadeiras e carrinhos	Forte
8	Estocagem	Baixas temperaturas, gelo e tráfego de carrinhos	Forte
9	Áreas de apoio	Limpeza com água, fluxo de pessoas.	Baixo

Fonte: Acervo pessoal (2006).

6.3 INDICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REVESTIMENTOS VISANDO A MAIOR DURABILIDADE DOS PISOS

Para indicações de produtos a serem empregados em cada uma das situações apresentadas, conforme o Quadro 23 observa-se algumas características necessárias e que devem ser consideradas na hora da especificação do revestimento para o piso industrial.

Essas características são:

- Que facilitem os processos de higienização;
- Que sejam bactericidas e fungicidas;
- Antiderrapantes ou lisos, dependendo dos ambientes;
- Ampla gama de opções de cores;
- Baixo grau de absorção de água;
- Altamente impermeáveis;
- Alto grau de dilatação térmica;
- Sem juntas (monolíticos);
- Alto grau de resistência física (abrasão, impactos, temperaturas alta, ciclos de gelo-degelo, águas);
- Alto grau de resistência química (resíduos naturais, produtos químicos);
- Com facilidades de aplicação;
- Fácil execução e com manutenção rápida;
- Custo acessível ao proprietário (custo-benefício);
- Que sejam duráveis.

Quadro 23: Proposta para utilização de revestimentos especiais sobre pisos de concreto, de acordo com os respectivos setores, em função das agressividades, sem considerar os custos de aplicação dos produtos.

SETORES / PRODUTOS	ELS	ELF	ESM	ESF	REA	REE	RPA	RPE	RMM	RCIA
SETOR 1 – POCILGAS	R	R	R	N	N	N	N	N	N	N
SETOR 2 – ABATE	L	L	L	N	R	R	R	R	R	N
SETOR 3 – TRIPARIA	L	L	L	N	R	R	R	R	R	R
SETOR 4 – CORTES	R	R	R	N	R	R	R	R	R	R
SETOR 5 – SALGA	L	L	L	N	R	R	R	R	R	L
SETOR 6 – INDUSTRIALIZADOS	L	L	L	N	L	L	L	R	R	N
SETOR 7 – EXPEDIÇÃO	L	L	L	R	L	L	R	R	R	N
SETOR 8 – ESTOCAGEM	L	L	L	N	L	L	R	R	R	N
SETOR 9 – APOIOS	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

CONVENÇÃO:

REVESTIMENTOS INDICADOS PARA PISOS DE CONCRETO:

ELS – Endurecedor Líquido à base de silicato de sódio

ELF – Endurecedor Líquido à base de fluorsilicato de magnésio

ESM – Endurecedor Sólido à base de agregados mineirais

ESF – Endurecedor Sólido à base de agregados metálicos de ferro

REA – Revestimento à base resina Epóxi autonivelante - 2 a 4 mm

REE - Revestimento à base resina Epóxi espatulado - 2 a 6 mm

RPA - Revestimento à base resina Poliuretano autonivelante - 2 a 4 mm

RPE - Revestimento à base resina Poliuretano espatulado – 4 a 6 mm

RMM – Revestimento à base resina Metil-metacrilato - 1 a 6 mm

RCIA – Revestimento em Cerâmica Industrial Anti-ácido

R - Recomendado **L** - Limitado **N** - Não Indicado

Fonte: Acervo pessoal (2006).

Desta forma, percebe-se que não se trata de um único tipo de piso a ser empregado, visto que as agressividades dos setores são diferentes em grau e intensidade, em função disso, poderá ser empregados tipos variados de materiais.

6.3.1 Estudo das alternativas apresentadas, em função das patologias e das agressividades.

Os revestimentos indicados, conforme o Quadro 23, para cada setor, será analisado a seguir.

6.3.1.1 Setor 1 - Pocilga (Recepção e baias de repouso)

Pode-se indicar simplesmente em concreto armado resistência igual ou superior a 30 MPa, com a aplicação de endurecedores líquidos de superfície (ELS e ELF) e ainda Endurecedor Sólido à base de agregados minerais (ESM). Demais produtos não são indicados, em virtude de que a superfície ficará muito lisa e, assim, escorregadia, dificultando as operações e causando queda dos animais, podendo machucá-los, com conseqüente comprometimento da matéria prima. O uso da cerâmica antiácida, neste caso, é limitado, pois nos processos de higienização, o uso de mangueiras de alta pressão acabará por danificar os rejuntas, levando o sistema a criar novas patologias (pisos soltos).

O uso do Endurecedor Sólido Ferro (ESF) com agregados de ferro não é indicado, em virtude dos processos operacionais envolverem muita umidade, o que invariavelmente acarreta superfícies com processos de oxidação (ferrugem), acabando por ser um agente contaminante do ambiente.

6.3.1.2 Setor 2 - Abate (Insensibilização, sangria, escaldagem, depiladeira, chamuscador, evisceração).

No setor de abate, temos a presença constante de agentes agressivos de origem química, como sangue e gorduras e ainda água quente e temperaturas altas próximo do equipamento de queima de pêlos. Além de processos rigorosos de higienização.

É um setor em que a água é o agente principal atuante sobre os pisos. Por isso, é recomendada a aplicação de produtos à base de resinas epoxídicas e poliuretânicas e à base de metilmetacrilatos, os quais resistiriam bem a todos os agentes presentes no setor.

Todos os demais produtos teriam atuação limitada em função da carga de agressividade existente no setor, agravados pelo uso intenso de águas do processo.

O ESF também não é indicado, em virtude das agressividades e por questões semelhantes ao caso da pocilga.

6.3.1.3 Setor 3 - Triparia e calibração - Miúdos internos e externos

É o setor de beneficiamento das vísceras internas, onde temos várias atividades envolvendo a aplicação de sal, ácidos para limpezas, água quente de processos, sangue e gorduras, além de processos rigorosos de higienização e ainda uma região com temperaturas altas e constantes em determinados locais.

