

## ANÁLISE DA CONFORMIDADE DE PAVIMENTOS DE PEÇAS DE CONCRETO INTERTRAVADO EM FUNÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

Ana Beatriz Luna de Carvalho<sup>(1)</sup>, Alexandre Araújo Bertini<sup>(2)</sup>, José Ramalho Torres<sup>(3)</sup>,  
Aldo de Almeida Oliveira<sup>(4)</sup>

(1) UFC, email: an.abc@hotmail.com

(2) UFC, email: bertini@ufc.br

(3) NUTEC / IFCE, email: jramalho@secrel.com.br

(4) UFC, email:aldo@ufc.br

### **Resumo**

*Nos últimos anos temos presenciado uma grande alteração no cenário econômico Brasileiro. Com o crescimento econômico, vieram as grandes obras de infraestrutura, e o pavimento intertravado com peças de concreto tem sido uma alternativa para suprir tantas as urbanizações de grandes centros, como Recife e Fortaleza, como áreas de tráfego intenso como o Porto do Pecém, no Ceará. Existem dois processos de moldagem, o manual e o mecânico. No processo manual, o preenchimento dos moldes é feita de forma manual, em formas que podem ser de metal, PVC ou fibra de vidro, com concreto de consistência plástica, apresentando como resultado superfície lisa. No processo mecânico, a resistência e a durabilidade do piso são obtidas através de pressão e vibração dos equipamentos, o que garante o controle da homogeneidade das resistências mecânicas, texturas e dimensões. Este trabalho tem por objetivo, comparar os pisos intertravados moldados pelo processo manual e pelo processo mecânico com vibro prensas, com relação a resistência a compressão e desgaste por abrasão. Foram realizados ensaios em peças de concreto de 04 (quatro) fabricantes da cidade de Fortaleza, dois com processo manual e dois com vibro-prensas. Utilizou-se a norma da ABNT NBR 9780 para os ensaios de verificação a compressão e, na ausência de norma específica de abrasão para peças de concreto, foi utilizada a ABNT NBR 12042, que determina o desgaste por abrasão em materiais inorgânicos. Após análise dos resultados dos ensaios, pode-se verificar que as peças moldadas manualmente não atingem os critérios da norma brasileira, enquanto que as peças confeccionadas por vibro-prensa apresentam resultados satisfatórios. Este resultado, demonstrado através de ensaios, auxiliará o poder público na tomada de decisão no momento da elaboração de suas licitações, onde optará por sistemas de pavimentos que cumpram com os requisitos e critérios da norma brasileira.*

**Palavras-chaves:** Pavimento de concreto intertravado, pré-fabricado, conformidade.

### **Abstract**

*In the last years, we saw a great change in economic scenery in Brazil. With the economics growth, came the great construction in infrastructure, the pavement in concrete prefabricate (pavers) have been a solution to the big urban center, like Recife e Fortaleza, areas of intensive traffics, like Pecém harbor, in Ceará. To the pavers, there are two process of molding, the manual and with the mechanic. In the manual molding, the concrete is put in the mold with the employees, the form can be of metal, PVC or glass fiber, the concrete has a plastic consistent, result a smooth surface. In the mechanic process, resistance and durability of the pavers are obtained with machines that vibrate and press, in this case there are a guarantee of the homogeneity of the concrete, the high mechanic resistance. This article aims, compare pavers with manual molding and pavers with mechanic process, the concrete resistance, wear and friction. The pavers of four manufacture, in the city of Fortaleza, has*

