

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EM PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO

P1

Cyro Eduardo Pécora(*)

(*) Gerente de Produto da Divisão de Pisos Industriais Korodur -
Montana S/A - Indústria e Comércio

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EM PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO

INTRODUÇÃO:

A grande diversificação de solicitações a que estão sujeitos os pisos industriais, tem suscitado a cada dia uma maior manipulação na construção desses pavimentos, não só por aspectos de durabilidade, que é o objetivo principal, como também por envolver a segurança do pessoal que trafegará nas áreas quando em operação industrial, além da grande dificuldade que enfrentam as indústrias quando necessitam refazer pisos, estando em produção.

A resistência estrutural de um pavimento de concreto, sem dúvida é o aspecto mais importante a ser analisado na elaboração do projeto, porque será o suporte de toda edificação, vindo a seguir a sua resistência superficial o segundo fator que, se mal equacionado poderá até comprometer toda sua estrutura.

A superfície do pavimento de concreto é o ponto que entra em contato direto com toda agressão externa provocada pela utilização do piso e como tal deverá ser projetada no sentido de resistir a esses esforços e coibir a destruição do concreto pelo uso.

Em pisos industriais desenvolvem-se os mais diversos tipos de solicitações, que vão desde o simples caminhar de pessoas ou trafegar de empilhadeiras com rodas pneumáticas, até a manipulação de cilindros de aço, arraste de caixas metálicas, rodar de pequenas rodas de ferro suportando eventualmente pesos consideráveis, pancadas produzidas pela queda de objetos pesados, temperaturas, que vão desde negativas em câmaras frigoríficas até elevadas próximo a fornos, manobras de grandes tratores de esteiras, transportes de grandes pesos, com colchões de ar, enfim situações múltiplas e diversificadas, como diversificados são os tipos de indústrias existentes.

Nosso trabalho objetiva apresentar algumas soluções para melhorar a resistência superficial das lajes de concreto utilizadas em pisos industriais e são calcadas, principalmente, no dia a dia de nossas atividades profissionais, onde constantemente nos deparamos com as situações mais diversas.

CYRO EDUARDO PÉCORÁ

Gerente de Produto da DIVISÃO DE PISOS INDUSTRIAIS KORODUR da
MONTANA S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO.

1. PISOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO.

Os pavimentos de concreto são considerados monolíticos, embora, que para sua execução seja necessário o emprego de juntas, obtendo-se, entretanto, superfícies únicas de dimensões consideráveis.

A composição do concreto, formada por agregados graúdos, miúdos e cimento, embora compondo um único corpo, não possui continuidade superficial de dureza se analisada sob o aspecto de resistência a esforços de abrasão, ou seja, essa superfície quando atritada com materiais duros, reage de maneira diferente quando esse atrito se processa sobre um agregado graúdo superficialmente disposto, do que quando sobre o agregado miúdo, e, se houverem espaços superficiais preenchidos com pasta de cimento esses locais serão pontos ideais para início da destruição da laje de concreto, porque a partir deles inicia-se a formação de buracos, daí os esforços subsequentes agindo sobre os demais agregados próximos irão desancorando-os com relativa facilidade até a desintegração que se ampliará com extrema facilidade.

Esse fato está diretamente ligado à dureza dos componentes empregados na elaboração do concreto, além, é claro, dos outros fenômenos de comportamento do concreto provocados por sua dosagem granulométrica, teor de cimento, fator água/cimento, adensamento e cura.

A resistência à abrasão dos agregados pode ser avaliada pela maior ou menor facilidade em serem serrados, ou pela escala de Mohs, sendo que o padrão mais utilizado para medir a performance à abrasão de agregados, concretos e argamassas, quando se trata de pisos industriais é o aparelho Amsler onde o corpo de prova é atritado contra um disco horizontal que gira e ainda entre o disco e o corpo de prova coloca-se um abrasivo que pode ser areia ou corindon.

O resultado é dado pelo valor desgastado do corpo de prova após o teste. Esse teste é padronizado pela norma DIN 52108 e o limite máximo permitido em se tratando de pisos industriais é de 7 cm³ de desgaste para uma superfície de 50 cm².

Podemos dizer que essas resistências são obtidas com matérias que alancem, pelo menos, dureza sete na escala de Mohs.

Na tabela A apresentamos as características dos diversos tipos de pedras. Como poderá ser observado as resistências à compressão da maioria das pedras naturais são bastante superiores às resistências dos con -

cretos e argamassas, entretanto, essa resistência necessariamente não se relaciona com a propriedade de resistir à abrasão, senão vejamos, uma pedra calcária que pode resistir até 1800 KG/cm² à compressão, quando testada à abrasão pode apresentar um desgaste de até 40 cm³ em 50 cm², enquanto que um Arenito, cuja resistência à compressão também está na casa dos 1800 KG/cm², chegaria no máximo a 14 cm³/50 cm².

Outro aspecto importante a ser observado nos agregados do concreto é sua resistência ao choque provocado por impactos, ocorrência que é comum em pisos industriais. Na tabela A também dispomos de resultados desses testes e aí também podemos observar que não há muita co-relação com as resistências à compressão das diversas pedras.