É um setor que possui características semelhantes ao abate, por isso as recomendações de revestimento são as mesmas.

6.3.1.4 Setor 4 - Salas de cortes (Espostejamentos)

O setor de cortes é onde se tem a operação de desmontagem das partes do suíno e ocorrem as quedas constantes de pedaços de carnes, com bastante gordura. No entanto, o processo de remoção desses materiais é realizado constantemente, aliado aos processos de higienização.

Desta forma, neste setor, todos os revestimentos são recomendados, somente havendo restrições ao ESF, por questões de segurança alimentar, pois poderiam surgir problemas por oxidação dos agregados metálicos da superfície do piso.

6.3.1.5 Setor 5 - Setor de salga de produtos

Na salga, temos os problemas de ataques químicos diretos do sal e do sangue, que atuam diretamente sobre as bancas apoiadas nos pisos. Temos, ainda, as constantes movimentações de produtos via paleteira e transpaleteira, além de umidade excessiva atuante sobre o setor. Aplicam-se, aí, revestimentos à base de resinas epoxídicas e poliuretânicas e ainda resinas à base de Metil-metacrilatos. Os demais produtos devem ter o uso limitado em função dos agentes agressivos.

Nesse setor, não estão recomendados os revestimentos ESF e RCIA em função das agressividades mencionadas. No caso do RCIA, o uso não é o ideal, em função das constantes movimentações internas realizadas através de carros e transpaleteiras, as quais atuam sobre o piso, causando vibrações pela passagem das rodas sobre os mesmos, em virtude de excessos de juntas, o que acaba causando patologias (pisos soltos).

6.3.1.6 Setor 6 - Setor de industrializados (preparação de massas e embutimento de salsichas, mortadelas, lingüiças).

O setor de industrializados, embora já não haja a presença de sangue e gorduras em contato tão direto com o piso, exige procedimentos operacionais, pois ocorrem quedas de pedaços de carne com sangue e gorduras e, principalmente, ocorre a presença constante - e em contato com o piso - de condimentos diversos, que entram nos processos de preparação das massas que serão embutidas. Temos, ainda nestes setores, a presença constante de carrinhos, paleteiras e transpaleteiras, nos processos de movimentações de caixas e contentores com produtos, o que ocasiona desgastes acentuados aos pisos.

Além disso, os processos de higienização são bastante severos, com a presença de detergentes e sanitizantes, além - é claro - das águas quentes lançadas sobre pisos, com jatos de alta pressão. Neste setor, os pisos mais indicados são aqueles à base de resinas epoxídicas e

poliuretânicas e, ainda, à base de resinas de metacrilatos. Todos os demais pisos teriam recomendações limitadas, em virtude dos agentes atuantes e, também, da movimentação de carros de transporte em algumas salas específicas do processo.

6.3.1.7 Setor 7 - Estocagem (Túneis e câmaras de estocagem de produtos acabados)

Este setor é trabalhado com temperaturas negativas ou próximas dessas, variando entre 10°C a -35°C, de câmaras de resfriamentos a túneis de congelamento, respectivamente.

Para estas temperaturas, poderão ser empregados dois sistemas à base de resinas poliuretânicas e resinas de metilmetacrilatos. Ambos são apropriados.

Os dois podem trabalhar a baixas temperaturas, até aproximadamente - 40°C, sendo importante ressaltar que - para o piso à base de metil-metacrilato - é informado pelos fabricantes que o mesmo aceita manutenções também a baixas temperaturas e o que os pisos à base de poliuretaneos não possibilitam.

Demais revestimentos endurecedores de superfície, e ainda à base de epóxi, possuem uso limitado em virtude de baixas temperaturas, sendo atacados e formando fissuras e aberturas para a passagem de água para a base de concreto. Portanto, esses materiais em uso (como revestimentos, por exemplo) poderão ser empregados em ambientes com temperatura moderada, onde não haja necessidade de processos de limpeza constantes.

Os RCIA não são indicados, por questões de absorção de água e também por causa da movimentação de carros de transporte de produtos para congelamento e resfriamento.

Também os revestimentos ESF não são indicados, por questões de excesso de umidade e conseqüente oxidação dos agregados de ferro presentes na superfície.

6.3.1.8 Setor 8 - Expedição (circulação) dos produtos

Esta é uma região bastante fria, embora se situe na casa dos 10°C. Os pisos destinados para essas áreas devem ser aqueles que suportam bastante desgaste à abrasão, provocado pelos equipamentos de movimentação de produtos, as empilhadeiras.

Nesses ambientes, são mais indicados os revestimentos endurecedores sólidos de superfície (ESF) à base de agregados metálicos para alta resistência à abrasão e ao impacto.

Os demais pisos, como os à base de resinas, também são indicados, embora as texturas dadas aos acabamentos dos mesmos sejam aquelas do tipo antiderrapante, já que se trata de locais de tráfego de empilhadeiras e paleteiras.

Os RCIA, não são indicados para o uso neste ambiente, dado ao fato de, conforme acima exposto, haver grande movimentação de transportadores pesados que usem o piso agressivamente, causando quebras e rompimentos das peças cerâmicas.

6.3.1.9 Setor 9 – Prédios de Apoio (Vestiários, sanitários, escritórios, almoxarifados, SIF e outros).

Todos os revestimentos apresentados acima podem seguramente ser empregados nas áreas de apoio, que são áreas com menor agressividade.

Em virtude de valores alto que alguns revestimentos possuem, devem ser analisados cada um desses setores se analisando os custos, estética e funcionalidade. Desta forma os revestimentos RP e RMM não seriam aconselhados nesses ambientes principalmente devido ao alto custo. Demais produtos podem ser empregados com excelentes resultados.