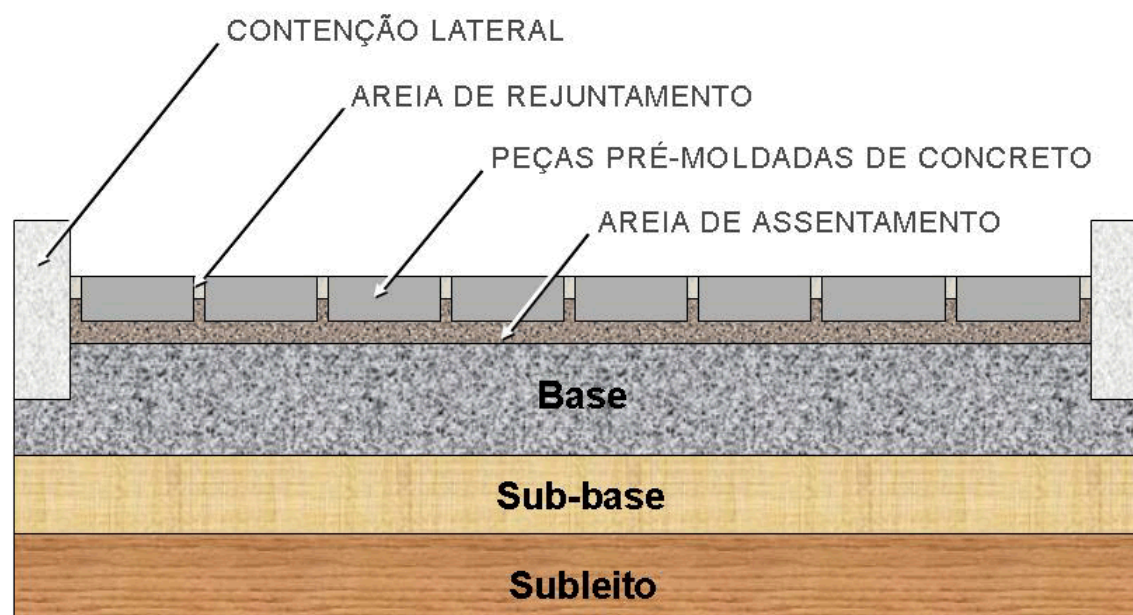
been testing. It was used the norm of ABNT 9780, about resistance of concrete of pavers, and ABNT NBR 12042, about wear and friction in inorganic material because there are no norm about wear and friction in pavers. After analysis of the results, the pavers with manual process do not reach the brazilian norm (ABNT), while the pavers in mechanics process has satisfactory results. This papers, will be help the government to decide which pavers they can buy in their construction.

**Keywords:** *pavement in concrete (pavers), prefabricated, conformity.*

## 1. INTRODUÇÃO

O pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada a resistir e distribuir esforços verticais oriundos do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, resistindo aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

Figura 1 – Estrutura do Pavimento Intertravado



Fonte: (Godinho, 2009)

A partir da década de 80, com uma maior facilidade de importação, as máquinas vibroprensas que produzem pisos intertravados, entraram em larga escala no mercado brasileiro. Neste cenário favorável, a pavimentação com peças de concreto começou a ter um perfil determinante na pavimentação de grandes obras, como a urbanização do centro de Blumenau – SC, o Porto do Pecém no Ceará e a urbanização no Centro histórico em Recife.

Podemos citar como maiores vantagens:

- Desforma rápida;
- Regularidade das dimensões geométricas;
- Melhor aspecto visual por meio da textura;
- Produção de traços que atendem com regularidade as especificações de resistência e aparência exigidas em projeto;
- Produção em alta escala;

- Redução do tempo de cura devido à possibilidade de uso da cura a vapor;
- Transporte eficiente e sem perdas, devido à paletização mecanizada;
- Aumento de resistência;
- Redução da absorção de água;
- Diversificação de formas, possibilitando sincronia entre projeto arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico;
- Controle de qualidade in loco nas fábricas ou assessorados por laboratórios de estudo e pesquisa.
- Fácil execução, e manutenção.

Todas as vantagens verificadas devem-se em grande parte aos maquinários eficientes e profissionais treinados para operá-las.

Contraopondo às empresas que trabalham com vibroprensas, encontram-se as empresas que trabalham com formas manuais, utilizando mesas vibratórias, com concretos fabricados em betoneiras estacionárias, sem controles tecnológicos rígidos, tendo como característica a superfície de rolamento lisa. Estes recebem a denominação de “pisos dormidos” por permanecerem na fôrma por pelo menos 24 horas.

Este trabalho consiste em analisar os pisos intertravados de concreto produzidos em vibroprensas e por moldagem manual (“pisos dormidos”), através de ensaios de resistência a compressão, absorção de água e desgaste por abrasão.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os pisos intertravados para pavimentação, devido a desforma rápida, necessitam de um concreto de consistência superior aos concretos plásticos, com uma menor quantidade de água (MARCHAND, 1996). Este tipo de concreto possui abatimento de tronco de cone igual a zero, ou seja, sem trabalhabilidade, ou também, concreto de consistência de terra úmida.