Os demais fatores que interferem na resistência do concreto são já bastante discutidos e praticamente comuns a quase todos os empregos desse material.

É obviamente necessário que um concreto utilizado em pisos industriais deva ter um teor de cimento compatível às resistências a que se propõe; os melhores resultados obtidos em pisos industriais estão nos concretos com 350 Kgs. de cimento por metro cúbico; o fator água/cimento deverá ser sempre o mais baixo possível, porquanto água em excesso provoca espaços vazios no concreto, que se formam pela sua evaporação. Esse fato se aliado à cura inadequada poderá ocasionar redução das resistências à compressão em até 40% do previsto, além do que a superfície porosa do concreto não tem nenhuma resistência à abrasão.

O adensamento, cuja finalidade é eliminar o ar contido no concreto, orientando os diversos agregados de forma a também diminuir os espaços vazios melhorando a ancoragem, é necessário a obtenção das resistências mecânicas à compressão e tração.

Durante a construção de uma obra industrial nem sempre há um controle tecnológico eficiente do concreto, isso ocorre porque grande parte dessas obras são de pequeno e médio porte, além disso os agregados utilizados na elaboração do concreto são os de obtenção na região, face a problemas de custo e também porque atendem genericamente as necessidades de feitura do concreto.

Como pudemos observar, um agregado bom para concreto necessariamente não o será para um piso industrial; esse fato aliado a um controle de qualidade nem sempre adequado, são os responsáveis pela situação atual em que se encontram cerca de 80% de nossas indústrias onde os pisos são um cons

TABELA A

PEDRAS	Massa específica (Kg/dm ³) DIN 52 102		Porosidade total % DIN 52 102 P _t = $\frac{D - d}{D} \times 100$	Absorção de água (%) DIN 52 103		Resistência à compressão da pedra seca (kgf/cm ²) DIN 52 105	Resistência à tração na flexão (Kgf/cm ²) DIN 52 112	Ensaio de choque DIN 52 107 Nº de choques n até a ruptura	Desgaste p/abrasão DIN 52 108 Perda sobre 50 cm ² (cm ³)
	Aparente (d)	Absoluta (D)		em relação ao peso P _p	em relação ao volume "porosidade aparente" P _v				
A - PEDRAS ÍGNEAS									
1-Granito, sienito	2,60 a 2,80	2,62 a 2,85	0,4 a 1,5	0,2 a 0,5	0,4 a 1,4	1 600 a 2 400	100 a 200	10 a 12	5 a 8
2-Diorito, gabro	2,80 a 3,00	2,85 a 3,05	0,5 a 1,2	0,2 a 0,4	0,5 a 1,2	1 700 a 3 000	100 a 220	10 a 15	5 a 8
3-Quartzo porfiro (Riolito porfiro)	2,55 a 2,80	2,58 a 2,83	0,4 a 1,8	0,2 a 0,7	0,4 a 1,8	1 800 a 3 000	150 a 200	11 a 13	5 a 8
Quartofiro	2,95 a 3,00	3,00 a 3,15	0,2 a 0,9	0,1 a 0,3	0,2 a 0,8	2 500 a 4 000	150 a 250	12 a 17	5 a 8,5
4-Basalto	2,80 a 2,90	2,85 a 2,95	0,3 a 1,1	0,1 a 0,4	0,3 a 1,0	1 800 a 2 500	150 a 250	11 a 16	5 a 8
5-Diábasio									
B - PEDRAS SEDIMENTARES									
6- Pedras silíceas									
6-1- Vieiros de Quartzo, Quartzitos (sedimentar) Grauvaca	2,60 a 2,65	2,64 a 2,68	0,4 a 2,0	0,2 a 0,5	0,4 a 1,3	1 500 a 3 000	130 a 250	10 a 15	7 a 8
6-2- Arenito silíceo	2,60 a 2,65	2,64 a 2,68	0,4 a 2,0	0,2 a 0,5	0,4 a 1,3	1 200 a 2 000	120 a 200	8 a 10	7 a 8
6-3- Outros arenitos	2,00 a 2,65	2,64 a 2,72	0,5 a 25,0	0,2 a 9,0	0,5 a 24,0	300 a 1 800	30 a 150	5 a 10	10 a 14
7- Pedras calcárias									
7-1- Calcários compactos e dolomitos (inclusive mármore)	2,65 a 2,85	2,70 a 2,90	0,5 a 2,0	0,2 a 0,6	0,4 a 1,8	800 a 1 800	60 a 150	8 a 10	15 a 40
7-2- Outros calcários inclusivos conglomerados calcários)	1,70 a 2,60	2,70 a 2,74	0,5 a 30,0	0,2 a 10,0	0,5 a 25,0	200 a 900	50 a 80	-	-
7-3- Travertinos	2,40 a 2,50	2,69 a 2,72	5,0 a 12,0	2,0 a 5,0	4,0 a 10,0	200 a 600	40 a 100	-	-
8- Tufos vulcânicos	1,80 a 2,00	2,62 a 2,75	20,0 a 30,0	6,0 a 15,0	12,0 a 30,0	200 a 300	20 a 60	-	-
C - PEDRAS METAMÓRFICAS									
9-1- Gnaíse, granulito	2,65 a 3,00	2,67 a 3,05	0,4 a 2,0	0,1 a 0,6	0,3 a 1,8	1 600 a 2 800	-	6 a 12	4 a 10
9-2- Anfibólito	2,70 a 3,10	2,75 a 3,15	0,4 a 2,0	0,1 a 0,4	0,3 a 1,2	1 700 a 2 800	-	10 a 16	6 a 12
9-3- Serpentinito	2,60 a 2,75	2,62 a 2,78	0,3 a 2,0	0,1 a 0,7	0,3 a 1,8	1 400 a 2 500	-	6 a 15	8 a 18
9-4- Ardsia	2,70 a 2,80	2,82 a 2,90	1,6 a 2,5	0,5 a 0,6	1,4 a 1,8	-	500 a 800	-	-