6.4 APRESENTAÇÃO DOS CUSTOS PARA A APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS INDICADOS

Com o objetivo de oferecer condições de uma escolha mais adequada para os usuários, pois – na maioria das vezes - o fator custo é preponderante, foi desenvolvida uma tabela que se encontra no Apêndice 5, onde são apresentadas todas as possibilidades de composição para que sejam comparados os respectivos custos, associados aos benefícios que cada revestimento possa dar aos pisos da empresa processadora de carnes de suínos.

Os vários revestimentos apresentados, se aplicados sobre os pisos de concreto, podem aumentar, em muitos anos, sua durabilidade, haja visto que - conforme o grau de

agressividade dos setores - normalmente os pisos convencionais de concreto começam a apresentar problemas em pouco tempo de vida útil (em torno, geralmente - nessas áreas analisadas - de 3 anos de uso). Desta forma, em virtude das necessidades e dos custos analisados, poderão ser planejados os futuros trabalhos de aplicação dos revestimentos, que, em alguns casos, e de acordo com os fabricantes, chegam a dar uma sobrevida de pelo menos mais 5 anos aos pisos de concreto. É interessante observar que, melhorando-se a vida útil do piso, diminuem-se as manutenções tão constantes.

Analisando-se a planilha orçamentária, o usuário poderá efetuar estudos para as várias opções apresentadas, inclusive poderá fazer simulações e verificar a viabilidade econômica de cada caso.

Como forma de demonstração da utilidade da tabela de custo para pisos industriais, pode-se fazer uma análise de uma área, como por exemplo, o Setor 3 - Triparia (100,00m² – referência ao Apêndice 5).

- **Análise I - Base em concreto armado em boas condições ao uso.**

Neste caso, baseando-se nas proposições da tabela, teríamos como opção de uso, pisos à base de resinas epoxídicas e ou poliuretânicas. Trabalhando-se com a segunda opção, teríamos um custo aproximado para a área de referência de 100,00m², para a aplicação do produto um valor de:

- Item 2.16 - 20,33CUB's x R\$895,50 (Novembro - SC) = R\$18.205,52.

Desta forma, nessa análise, teremos um custo de R\$182,05/m² para a aplicação de um piso à base de revestimentos resinados, com 8 mm de espessura, que dará uma sobrevida ao piso existente de pelo menos mais 5 anos, sem maiores complicações.

- **Análise II - Base em concreto armado em péssimas condições ao uso.**

Neste caso, haverá a necessidade de uma completa substituição do referido piso.

- Item 1.2 - $2,23\text{CUB's} \times \text{R}\$895,50 = \text{R}\$ 1.996,97$. Demolições piso existente. O custo para a demolição desta forma será de $\text{R}\$19,96/\text{m}^2$
- Item 2.1- $15,08\text{CUB's} \times \text{R}\$895,50 = \text{R}\$13.504,14$. Confeção do piso de concreto. O custo da confecção de uma nova base em concreto armado com 12 cm de espessura e $F_{ck} 30\text{MPa}$, será de $\text{R}\$135,04/\text{m}^2$.

Assim, levantados esses custos para a análise II, teremos o somatório dos custos envolvidos nos trabalhos de demolição, execução de nova base e, finalmente, da aplicação do revestimento em poliuretano, conforme segue:

- Demolição de piso existente = $\text{R}\$ 19,96$
- Confeção de nova base em concreto = $\text{R}\$135,04$
- Capeamento com revestimento especial = $\text{R}\$ 182,05$

Ou seja, para deixarmos aquele setor da triparia em condições perfeitas ao uso, partindo-se da simulação de substituição geral do piso, teremos um custo final de $\text{R}\$ 337,05/\text{m}^2$.

Essa análise demonstra que os pisos devam ser bem realizados e com os revestimentos adequadamente aplicados.

Repare-se que, além dos custos apresentados para o item demolições, também se podem lançar aqueles referentes às paralisações do setor, que são os custos da produção que não foi realizada.

Além disso, se o usuário dos pisos planejar melhor, poderá constatar - na prática - que, caso contrate diretamente sistemas de pisos completos para a sua instalação industrial, conseguirá redução de custos significativa, pois os custos com insumos de instalações e com contratação de empresas construtoras serão os mesmos, em uma única etapa. Assim, serviços de confecção de bases de concreto e aplicação de revestimentos especiais tornar-se-ão mais atrativos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho visa ajudar, de maneira direta, todos aqueles usuários relacionados à área de aplicação de pisos e funcionários de empresas do ramo de frigorífico que trabalhem nas áreas de manutenções e por isso necessitam ter conhecimento dos agentes agressivos que atuam sobre os pisos industriais nos referidos setores de produção e notadamente dos materiais mais recomendados para que seja evitada uma enorme gama de patologias que atrapalham os processos internos dessas organizações.

Atualmente, a grande maioria de profissionais que trabalham com a execução de pisos industriais desconhece ou conhecem somente partes as reais solicitações a que estão sujeitas essas superfícies nas unidades de processamento de carnes de suínos (abate e industrialização).

Assim, de nada se adiantará serem utilizados os melhores materiais e técnicas disponíveis no mercado para a execução de pisos, caso não sejam levadas em consideração o ambiente a que os mesmos estarão submetidos. Assim, nas etapas de projeto um dos principais itens será o levantamento sobre as condições ambientais, ou seja, é necessário conhecer os agentes agressivos atuantes. Desta forma, poderá ser realizada uma adequada especificação dos materiais e conseqüentemente a contratação de mão-de-obra especializada para a sua aplicação. Tudo isso, sempre acompanhado dos devidos controles de qualidade em todo o processo de preparação, lançamento, cura e uso dos revestimentos empregados. Assim, podem-se obtidas garantias de realização de um piso com qualidade e durabilidade assegurada por muito tempo.