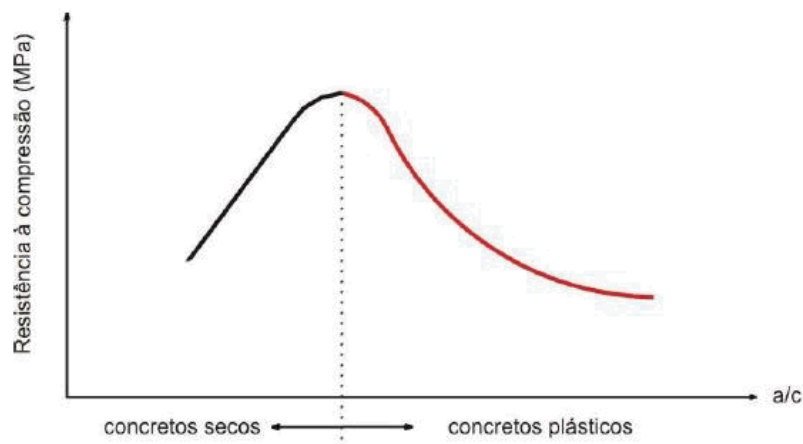
Para esse concreto, existe a necessidade do emprego de equipamentos especiais de adensamento, responsáveis por dois efeitos simultâneos: vibração e compressão (OLIVEIRA, 1993).

DAFICO (1997) explica que o parâmetro mais importante numa dosagem de concreto plástico é a relação água/cimento (a/c). É também esta relação que justifica em maior parte a resistência dos concretos convencionais. Pode-se dizer que para uma mesma trabalhabilidade, quanto menor a relação a/c mais resistente é o concreto plástico, como pode ser observado na Figura 2.

No caso dos concretos secos, a água, quando adicionada em quantidades maiores, dentro de determinados limites, pode, muitas vezes, apresentar efeito oposto a dos concretos plásticos. Maiores proporções de água na mistura proporciona a redução do esborramento, assim como, aumento de coesão, aumento da massa específica e conseqüentemente, da resistência (CARVALHO, 1993).

Entretanto, esta água não deve ser empregada a ponto de causar aderência às formas e dificuldades de alimentação na máquina vibro-prensa (CARVALHO, 1993).

Figura 2 – Resistência à compressão do concreto seco e plástico em função da relação a/c



Fonte: (Oliveira, 2003)

Entretanto, maiores quantidades de água, dentro da possibilidade de fabricação dos pisos intertravados de concreto, não significa maiores resistências, geralmente a umidade ótima responsável pela maior resistência se situa um pouco antes do limite operacional de uma máquina vibroprensas. Para concretos com e sem uso de aditivos, este ponto situa-se respectivamente por volta de 6% e 7%.

### 3. METODOLOGIA

Para Sabatini (1989), “uma metodologia de pesquisa é um conjunto de preceitos de como conduzir uma investigação em um determinado campo do conhecimento. Uma metodologia tem por objetivos: direcionar a pesquisa de modo a obterem-se produtos coerentes com os princípios gerais pré-estabelecidos e orientar o pesquisador no processo decisório e na seleção dos fatores que importam.”.

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa experimental, onde houve um alto nível de controle da situação, pois pode-se isolar o experimento de qualquer interferência com o meio exterior, gerando maior confiabilidade em seus resultados.

A característica principal da pesquisa experimental é o fato das variáveis serem manipuladas pelo pesquisador, assim equívocos e ambiguidades praticamente desaparecem.

Outra vantagem da pesquisa experimental é que ela pode ser repetidamente testada e sempre com o mesmo (ou semelhante) resultado, ficando difícil surgirem respostas alternativas.

Os ensaios foram realizados no laboratório do NUTEC (Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará) em Fortaleza - Ceará

Foram coletadas amostras de 04 (quatro) fabricantes de pisos de concreto intertravados da cidade de Fortaleza, todos com a mesmas características e espessura de 8 cm.