tante problema.

A simples preocupação em melhor elaborar-se um piso industrial, através de tratamentos superficiais ou melhor manipulação do próprio concreto, já é um ponto favorável quanto aos resultados finais, principalmente porque ainda hoje lamentavelmente nos deparamos muitas vezes com trabalhos que adotam soluções consagradamente superadas e inadequadas, tais como, juntas de madeira com 2 a 3 cm de espessura cravadas no concreto, ou seja, eram originariamente as formas de concreto que simplesmente não foram retiradas; sabemos que a junta é um ponto fraco do piso e, portanto, sua espessura deve ser a menor possível, principalmente porque será mais difícil receber impactos pontuais, a que fatalmente não resiste e predispõe da destruição do piso.

A aplicação de uma argamassa de cimento e areia sobre a laje de concreto preparada aleatoriamente com o intuito de obter esteticamente um melhor acabamento superficial, também é ocorrência comum. Essa prática é desastrosa, porque em geral o revestimento assim executado não só é extremamente frágil às solicitações, como também tem resistências inferiores às apresentadas pelo próprio concreto de base; isso faz com que surjam esmagamentos, trincas, enfim a superfície que deveria ser ponto de sustentação comporta-se, ao contrário, com extrema vulnerabilidade.

Em regiões onde são encontrados agregados de boa qualidade, tais como o Basalto, o Diabásio e alguns tipos de granitos e gnaisse, havendo na obra um bom controle tecnológico que consiga executar uma boa dosagem do concreto, o tratamento superficial poderá ser minimizado, obviamente dependendo da finalidade a que o piso se destinará.

2. APLICAÇÃO DE FLUORSILICATO:

O Fluorsilicato é um material formado por cristais finos, que dissolvidos em água aquecida a aproximadamente 80°C é aplicado por impregnação sobre o concreto já com mais de sete dias.

Atua sobre os hidratos de cimento formando compostos duros, agindo principalmente sobre as partículas de cal que se transformam em cristais insolúveis e de boa dureza.

Em concretos bem dimensionados elaborados com agregados adequados e devidamente curados, o tratamento com Fluorsilicato evita a formação de poeira no ambiente e para indústrias de tráfego leve onde trabalhem equipamentos sensíveis a presença de pó, que normalmente se desprenderia do pi

so originário da película de cimento que sempre fica incorporada à superfície do concreto e que tem baixa resistência à abrasão, esse tratamento seria indicado.

Já não deve ser recomendado para locais onde exista abrasão acentuada e impactos.

3. TRATAMENTO À VÁCUO:

O tratamento à vácuo foi idealizado pelo engenheiro sueco Karl Billner. Seu objetivo é retirar parte de água do concreto recém lançado, através da aplicação de vácuo em sua superfície.

O equipamento utilizado é uma bomba que succiona a água do concreto por uma manta impermeável que contém em sua face inferior um tecido sintético, poroso, apoiado numa tela plástica.

O vácuo criado entre a manta e o concreto fresco, da ordem de 80% a 95% proporciona uma força de 8 a 10 t/m² na superfície do concreto, que equivale à pressão atmosférica, comprimindo o concreto pelo desenvolvimento de pressões negativas e expulsando a água livre que é absorvida pela bomba de vácuo.

Alguns trabalhos já executados em nosso país com esse equipamento, reportam que 15 a 25% da água de amassamento é extraída, ocorrendo portanto, uma diminuição do fator A/C com conseqüente aumento da resistência do concreto da ordem de 20% a 30%.

O tempo de aplicação do equipamento sobre o concreto seria em princípio de um (1) minuto para cada centímetro de espessura da laje, entretanto, esse tempo poderá ser maior para concretos de menor Slump.

São encontradas no mercado mantas que vão desde 15 até 30 m².

Para melhor ilustrar apresentamos a seguir a Tabela B onde podem ser observados os diferentes resultados obtidos em concretos de mesmo traço e características com e sem o tratamento à vácuo.