Desta forma, conclui-se que os pisos com seus diferentes tipos de materiais, texturas, cores e custos podem ser utilizados, desde que sejam respeitadas as suas características e principalmente que sejam perfeitamente identificados o ambiente onde desempenham suas funções como revestimentos. Assim, seguindo os levantamentos apresentados nos Quadros 22 e 23, pode-se analisar e apresentar as seguintes conclusões sobre os revestimentos indicados para cada setor necessários para minimizar as patologias causadas pelos agentes agressivos:

- Setor 1 - Pocilgas: apresentam elevada carga orgânica através de fezes e urinas de suínos, além dos processos de higienização constantes com água quente, detergentes e sanitizantes, conforme citados nos Quadros 19, 20 e 21. Neste setor e suas áreas de abrangência conforme assinalados no Apêndice 2, normalmente são empregados pisos de concreto de baixa capacidade resistiva, o que pelas agressividades existentes não suportam e em pouco tempo de uso observa-se a presença de buracos, pisos soltos e outras patologias. São indicados para esse ambiente os pisos de concreto com resistência aproximada de 30 MPa com aplicação dos revestimentos especiais do tipo Endurecedores Líquidos à base de Silicatos de Sódio, Endurecedores Líquidos à base de Fluorsilicatos de Magnésio e Endurecedores Sólidos à base de Agregados Minerais. Os demais produtos do Quadro 23 por ficarem extremamente escorregadios causando problemas aos animais e alguns por elevados custos e no caso dos Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido por questões de manutenções constantes;
- Setor 2 - Abate: No setor de abate e áreas de abrangência, o que se observa é uma elevada carga orgânica provocada pelo sangue, pêlos de suínos, pedaços de cascos, pedaços de carnes e gorduras e ainda a presença constante de água quente com alto teor de sangue e gorduras que são derramados dos tanques de Escaldagem e ainda a presença de misturas de ácidos e água quente empregados nos processos de lavagem dos balancins. Além de todos esses agentes temos a presença constante dos processos de higienização com elementos utilizados semelhantes aos mencionados para as pocilgas, no entanto conforme os padrões de limpeza são mais rigorosos, então as concentrações dos produtos são mais reforçadas. Recomenda-se para os pisos desses setores são revestimentos da linha Revestimento Epóxi Espatulado e Revestimento Poliuretano Espatulado e ainda os Revestimentos à base resinas Metil-metacrilatos, sendo, no entanto este último com custos muito elevados para o uso. Deve ser observado que as indicações são para pisos com texturas antiderrapante. Os demais produtos podem ser empregados, mas todos com uso limitado em virtude das agressividades existentes e por terem vida útil menor que os indicados anteriormente;

- Setor 3 – Triparia: Nos locais de abrangência desse setor o que se observa é que os mesmos estão frequentemente molhados e o chão extremamente escorregadio, portanto podem-se empregar os Revestimentos Poliuretano Espatulado e Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido. O primeiro, Revestimento Poliuretano Espatulado é um revestimento antiderrapante poliuretano que suporta todas as agressividades oriundas do processo de limpeza, preparação e calibragem de tripas, além de processos de preparação de miúdos externos, como patas, orelhas e outros, os quais envolvem vários produtos químicos para essas operações, como dosagens de hipoclorito de sódio e além de cloreto de sódio para salga final dos produtos. Juntando-se a esses tem-se ainda os agressivos provenientes das higienizações que são constantes. Os revestimentos do tipo Cerâmica Industrial Anti-ácido também são indicados para essas áreas, pois são antiderrapantes e suportam bem as agressividades existentes. Os rejuntas e argamassas de fixação das peças cerâmicas do tipo anti-ácido devem ser do tipo apropriado para as agressividades apropriadas;
- Setor 4 - Cortes: No setor de cortes e áreas de abrangência praticamente pode-se empregar todos os revestimentos apresentados no Quadro 23, salvo exceção do revestimento do tipo Endurecedores Sólidos à base de Agregados Metálicos de Ferro, por apresentar em sua composição fragmentos de ferro e em vários pontos poderá ocorrer à formação de processos de oxidação desse elemento, causando contaminações, como por exemplo, em cantos e sob equipamentos onde ficam estáticos e sem inspeções técnicas. Também todos os revestimentos da linha epóxi e poliuretanos com texturas lisas devem ter usos limitados em virtude de problemas operacionais por em determinados pontos serem escorregadios;
- Setor 5 – Salga: No setor de salga e áreas de abrangência têm-se a presença constante de cloreto de sódio ou sal de cozinha, que são os principais elementos empregados nos processos de produção. Além do sal temos a presença constante de sal e água dos processos de secagem, formando as salmouras que escoam diretamente sobre os pisos e canaletas. Também temos o tráfego intenso de carrinhos transportadores de cargas que danificam os pisos excessivamente por impactos e desgastes por abrasão. Nestes casos os revestimentos indicados devem

ser os das linhas Revestimentos Poliuretano Espatulado e Revestimento à base resinas Metil-metacrilatos por suportarem os agentes agressivos químicos e ainda as operações de transporte de cargas. Além disso, os revestimentos da linha Endurecedores Sólidos à base de Agregados Metálicos de Ferro e Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido devem ser evitados, pois os primeiros pelos mesmos motivos apresentados para o setor 4 e os Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido porque apresentam excessos de juntas, uma vez que as placas de cerâmicas industriais possuem pequenos tamanhos com peças que variam atualmente de 11x24cm e 22x24cm e essas juntas acabam por serem danificadas nos processos de transportes internos de matérias-primas e de produtos acabados. Demais revestimentos podem ser empregados e devem ter seu uso limitado, pois terão durabilidades reduzidas;