Os fabricantes A e B produzem as peças manualmente, utilizando formas de plástico e PVC. O concreto utilizado é produzido em betoneiras estacionárias, onde apenas o cimento é medido em peso, os demais componentes (areia e brita) são medidos em volume através de padiolas. A água é adicionada sem critérios específicos. As peças permanecem nas formas por aproximadamente 24 horas, sem nenhum procedimento especial de cura, quando são desformadas e estocadas para serem transportadas.

Os fornecedores C e D trabalham com máquinas vibroprensas, de desforma imediata. As vibroprensas permitem que as formas tenham paralelismo, garantindo um intertravamento

entre elas, quando do seu assentamento. O concreto é feito em central, onde todos os insumos são pesados e a água é adicionada eletronicamente. Após a desforma, as peças irão para câmaras de cura, por onde ficam por pelo menos 24 horas, quando irão para um pátio de estocagem, permanecendo neste pátio por 7 dias, onde terminará o processo de cura e serão paletizadas e transportadas.

Figura 3 – Fornecedores A,B,C e D



Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

A NBR 9781, fixa as condições de aceitação das peças de concreto para pavimentação, estabelecendo que deverão ter formato geométrico regular, com comprimento máximo de 400mm, largura mínima de 100mm e altura mínima de 60mm, faces paralelas entre si, e perpendiculares aos planos de topo e base. Os lotes para ensaios deverão ter no máximo 1600 m<sup>2</sup> e terem as mesmas características. Deverão ser rompidos no mínimo 6 peças por lote de 300 m<sup>2</sup>, as resistências mínimas características são 35MPa , para veículos comerciais de linha e 50MPa para veículos especiais e tráfego pesado.

Figura 4 – Ensaio NBR 9781



Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

Figura 5 – Equipamento para ensaio NBR 9781



Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

Na ausência de norma específica para absorção de água para pisos intertravados de concreto, utilizou-se a NBR 9778/2006, Argamassa e concretos endurecidos – Determinação do índice de absorção de água, índice de vazios e massa específica. A absorção de água por imersão é o processo pelo qual a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso, é também o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação a sua massa em estado seco.

O índice de vazios é a relação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra. A massa específica real é a relação entre a massa do material seco e o seu volume, excluindo os vazios.

Os ensaios de abrasão foram realizados através da ABNT NBR 12042/1992, Materiais Inorgânicos- determinação do desgaste por abrasão. O desgaste do corpo-de-prova deve se dar através do atrito entre a superfície do corpo de prova de um anel de ferro fundido, que é continuamente abastecido com um material abrasivo (Figura 6). O desgaste por abrasão é determinado pela perda de espessura do corpo-de-prova.

Figura 6 – Ensaio de desgaste por abrasão ABNT NBR 12042



Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste trabalho, foram ensaiados 12 peças de cada fornecedor, conforme a ABNT NBR 9780, para determinar a resistência à compressão. Os resultados estão na tabela 1.

Tabela 1 – Resistência a compressão- NBR 9781

FABRICANTE	Nº	DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA (mm)			IDADE (dias)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA DE RUPTURA (kgf)	LIMITES DE RESISTÊNCIA (MPa)	RESIST. CARACTERÍSTICA (MPa)
A	1	239	79	111	28	6.362	16.850	25,5	
A	2	239	79	111	28	6.362	16.041	25,2	
A	3	241	77	111	28	6.362	16.147	25,4	
A	4	242	77	110	28	6.362	16.041	25,2	
A	5	240	78	105	28	6.362	15.917	25,0	
A	6	240	77	111	28	6.362	15.778	24,8	
A	7	241	78	108	28	6.362	12.156	19,1	21,70
A	8	242	77	105	28	6.362	13.359	21,0	
A	9	240	77	107	28	6.362	15.197	23,9	
A	10	238	79	111	28	6.362	18.273	28,7	
A	11	247	78	111	28	6.362	17.790	28,0	
A	12	246	77	102	28	6.362	13.234	20,8	
B	1	237	78	104	28	6.362	6.437	10,1	11,00
B	2	238	79	105	28	6.362	8.845	13,9	