O tratamento à vácuo no concreto não elimina a necessidade da vibração, pelo contrário, os trabalhos se complementam; poderíamos apresentar como principais características desse processo a diminuição da retração e o aumento das resistências à compressão, tração e abrasão, sendo que nesta última cabe o seguinte comentário.

O equipamento à vácuo ao retirar a água do concreto carria também para a superfície uma certa quantidade de finos, provocando também um enriqueci

TABELA B

Idade (Dias)	ENSAIO	A/C = 0.550			A/C = 0.530			A/C = 0.510			A/C = 0.480			A/C = 0.450			A/C = 0.420			A/C = 0.390		
		S/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	S/ VACUO	
3	Compressão axial em cubos 15 x 15 x 15 cm Kg/cm ²	199	231	219	246	233	290	372	252	317	267	317	343	277	317	343	258	323	258	323	258	323
7		238	299	299	314	341	418	429	361	414	360	414	403	350	403	403	404	454	404	454	404	454
28		301	358	387	380	442	493	503	457	460	457	460	468	442	468	468	488	531	488	531	488	531
3	Tração na flexão em vigas 15 x 15 x 15 cm Kg/cm ²	31	37	36	43	38	48	47	39	47	39	47	47	40	47	47	40	47	40	47	40	47
7		37	47	42	49	44	53	50	44	51	43	51	52	45	52	52	46	51	46	51	46	51
28		51	59	53	57	47	57	56	50	58	53	58	59	52	59	59	52	58	52	59	52	58
3	Esclerometria	153	223	193	298	210	325	350	170	280	210	280	308	215	280	308	240	340	240	340	240	340
7		220	303	280	320	328	400	495	305	448	330	448	385	300	448	385	440	493	440	493	440	493
28		275	330	310	350	325	450	450	333	425	340	425	400	305	425	400	420	425	420	425	420	425
		A/C = 0.550			A/C = 0.530			A/C = 0.510			A/C = 0.480			A/C = 0.450			A/C = 0.420			A/C = 0.390		
Idade (Dias)	ENSAIO	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.	CONC.
		C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO	C/ VACUO
3	Compressão axial em cubos 15 x 15 x 15 cm	1.16	1.12	1.12	1.12	1.24	1.28	1.28	1.19	1.21	1.19	1.24	1.24	1.19	1.21	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
7		1.26	1.05	1.05	1.05	1.23	1.19	1.19	1.19	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	
28		1.19	0.98	0.98	0.98	1.12	1.10	1.10	1.10	1.01	1.01	1.01	1.06	1.06	1.06	1.06	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	
3	Tração na flexão em vigas 15 x 15 x 15 cm	1.19	1.19	1.19	1.08	1.26	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.18	1.21	1.21	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
7		1.27	1.17	1.17	1.08	1.20	1.14	1.14	1.14	1.19	1.19	1.16	1.16	1.16	1.16	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	
28		1.16	1.08	1.08	1.08	1.21	1.12	1.12	1.12	1.09	1.09	1.09	1.13	1.13	1.13	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	
3	Esclerometria	1.46	1.54	1.54	1.13	1.55	2.06	2.06	1.33	1.33	1.33	1.43	1.43	1.43	1.43	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
7		1.38	1.14	1.14	1.13	1.22	1.14	1.14	1.14	1.36	1.36	1.28	1.28	1.28	1.28	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	
28		1.20	1.13	1.13	1.13	1.38	1.35	1.35	1.35	1.25	1.25	1.31	1.31	1.31	1.31	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01		

mento superficial da laje em cimento.

Essas partículas finas de agregados com boa quantidade de cimento, sem dúvida apresenta uma superfície mais elaborada, o que se comparada com uma superfície comum de concreto apresenta melhor performance, mas não devemos esquecer que a suspensão dos finos é feita aleatoriamente, portanto, sua ancoragem é relativa e o material fino transportado para a superfície poderá ou não ter dureza compatível, além do que a esforços de abrasão o cimento pouco acrescenta.

Damos abaixo a Tabela C onde apresentamos as diferentes resistências à abrasão apresentadas por corpos de prova com e sem tratamento à vácuo, comparando-as com o valor mínimo solicitado pela norma DIN.

DOSAGEM DO CONCRETO TESTADO 350 KG cimento por metro cúbico.
486 LT de areia seca
364 LT de brita 1
364 LT de brita 2

Fator A/C	S/VÁCUO cm ³ /50 cm ²	C/VÁCUO cm ³ /50 cm ²	DESGASTE ADMISSIVEL cm ³ /50 cm ²
0,55	12	11	7
0,55	13	11,5	7
0,55	11,8	11	7
0,48	11	10,5	7
0,48	11,5	11	7
0,48	10,8	11	7

Como pode-se notar no concreto testado, onde o agregado grão de brita era de gnaisse comum e o agregado miúdo areia normalmente comercializada, os resultados ao teste de abrasão, pouco diferem em relação ao concreto tratado à vácuo e o não tratado e em ambos os casos o desgaste é superior ao admissível pela norma usada como parametro.