- Setor 6 – Industrializados: Esse setor e suas áreas de abrangência têm características semelhantes aos do setor 5, no entanto têm-se maiores números de agentes agressivos e diferentes formas de atuação, entretanto podem ser empregados todos os revestimentos das linhas Revestimentos Poliuretano Espatulado e Revestimento à base resinas Metil-metacrilatos, pois são altamente resistentes aos agentes agressivos dos ambientes que são a presença constante sobre os pisos de sal, condimentos, ácidos de processo como o ácido fosfórico e ainda água nos processos de higienização. Mas nesse setor temos além desses a presença constante da movimentação de transportadores de cargas, os quais imprimem grandes desgastes aos pisos, sendo essas operações mais intensas que o que as áreas do setor 5 como mencionado anteriormente. Também aqui os revestimentos da linha Endurecedores Sólidos à base de Agregados Metálicos de Ferro e Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido devem ser evitados pelos mesmos motivos citados. Todos os demais produtos podem ser empregados, tendo-se os devidos cuidados ao uso dos revestimentos com características de texturas lisas;
- Setor 7 - Expedição: Nos setores de expedição e preparação dos paletes para embarque, tem-se a presença constante de tráfego pesado que são provenientes dos equipamentos destinados aos trabalhos de movimentação de cargas. Esses

elementos provocam desgastes por abrasão além de impactos sobre a superfície com as operações de içamento das embalagens. Nessas áreas devem ser empregados pisos com alta dureza e, portanto os revestimentos indicados são os do tipo Endurecedores Sólidos à base de Agregados Metálicos de Ferro e Endurecedores Sólidos à base de Agregados Minerais, pois apresentam em sua composição agregados minerais e ou agregados de ferro que tem condições de suporte de cargas provocadas pelas máquinas e carrinhos operantes nos setores. Todos os demais revestimentos não são aconselhados em virtude de serem escorregadios e de custos elevados;

- Setor 8 - Estocagem: As áreas de conservação de produtos in natura e de produtos acabados sempre são locais com temperatura baixas. Assim câmaras de Resfriamento com temperaturas de 0°C a 10°C, Câmaras de Congelamento com temperaturas variando de 0°C a - 25°C e ainda dos Túneis de Congelamento com variações térmicas entre -10°C a - 35°C sofrem constantes ataques provocados pelas variações térmicas ocasionadas pelos processos operacionais quer sejam por paradas para manutenções ou para operações de higienizações para deixar os ambientes em condições sanitárias de uso. Além das áreas internas das câmaras também os setores abrangidos por elas como as antecâmaras sofrem bastante com essas variações bruscas de temperatura, o que ocorrem com frequência nesses pontos, uma vez que são os intermediários entre o ambiente da expedição e áreas internas geladas. Nesses locais e suas áreas de abrangência os revestimentos de pisos mais indicados são os da linha Revestimento Poliuretano Espatulado e Revestimento à base resinas Metil-metacrilatos, pois são os únicos que suportam variações térmicas dessa grandeza e ainda as constantes movimentações de equipamentos pesados de movimentação de filetes com produtos acabados. Todos os demais pisos devem ser evitados, sendo os Endurecedores Sólidos à base de Agregados Metálicos de Ferro e Revestimentos em Cerâmica Industrial Anti-ácido totalmente proibidos.
- Setor 9 – Apoios: Todos os demais prédios das áreas administrativas e de serviços podem receber todos os revestimentos apresentados no Quadro 23, entretanto devem ser analisadas as questões de estéticas e principalmente de custos em cada caso.

Novas pesquisas podem e devem dar continuidade ao trabalho ora apresentado. Ao se analisar a atuação dos agentes agressivos atuante sobre os pisos, somente foi trabalhada uma parcela do problema existente, onde os mesmos foram identificados, apresentado as patologias e sugerido os revestimentos especiais que podem ser capaz de neutralizá-los, deixando o ambiente em boas condições de uso.

Como forma de continuidade ao presente tema, novas pesquisas podem ser desenvolvidas, conforme sugestões a seguir:

- Identificação e caracterização de novos agentes agressivos atuantes sobre os pisos industriais em unidade frigoríficas de suínos;
- Identificação de novos revestimentos que possam dar maiores durabilidades aos pisos industriais em unidade frigorífica de suínos;
- Estudos nas operações internas nos frigoríficos que podem ser melhoradas com o objetivo de redução das agressividades sobre os pisos e conseqüentemente redução das patologias;
- Realizar estudos relacionados a equipes de aplicadores (mão-de-obra) no sentido de que mais empresas possam receber treinamentos adequados e conseqüentemente a diminuição dos custos referentes à aplicação dos produtos, tornando-os mais acessíveis inclusive a pequenas empresas. A mão-de-obra nestes casos por ser especializada tende a encarecer a aplicação. Tendo mais empresas capacitadas melhor será;
- Realizar levantamentos no sentido de desenvolver novos fornecedores regionais no sentido de se eliminar encargos atuantes sobre os materiais como elevados fretes e até de impostos para importação das resinas sintéticas empregadas na produção dos revestimentos especiais. Isso acaba acontecendo pela falta de conhecimento de novos fabricantes. Sabe-se que existem vários;
- Realizar estudos no sentido de se verificar se empresas aplicadores foram devidamente treinadas à aplicação dos revestimentos especiais e se realmente

conhecem a fundo as suas características, pois estranhamente verifica-se que aplicadores muitas vezes conhecem pouco sobre os produtos que estão usando causando inúmeros erros nas aplicações o que diminuirá a durabilidade dos mesmos;

- Fazer uma pesquisa a médio e longo prazo no sentido da identificação correta da durabilidade apresentada pelos revestimentos especiais que hoje têm a vida útil estimada e informada pelos fornecedores em aproximadamente 10 anos;
- Quantificar quais os custos (gastos) anuais com produtos químicos usados em excessos para os processos de higienização nas operações de descontaminações de ambiente que são originadas em virtude dos pisos de concreto em condições ruins de conservação e que causam elevadas cargas por contaminações microbiológicas;
- Realizar estudos para a identificação de custos (não lucros) que as empresas anualmente têm em virtude de interrupções na produção ocasionados por necessidades de paralisações em determinados setores para a realização de serviços de reparos ou substituições em pisos de concreto;

As sugestões apresentadas se pesquisadas devem contribuir seguramente para que empresas processadoras de carnes de suínos (frigoríficos) deixem de perder anualmente recursos financeiros que poderiam estar sendo investidos em novas tecnologias de processamentos e na melhoria do ambiente de trabalho e conseqüentemente melhorando a qualidade de vida de seus colaboradores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁCIDO fosfórico. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/acidofosfórico>>. Acesso em: 19 maio 2006.

ÁCIDO peracético. Disponível em: <http://www.apcdsaude.org.br?artigo.aspcd_noticia>. Acesso em: 19 maio 2006.

ACI – American Concrete Institute. **Standart tolerances for concrete construction and materials (ACI 117-90) and commentary (ACI 117R-90)**. Detroit, USA, 1990.

_____. **Guide for concrete floor and slab cConstruction (ACI 302.1R-96)**. Detroit, USA, 1996.

ÁGUA do mar. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/agua do mar](http://pt.wikipedia.org/wiki/agua%20do%20mar)>. Acesso em: 18 maio 2006.

AÏTCIN, Pierre-Claude. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo: PINI, 2000

AMARAL FILHO, E. M. Deformação lenta. In: COLÓQUIO SOBRE RETRAÇÃO E DEFORMAÇÃO LENTA DO CONCRETO. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 1978. p.1-44.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standart test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression. ASTM C 469. In: _____. **Annual books of ASTM standarts**. Philadelphia, 1991.

_____. **Determining floor flatness and levelness using the F-Number system: E 1115**. Philadelphia, EUA, 1987.

ARAÚJO, José M. **Curso de concreto armado**. Rio Grande: Dunas, 2003. v. 1, p. 35-36.

ANDRADE, Tibério. Tópicos sobre durabilidade do concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p.753-792.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland-BT-106**: boletim técnico. São Paulo: 2002. p.10-22.

_____. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto: procedimentos. São Paulo, 2003. p 11-17.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: confecção e cura de corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos: classificação. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 5739**: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 7481**: tela de aço soldada: armadura para concreto: especificações. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 7211**: agregados: classificação dos grãos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR NM 102**: concreto: determinação da exsudação. Rio de Janeiro, 1996.

AURORA ALIMENTOS. **Normas internas de controle de qualidade**: boas práticas de fabricação e análise de perigos e pontos críticos de controle. Chapecó, SC, 2005.

_____. **Normas internas para procedimentos padrões para higiene**. Chapecó, SC, 2005. p. 17

_____. **Normas internas para procedimentos no abate e industrialização de carnes de suínos**. Chapecó, SC, 2005.

_____. **Normas internas para procedimentos padrões para higiene**. Chapecó, SC, 2005.

BALBO, José Tadeu. Pavimentos viários e pisos industriais de concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.2. p.1297-1332.

BALINT, Vilma. Higienização sob vigilância. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 308, out. 2002.

BICZK, I.. **Corrosión y protección del hormigón**. Bilbao: Ed. Urmo, 1972.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **RIISPOA: normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos.** Maranhão, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMPRAPA – CNPSA, 1993.

BROOKS, J. J.; CABRERA, L. G.; MEGAT JOHARI, M. A. Factors affecting the autogenous shrinkage of silica fume high-strength concrete. In: **AUTOGENOUS SHRINKAGE OF CONCRETE: OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP, 1999, London. Proceedings.** London, 1999. Edited by Ei-ichi Tazawa, E & FN Spon, p. 195-202.

_____. Elasticity: creep, and shrinkage of concretes containing admixtures. In: **THE ADAM NEVILLE SYMPOSIUM: CREEP AND SHRINKAGE – STRUCTURAL DESIGN EFFECTS. Proceedings.** American Concrete Institute (ACI) SP-194. Michigan: Farmington Hills, 2000.

_____. Factors influencing movements of concrete and creep effects. In: **WORKSHOP: INFLUENCE OF CREEP ON DESIGN, PERFORMANCE NA SAFETY OF CONCRETE DAMS. Proceedings.** Rotterdam: A. A. Balkema, 1994.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto.** São Paulo: Pini, 1988.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado:** segundo a NBR 6118:2003. São Carlos-SP: Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2004.

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras de concreto:** inspeção e técnicas eletrolíticas. [S. l.]: UFG: PINI, 1997.

CATÁLOGO de argamassa antiácida. São Paulo: RESINAR Rejuntamentos, 2004.

CATÁLOGO de produtos anti-ácidos. São Paulo: BAUTECH Pisos e Revestimentos, 2005.

CATÁLOGO de produtos cerâmicos. São Paulo: GAIL Coleção industrial, 2003.

CATÁLOGO de placas cerâmicas e rejuntamento antiácido. São Paulo: Cerâmica São Luiz, 2004.

CATÁLOGO de produto epóxi. São Paulo: PISOMANIA Revestimentos Industriais, 2006.

CATÁLOGO de produto metilmetacrilato. São Paulo: MIAKI Revestimentos Industriais, 2005.

CATÁLOGO de produtos para pisos industriais. São Paulo: FLOWCRETE Pisos e Revestimentos Industriais, 2006.

CATÁLOGO de produtos para pisos industriais. São Paulo: SIKA BRASIL Tecnologia e Conceitos para Pisos Industriais, 2004.

CATÓLOGO de produtos para pisos industriais. São Paulo: STONHARD Sistemas de Pisos, 2002.