4. INCORPORAÇÃO DE AGREGADOS DUROS A SUPERFÍCIE DO CONCRETO.

Este sistema consiste em aplicar-se sobre o concreto recém lançado uma mistura seca de cimento e agregados de alta dureza, que são compactados de forma a incorporarem-se superficialmente à laje, formando uma camada contínua e homogênea com espessura média de cerca de 2 mm.

A incorporação é facilmente executada, porquanto na parte superficial de um concreto vibrado apresenta-se sempre maior quantidade de areia, cimento e água, que absorvem sem dificuldade a mistura seca de cimento e agregados duros.

Esses agregados ancoram-se na argamassa do concreto e ficando dispostos superficialmente atuam como antiabrasivos.

A eficiência desse método dependerá do tipo de agregados usados, suas formas, dimensões e os cuidados tomados durante a aplicação que é feita por espargimento, de forma a não existirem falhas na cobertura do concreto.

Podem ser utilizados para esse tipo de trabalho, agregados metálicos e misturas de rochosos e metálicos.

Dentre os rochosos, o Quartzo é o de melhor performance, desde que não se apresente trincado ou friável. É aconselhável a utilização de quartzos rolados e não britados, mesmo porque o material rolado aplicado por espargimento apresentará melhor continuidade de cobertura e não correremos riscos de superfícies onde fiquem expostas arestas que pouco resistem a impactos.

O Óxido de Alumínio também é muito indicado como agregado para essa finalidade. É um material de altíssima resistência à abrasão, possuindo dureza 9 na escala de Mohs. Em geral, misturas de quartzo e óxido de alumínio apresentam excelente desempenho quando utilizadas nessas aplicações.

Ligas metálicas e de aços revenidos, são componentes que também podem ser utilizados. Dentre as ligas metálicas, a mais conhecida é o Ferro Silício, que possui boa resistência à impactos, mas resiste pouco à abrasão.

As ligas de aço revenidos são as que melhores resultados apresentam, porque, além de resistentes à abrasão e impactos, são materiais que, ao contrário dos rochosos, que se partem ao atingirem o limite de sua resistência, possuem a capacidade de deformarem-se antes de romperem, suportando portanto, altíssimos impactos.

Tanto os agregados de Ferro Silício como os de Aço são materiais susceptíveis à oxidação, que, se ocorrer destruirá o revestimento.

Tendo em vista esse aspecto, revestimentos elaborados com esses metais - devem receber logo após aplicados cura química, através de agentes de cura, do tipo parafina hidrossolúvel e nunca deve-se indicar esse tipo de

revestimento para áreas sujeitas a presença de água ou umidade constante; em se tratando desses locais, as misturas ideais são formuladas com quartzo e óxido de alumínio.

A determinação da granulometria desses agregados foi feita experimentalmente baseando-se na capacidade de ancoragem apresentada por granulometrias diferentes de agregados duros e que apresentassem a capacidade de cobrir com máxima homogeneidade as superfícies dos concretos.

Os melhores resultados estão contidos nas misturas, cujas granulometrias vão de 0,59 a 2,38 mm.

Para melhor apreciação, demonstramos na Tabela D alguns testes efetuados no aparelho Amsler, em revestimentos feitos por incorporação.

Agregado utilizado: mistura de quartzo rolado e óxido de alumínio.

CORPOS DE PROVA		DESGASTE APRESENTADO cm ³
Nº	ÁREA DA BASE	
1	50 cm ²	3,05
2	50 cm ²	3,6
3	50 cm ²	4,1
4	50 cm ²	4

Agregado utilizado: Aço.

CORPOS DE PROVA		DESGASTE APRESENTADO cm ³
Nº	ÁREA DA BASE	
1	50 cm ²	1,85
2	50 cm ²	0,95
3	50 cm ²	1,6
4	50 cm ²	1,6

OBS: DESGASTE MÁXIMO PERMISSIVEL
PELA NORMA : 7 cm³/50 cm²

Esse tipo de revestimento é ideal para áreas com grande circulação de pessoas, tráfego de empilhadeiras com qualquer tipo de rodagem, enfim todos os locais onde estejam presentes esforços de abrasão, excetuando-se aqueles acompanhados de cargas de compressão acentuada e pancadas, face a pouca espessura apresentada pela camada dura.

Este revestimento pode receber acabamento antipoeira, caso o local assim o exija; esse tratamento consiste na remoção da nata superficial de cimento, através de um leve polimento, geralmente chamado de desnatamento.

5. ARGAMASSAS COMPOSTAS DE AGREGADOS DUROS. (ARGAMASSAS DE ALTA RESISTÊNCIA).

Argamassas compostas de agregados duros, normalmente denominadas pisos industriais de alta resistência, são proteções superficiais aplicadas ao concreto, com espessuras que variam geralmente de 8 a 15 mm. Esses revestimentos passam a ter contato com a agressão externa e o concreto atua como base dessa proteção, recebendo principalmente os esforços de compressão e tração na flexão que a ele são transmitidos pelo revestimento, ficando a cargo da proteção a responsabilidade de resistir à abrasão e o impacto que chegará ao concreto mais amortecido.

Os agregados utilizados nessa argamassa podem ser de origem rochosa, metálica ou a mistura de ambos.

Sua composição é minuciosamente estudada, desde a extração das matérias primas que o compõe, suas formas geométricas, até a designação dentro de uma curva granulométrica (curva de Fuller), de cada tipo de agregado utilizado e em que faixa granulométrica melhor se enquadra, face ao seu formato e dureza, objetivando operar-se posteriormente quando adicionados de pasta de cimento com a menor quantidade de água possível e obter-se uma argamassa sem espaços vazios em sua estrutura, fazendo com que o cimento atue apenas como aglutinante, evitando-se assim locais preenchidos por pasta de cimento.

Com isso os esforços solicitantes são transmitidos diretamente aos agregados, que entre si, devidamente ancorados melhor os absorvem.

Face aos agregados duros e a isenção de espaços vazios obtêm-se homogeneidade superficial de dureza, característica difícil de ser obtida em concretos comuns e que evita a ocorrência de danos por interferências externas.

Dos agregados disponíveis no mercado, os mais utilizados são os confeccionados com misturas de materiais rochosos e metálicos.

Dentre os componentes rochosos poderíamos destacar os Basaltos e os Quartzos, como os mais indicados por serem materiais duros, resistentes a impactos e de baixa porosidade e absorção. O componente metálico mais versátil, não só por sua dureza como também pela sua estabilidade em relação a presença de água e umidade é o Oxido de Alumínio, porquanto não sofre oxidação, o que amplia seu campo de aplicação.

Com relação a forma geométrica dos componentes, os arredondados apresentam menor índice de vazios que os de forma angulosa, isso permite diminuir-se percentualmente a parte fina, propiciando também a utilização de menor quantidade de água, portanto, teremos boa trabalhabilidade com pouca água.

Entretanto, a aderência de materiais angulosos é maior do que os materiais arredondados, embora sua trabalhabilidade seja pior e demande maior quantidade de água, o que em se tratando de argamassas para pisos industriais deve ser evitado.

A proposição adotada, face a esse problema e que melhores resultados apresentou foi a mistura dos dois tipos, onde temos o material anguloso travando o material arredondado, obtendo-se assim a possibilidade de argamassas plásticas com pouca água de amassamento e com excelentes resistências mecânicas.

Pronta a mistura os agregados são embalados, sendo recomendável o uso de um padrão que facilite a dosagem com cimento na obra, porque residirá agora na perfeita adição de cimento e água grande parcela de responsabilidade para obtenção de bons resultados na elaboração do revestimento.

É usual alguns agregados serem fornecidos já misturados com cimento, porém, esta prática predispõe por problemas na estocagem do material a ocorrência de semi-hidratação do cimento (cimento ventado), que prejudicará sua atuação, conseqüentemente diminuindo as resistências finais do piso, além do que é mais seguro que o mesmo cimento usado na base seja usado na argamassa de revestimento, para evitar-se o eventual risco do surgimento de tensões diferentes durante a cura, notadamente nas primeiras horas.

5-A - ARGAMASSA DE ALTA RESISTÊNCIA APLICADA SOBRE CONCRETO FRESCO:

É um dos sistemas de aplicação de revestimentos de alta resistência muito utilizado e que apresenta os melhores resultados em áreas muito solicitadas.

Para sua execução é necessário que o concreto que será revestido tenha um teor de cimento da ordem de 350 KG por metro cúbico, para que não se criem tensões muito diferentes entre a laje e o revestimento.

Esse trabalho permite também a possibilidade de execução de placas maiores, porque o revestimento assim executado une-se perfeitamente ao concreto formando um único bloco; é necessário entretanto, que uma de suas dimensões seja inferior a 5 metros para que possa ser adensado com régua vibradora, condição fundamental para obtenção das resistências desejadas, sem que sejam criados desnivelamentos no revestimento acabado.

Cabe frisar, que em obras cujas restrições de nível sejam muito rígidas, é aconselhável trabalhar em placas menores.

A água do concreto também deverá ser a mínima necessária a hidratação do cimento, se possível Slump 3.

As juntas indicadas nesse sistema de aplicação são juntas secas, formadas pelas próprias placas que são executadas alternadamente, posteriormente desmoldadas e as primeiras servem como forma às últimas, ou ainda pode-se executar o piso em faixas também alternadas, ficando as juntas secas no sentido longitudinal e no sentido transversal executam-se juntas serradas à disco de diamante. Essas juntas são conhecidas também como enfraquecidas e devem ser serradas nas primeiras 24 horas após a aplicação do concreto e respectivo revestimento.

No preparo da argamassa de alta resistência a dosagem ideal de água está situada entre 15 e 17 litros por saco de cimento (fator A/C 0,3 a 0,34), obviamente dependendo das condições climáticas na época dos serviços, deve-se observar, entretanto, que água em excesso prejudicará a qualidade do revestimento.