CEB – COMITÊ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. **CEB-FIP Model Code 1990:** design code. Lausanne: Thomas Telford, 1993. (Boletim 213/214)

CEHOP – COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS. **Pavimentação em concreto armado.** Sergipe: CEHOP, 2006. Disponível em: <<http://www.cehop.se.gov.br/orse/esp/es00201.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2006.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARANÁ. **Relatório de estágio:** curso técnico de alimentos. Curitiba, 2000.

CLORO. Disponível em: <<http://www.quiprocura.net/elementos/cloro.htm>>. Acesso em: 19 maio 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Agressividade do meio ao concreto: classificação.** São Paulo, 1978.

_____. **Estruturas de concreto em obras de saneamento:** projeto, execução, controle e recebimento. São Paulo, 1977.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Adições minerais para concreto estrutural. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto:** ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p. 345-379.

DEACON, R. Colin. **Concrete ground floors: their design, construction and finish.** Wexham Springs: Cement and Concrete Association, 1982.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos.** Concórdia: Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária, 1993.

FURNAS. LABORATÓRIO DE CONCRETO. DEPARTAMENTO DE APOIO E CONTROLE TÉCNICO. In: ANDRADE, Walton Pacelli (ed). **Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo: ensaios e propriedades.** São Paulo: Pini, 1997.

GORDURA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/gordura>>. Acesso em: 18 maio 2006.

GRAÇA, Newton Goulart; BITTENCOURT, Rubens Machado et al. Efeitos da temperatura sobre o concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p.687-711.

GRUPO DIPEMAR. Higienização em estabelecimentos de Abate de Bovinos. **Revista Nacional da Carne,** São Paulo, n. 332, out. 2004.

GUIMARÃES, André Tavares da Cunha. Propriedades do concreto fresco. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p. 473-494.

HASPARYK, Nicole Pagan; LOPES, Anne Neiry M. et al. Deformações por retração e fluência. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1.p. 655-685.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Durabilidade do concreto versus agressividade do meio (1ª. Parte):** artigo técnico. São Paulo: PINI, 1988. p. 85-87

_____. **Durabilidade do concreto versus agressividade do meio (2ª. Parte):** artigo técnico. São Paulo: PINI, 1988. p. 89-92

_____; PEREIRA, Fernanda. **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y protección.** São Paulo: [s. n.], 2003.

_____; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

_____. **Reparación, refuerzo y protección**: manual de rehabilitación e estructuras de hormigón. São Paulo: Degusta Chemicals, 2003.

INFORMAÇÕES sobre produtos Des-Vet: Catálogo de desinfetantes. São Paulo: DESVET, 2005.

INFORMAÇÕES sobre produtos Sandet: Catálogo de detergentes e sanitizantes. São Paulo: SANDET, 2000.

INFORMAÇÕES sobre produtos: Catálogo do ácido peracético. São Paulo: DEGUSSA – Construction Chemicals Américas, 2002.

INFORMAÇÕES técnicas sobre concreto. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/index.php?pagina=>>. Acesso em: 19 jul. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Pisos em concreto armado**: folder informativo resumido. Disponível em: <<http://www.ibts.org.br/manuais.htm>>. Acesso em: 25 dez. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **PINI**: tecnologia de edificações. São Paulo: Divisão de Edificações de IPT, 1988.

JACINTO, Ana O.; GIONGO, José S. **Resistência mecânica do concreto**: concreto, ensino, pesquisa e realizações. [S. l.]: Geraldo Cechella Isaia (ed.), 2005. IBRACON.

LEITE, Mônica O.; ANDRADE, Nélio J. Controle de qualidade da água em indústrias de alimentos. **Revista Leite & Derivados**, n. 69, mar./abr. 2003. Disponível em: <http://www.dipemar.com.br/leite/69/materia_atecnico_leite.htm>. Acesso em: 19 maio 2006.

MANUAL técnico: linha MBT para construções e reformas. São Paulo: DEGUSSA – Construction Chemicals Américas, 2003.

MANUAL técnico: guia de produtos. São Paulo: DEGUSSA – Construction Chemicals Américas, 2005.

MANUAL técnico: guia de produtos. São Paulo: ANCHORTEC-FOSROC – Soluções Construtivas, 2006.

MANUAL técnico: guia de produtos. São Paulo: SIKA – Manual Técnico de Produtos, 2007.

MANUAL técnico: guia de produtos. São Paulo: BASF – The Chemical Company, 2007.

MEDEIROS, Miguel A. **Cloro.** [S. l.], 2006. Disponível em:
<<http://www.quiprocura.net/elementos/cloro.htm>>. Acesso em: 19 maio 2006.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994.

_____. Durability of concrete: fifty years of progress. In: SEMINÁRIO DE QUALIDADE E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO, 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: [s. n.], 1993.

NASCIMENTO, Alberto. Mercado oferece variedade de pisos para áreas limpas. **Revista Controle de Contaminação**, São Paulo, n. 85, p. 13-16, maio 2006.

NEVILLE, A. M. **Creep of concrete:** plain, reinforced and prestressed. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1970.

_____. **Propriedades do concreto.** São Paulo: PINI, 1997.

PALUMBO, S. A. et al. Current approach process water and its use in food manufacturing operations. **Trends in Food**, v. 8, p. 69-74, 1997

PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Editor). **Concreto:** ensino, pesquisas e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v.

PCA - PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. **Concrete floors on ground.** Skokie, 1983

PROCEDIMENTOS básicos para reparação do concreto. São Paulo: DEGUSSA – Construction Chemicals Américas, 2005.

PROPOSTA técnica para recuperação de rodapés e pisos do frigorífico. São Paulo: DEGUSSA – Construction Chemicals Américas, 2004.

PRUDÊNCIO, Luiz Roberto. Desempenho de materiais de construção civil I. In: **Apostila do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil**, Florianópolis: UFSC: 2004.

PORTAL DO CONCRETO. **O que é concreto?** [S. l.]: Dinamic Site, 2005-2006. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br>>. Acesso em: 25 dez. 2006.