O adensamento do revestimento, face a sua pequena espessura, 8 a 15 mm, deve ser feito com equipamento adequado, cuja frequência de vibração seja próxima a frequência da argamassa para não segregar o material, o que praticamente destruiria suas características principais.

A cura do piso deve ser feita colocando-se uma camada com 3 a 4 cm de espessura de areia úmida na superfície do revestimento, assim que este tenha condições de suportá-la sem ser danificado, o que geralmente ocorre cerca de 7 a 8 horas, após a aplicação.

Essa camada de areia deve permanecer sobre o piso constantemente umedecida, por aproximadamente uma semana.

Outros cuidados especiais também necessários são referentes a mudanças bruscas de temperatura, incidências de raios solares diretamente sobre o piso recém aplicado e a sua utilização prematura. É preciso lembrar que o prazo requerido para que o cimento atinja suas resistências de trabalho, são 28 dias.

Em pisos industriais esse prazo eventualmente pode ser abreviado, mas seria altamente danoso expor o revestimento a esforços antes de decorridos sete dias desde sua aplicação.

5 - B - ARGAMASSA DE ALTA RESISTÊNCIA APLICADA SOBRE CONCRETO ENDURECIDO:

Este processo, embora de fácil execução, possui alguns detalhes que se não forem observados causarão problemas muitas vezes difíceis de serem contornados.

A aplicação tem início no preparo da superfície da laje de concreto que deve ficar suficientemente irregular através de apicoamento; em se tratando de lajes novas o revestimento aplicado neste sistema só deve ser executado dez (10) dias após a concretagem. Havendo programação antecipada o concreto ao ser lançado pode ser rastelado superficialmente e assim elimina-se a necessidade de apicoamento do concreto após a cura, que é um trabalho mais difícil e demorado.

Estando o concreto com a textura superficial adequada, deve ser em seguida lavado e saturado de água.

Posteriormente, colocam-se juntas que podem ser de plásticos, com boa resistência a impactos, ferro, desde que tratadas contra oxidação, ou lã-tão.

Estas juntas afixadas com argamassa de cimento e areia diretamente sobre o concreto limitarão as dimensões dos painéis e servirão como gabarito para nivelamento do piso acabado. Deverão respeitar também as eventuais juntas de dilatação da laje de concreto, de forma a não impedir sua livre movimentação.

É muito importante que as juntas tenham espessuras reduzidas, para que fiquem menos expostas a impactos, que em geral não resistem.

A altura das juntas deve ser suficiente para conter as duas argamassas que serão colocadas superpostas simultaneamente, ou seja, a argamassa formada de cimento e areia média ou preferencialmente grossa, denominada argamassa de regularização, que é aplicada diretamente sobre a laje de concreto precedida de um chapisco, também de cimento e areia 1:1 bastan

te fluído e a argamassa de alta resistência traço 1:2 em peso, sendo que a argamassa de regularização deverá ter de 2 a 2,5 vezes a espessura da argamassa de acabamento.

A exemplo, podemos dizer que um revestimento de alta resistência com 8mm de espessura necessita de uma regularização com espessura média de 20 mm.

A argamassa de regularização atua não só como base para a alta resistência, como também, por ter um teor médio de cimento (traço 1:3 em volume); funciona como ponto de equilíbrio entre as diferentes tensões do concreto e do revestimento de alta resistência, desde que mantidas as espessuras e traços recomendados. Caso seja necessário que a regularização seja executada com espessura muito superior proporcionalmente a espessura do revestimento final, deverá ter seu traço modificado, passando de 1:3 cimento e areia em volume para 1:1,5 : 1,5 cimento/areia/brita zero, também em volume ou teremos perda de resistência a compressão.

A quantidade de água de amassamento, tanto para a argamassa de regularização como para a de alta resistência, deverão ser mantidas entre 15 e 17 litros por saco de cimento.

Ainda considerando os altos teores de cimento empregados, os paines deverão ser dimensionados com ambos os lados iguais ou melhor dizendo quadrados, para que as tensões sejam iguais nos dois sentidos; não é recomendável a adoção de placas com mais de 3,5 m de lado.

A inobservância do formato geométrico das placas, da limitação de seu tamanho e da proporcionabilidade das espessuras da regularização e da argamassa de alta resistência, provocam empenamento na placa com conseqüente desligamento da laje de concreto.

Placas empenadas ao serem solicitadas trincam com extrema facilidade, porque, perdendo o apoio da laje de concreto pelo espaço que é criado entre concreto e revestimento, não suportam sozinhas os esforços de compressão, que seriam transmitidos ao concreto.

Revestimento de alta resistência aplicados segundo este sistema, só devem ser executados em áreas cobertas e fechadas e mesmo assim deve-se tomar o máximo cuidado em locais próximos a portas ou outros que possam propiciar ocorrência de correntezas de ventos, que provoquem diferenças bruscas de temperaturas, nas primeiras horas que se seguem a aplicação.

A ocorrência de aberturas no telhado, mesmo quando fechadas com telhas transparentes ou Domos, devem ser evitadas.

Os raios solares que penetram por esses locais incidindo no piso recém aplicado favorecem ao aparecimento de micro fissuras que comprometem a resistência final do piso, nesses casos é recomendado o uso de anteparos durante a aplicação e nas primeiras 24 horas.

Caso seja requerida a execução de pisos sob este sistema em áreas expostas ao tempo, o recurso que melhores resultados oferece é a execução de coberturas provisórias que são utilizadas durante a aplicação e início de cura do revestimento, podendo serem removidas após as primeiras 24 horas da aplicação.

O ponto mais vulnerável e que obriga a todos esses cuidados, além do comportamento do cimento é o de ligação entre a argamassa do contrapiso e a laje de concreto já curada. O mecanismo que aí se desenvolve pode ser comparado com o que surge em juntas de concretagem, com a diferença que o revestimento tem pouca espessura e ainda diferentes traços e componentes.

Existem colas epóxicas que se prestam para favorecer esta aderência, entretanto, dificilmente são empregadas quando se trata de revestimentos em pisos.

A cura de pisos de alta resistência aplicados por este sistema também é executada em geral por areia úmida colocada sobre o revestimento acabado.

Pisos de alta resistência podem receber acabamentos diversos e, inclusive, serem coloridos, o que é feito adicionando-se pigmentos à argamassa durante sua mistura na betoneira. A dosagem do pigmento é feita em relação ao peso do cimento e não deve ser superior a 5% do peso do aglutinante. Quantidades superiores de pigmentos também reduzem as resistências finais.

Quanto aos acabamentos, o mais comum é o desempenado, obtido pelo alisamento superficial com desempenadeiras metálicas. Executam-se também diversos acabamentos com politrizes que podem dar maior ou menor desbaste à superfície.

Pode-se também executar o acabamento antiderrapante que é feito com a argamassa ainda mole, retirando-se a parte mais fina dos agregados superficialmente dispostos com a respectiva pasta de cimento, através de esponjas absorventes.

Este acabamento é muito adequado a áreas que posteriormente estarão constantemente molhadas, porque propiciarão maior segurança ao tráfego, mas

não deve ser destinada a locais onde haverá presença de graxa e óleos, porque serão difíceis de limpeza e a curto prazo se transformarão em pisos extremamente lisos pela impregnação e conseqüentemente muito perigosos ao tráfego de pessoas.

Todos os processos e sistemas de aplicação até aqui descritos, tem como finalidade principal melhorar as resistências mecânicas do concreto, notadamente a abrasão. Todavia, existem pisos industriais onde se apresentam ainda solicitações outras, das quais as mais comuns são as agressões químicas e a incidência de altas temperaturas.

6. RESISTÊNCIAS QUÍMICAS:

Grande parte das agressões químicas podem ser controladas por revestimentos epóxicos do tipo massa ou pintura, desde que não ocorram associadas a agressões mecânicas.

Quando em conjunto é usual a execução de uma argamassa onde são utilizados agregados de alta resistência aglutinados com resinas epóxicas. Os agregados adequados a essa finalidade e que resistem a maior parte dos agentes químicos são também os Quartzos e os Basaltos, que misturados e obedecendo a curva granulométrica de Fuller são adicionados de resina epóxica, proporcionando uma argamassa de excelentes resistências mecânicas e a uma vasta gama de agentes químicos.

7. RESISTÊNCIAS A VARIAÇÕES DE TEMPERATURAS:

Quanto a resistência a temperaturas, nas muito baixas, desde que em áreas secas os pisos de alta resistência elaborados com cimento comum, são suficientes.

Há em uso muitas câmaras frias executadas com pisos de alta resistência, operando a temperaturas de (-40°C) com resultados satisfatórios.

Em se tratando de temperaturas elevadas, os agregados de alta resistência podem ser utilizados aglutinados com cimentos aluminosos, também conhecidos como cimentos fundidos. Esse procedimento propiciará resistência a temperaturas de até 500°C.

Os cimentos aluminosos são elaborados a partir do calcário e da bauxita, sendo seus constituintes principais os aluminatos de cálcio. O aluminato monocalcico, contido em grandes proporções, confere ao cimento aluminoso um endurecimento rápido e não compatível inicialmente com o comportamento do cimento portland, motivo pelo qual é desaconselhável o uso destes ci -

mentos misturados.

O teor de alumina da ordem de 40% dá ao cimento aluminoso a propriedade de conservar suas resistências mecânicas, mesmo quando exposto a variações de temperatura e argamassas feitas com esse cimento tem dilatações e retrações pouco significativas.

O emprego desse cimento atualmente é muito pequeno, face a seu custo alto, por ser material importado.

Face a esse problema, sua utilização deve ser dimensionada estritamente a área de maior incidência de temperatura e o trabalho a í executado, desde a base, com a utilização deste cimento.

O cimento aluminoso apresenta também algumas resistências a agressões químicas superiores aos cimentos portland, entretanto, para essa finalidade as resinas epóxicas tem melhor performance.