RETAMAL, Roberto R. **Limpeza e sanitização na indústria de alimentos.** São Paulo: Kalykim, 2004.

RICÓN, Olandis Trocónis; HELENE, Paulo. **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón.** Red Rehabilitar Cyted, Paulo Helene e Fernanda Pereira (ed.), 2003. p. 217.

RODRIGUES, Púbio Penna Firme. Pavimento industrial protendido. **Pisos industriais**, São Paulo, v. 4, n. 5, p.20-22, set. 2006.

_____; CASSARO, Caio Francisco. **Pisos industriais de concreto armado.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

_____; GASPARETTO, Wagner. In: **Curso: projeto e execução de pisos de concreto.** São Paulo: SINDUSCON, 2004.

RUZANTE, J.M.; FONSECA, L. F. L. Água: mais um fator para atingir a qualidade. **Revista Batavo**, v. 8, n.108, p. 40-42, 2001.

SAL quaternário de amônio. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/sal_quaternario de amonio](http://pt.wikipedia.org/wiki/sal_quaternario_de_amonio)>. Acesso em: 19 maio 2006.

SANGUE. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/sangue>>. Acesso em: 18 maio 2006.

_____. Disponível em: <<http://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/sangue>>. Acesso em 18 maio 2006.

SBRIGHI NETO, Cláudio. Agregados para o concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p. 323-343.

SEILER, P. H. **Seminário de pisos de concreto e revestimentos para a indústria alimentícia e câmaras frigoríficas**. Chapecó: BASF, 2005.

_____. **Revestimentos para pavimentos de alta resistência**. São Paulo: BASF, 2006.

SHEHATA, Lúcia Domingues. Deformações instantâneas do concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p.633-654.

SILVA, Ângelo Just da Costa; ANDRADE, Tibério. Patologia das estruturas. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.2. p. 953-983.

SOUZA, Vicente C. M.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

TANGO, Carlos Eduardo de Siqueira. Produção, transporte e controle do concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p. 495-525.

TAZAWA, E.; MIYAZAWA, S. Effect of constituents and curing condition on autogenous shrinkage of concrete. In: TAZAWA Ei-ichi (ed.). **Autogenous Shrinkage of Concrete. Proceedings of the International Workshop**. Organized by Japan Concrete Institute. London: E & FN Spon, 1999. p.269-280.

THOMAZ, Ercio. Execução, controle e desempenho das estruturas de concreto. In: PASSUELO, Alexandra; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. v.1. p.527-581.

TRATAMENTO de superfície metálica: artigo técnico. VEGAL NORDESTE. Disponível em: <<http://www.vegal.com.br/254.htm>>. Acesso em 19 maio 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Engenharia Química. **Relatório de Estágio**. Curitiba: Curso de Engenharia Química, 1999.

URINA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/urina>>. Acesso em 18 maio 2006.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 3. ed. São Paulo: PINI: SINDUSCON-SP, 2000.

WRI – WIRE REINFORCEMENT INSTITUTE. Jointed concrete pavements reinforced with welded wire fabric. Mclean, Virgínia, 1975.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: APRESENTAÇÃO DE PLANTAS BAIXAS DOS PAVIMENTOS - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE AGRESSIVIDADES

As pranchas A/B e B/B, são referentes às plantas baixas dos pavimentos (subsolo – pocilgas e térreo - superior) da unidade industrial de Sarandi (RS), onde foram assinaladas as áreas que sofrem agressões químicas e físicas. Adotou-se a seguinte convenção de cores:

Amarelo: agressividade física por abrasão, impacto, arraste, etc.

Azul: agressividade química por sangue, gorduras, salmoura, ácidos, águas, etc.

Verde: agressividade física, provocada por trocas térmicas (gelo-degelo) e abrasões.

APÊNDICE 2: APRESENTAÇÃO DE PLANTAS BAIXAS DOS PAVIMENTOS - IDENTIFICAÇÃO DOS SETORES E ÁREAS DE ABRANGÊNCIA

As pranchas C/D e D/D, são referentes às plantas baixas dos pavimentos (subsolo, térreo e superior) da unidade industrial de referência, onde foram numeradas todas as áreas onde sofrem agressividades, conforme Quadro 22. Adotou-se a mesma numeração apresentada na referida tabela para se indicar as características apresentadas nos setores e assim dar uma identificação da área de abrangência dos mesmos agentes atuantes nesses respectivos setores.

Baseado nos revestimentos analisados anteriormente, conforme Quadro 23 e ainda nas informações apresentadas referentes às resistências químicas a diversos agentes químicos diferentes que esses revestimentos suportam, apresenta-se os Apêndices 3 e 4.

APÊNDICE 3: RESISTÊNCIAS QUÍMICAS DOS REJUNTES INDICADOS PARA APLICAÇÃO NAS JUNTAS DAS PLACAS CERÂMICAS SOBRE OS PISOS DE CONCRETO EM FRIGORÍFICOS.

APÊNDICE 4: RESISTÊNCIAS QUÍMICAS DOS REVESTIMENTOS INDICADOS PARA APLICAÇÃO SOBRE OS PISOS DE CONCRETO EM FRIGORÍFICOS.

APÊNDICE 5: APRESENTAÇÃO DE PLANILHA ORÇAMENTÁRIA PARA LEVANTAMENTO DE CUSTOS DE REVESTIMENTOS PARA OS PISOS INDUSTRIAIS INDICADOS PARA SEREM EMPREGADOS EM FRIGORÍFICOS DE SUÍNOS

O Apêndice 5 apresenta uma Planilha Orçamentária elaborada para cálculos de valores a serem gastos com serviços relacionados à aplicação de revestimentos especiais conforme Quadro 23.

Desta forma são apresentados os custos para cada um dos itens necessários para a composição dos trabalhos, conforme exemplos apresentados no item 6.2 deste trabalho.