Continuação tabela 2

B	3	237	78	102	28	6.362	7.664	12,0	
B	4	238	79	103	28	6.362	6.836	10,7	
B	5	237	80	105	28	6.362	6.418	10,1	
B	6	238	80	105	28	6.362	6.772	10,6	
B	7	238	78	105	28	6.362	11.172	17,6	
B	8	239	79	103	28	6.362	8.531	13,4	
B	9	238	78	105	28	6.362	9.698	15,2	
B	10	238	79	105	28	6.362	10.523	16,5	
B	11	239	80	104	28	6.362	9.711	15,3	
B	12	239	80	105	28	6.362	8.724	13,7	
C	1	238	78	111	28	6.362	23.900	37,6	
C	2	242	78	111	28	6.362	27.513	43,2	
C	3	242	79	105	28	6.362	23.558	37,0	
C	4	243	79	111	28	6.362	26.167	41,1	
C	5	240	78	110	28	6.362	30.666	48,2	
C	6	238	78	109	28	6.362	29.716	46,7	39,70
C	7	237	77	111	28	6.362	29.940	47,1	
C	8	241	79	110	28	6.362	26.931	42,3	
C	9	240	77	111	28	6.362	29.943	47,1	
C	10	241	78	111	28	6.362	25.691	40,4	
C	11	240	79	112	28	6.362	25.756	40,5	
C	12	241	80	105	28	6.362	28.540	44,9	
D	1	245	78	105	28	6.362	27.233	42,8	
D	2	245	78	110	28	6.362	28.965	45,5	
D	3	245	79	110	28	6.362	33.173	52,1	
D	4	245	79	105	28	6.362	30.420	47,8	
D	5	243	80	110	28	6.362	34.142	53,7	
D	6	245	80	110	28	6.362	34.675	54,5	
D	7	245	78	110	28	6.362	30.963	48,7	47,10
D	8	242	78	109	28	6.362	33.112	52,0	
D	9	245	79	108	28	6.362	35.193	55,3	
D	10	245	79	110	28	6.362	33.464	52,6	
D	11	245	80	108	28	6.362	35.323	55,5	
D	12	245	80	109	28	6.362	30.602	48,1	

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

A tabela 2 apresenta os índices de absorção de água obtidos nos ensaios. A norma determina que sejam retiradas pelo menos duas amostras para ensaio. Neste trabalho, ensaiou-se três peças de cada fornecedor, no intuito de obter-se uma amostra com maior representatividade

Tabela 2 – Índice de absorção de água

Fornecedor	Amostra	Massa Saturada	Massa Seca(kg)	Absorção Individual(%)	Média
A	1	4240,0	3.965,0	6,9	
A	2	4284,0	3.982,0	7,6	7,5
A	3	4201,0	3.913,0	7,4	
B	1	4362,0	4.102,0	6,3	
B	2	4.178,0	3.861,0	8,2	9,4
B	3	4.003,0	3.618,0	10,6	
C	1	4.353,0	4.106,0	6,0	
C	2	4.653,0	4.391,0	6,0	6,5
C	3	4.437,0	4.143,0	7,1	

Continuação tabela 2					
D	1	4633,0	4496,0	3,0	
D	2	4524,0	4314,0	4,9	4.1
D	3	4598,0	4453,0	3,4	

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

Nos ensaios de desgaste por abrasão, foram moldados 04 peças de cada fabricante, cada amostra com 7 cm x 7 cm x 6 cm. Utilizando o equipamento mostrado na Figura 6, realizou-se o ensaio, onde o corpo de prova percorre uma trajetória inicial de 500 m, onde há uma primeira medição de desgaste. Na segunda medição o corpo de prova percorre 1000 m. O desgaste final será a média das medições dos 1000 m, conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Índice de absorção de água

FABRICANTE	500M	1000M	MÉDIA GERAL	MOLDAGEM MANUAL	MOLDAGEM VIBRO PRENSA
A	2,3	3,54	3,25		
A	2,3	3,3	3,25		
A	1,9	3	3,25		
A	2,01	3,06	3,25		
B	2,12	3,92	3,3	3,25	
B	1,81	3,11	3,3		
B	2,37	3,74	3,3		
B	1,64	2,42	3,3		
C	1,69	2,9	2,53		
C	1,35	2,33	2,53		
C	1,4	2,51	2,53		
C	1,23	2,39	2,53		
D	0,63	1,47	1,38		1,95
D	0,47	1,34	1,38		
D	0,57	1,39	1,38		
D	0,54	1,35	1,38		

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2012)

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os fabricantes A e B, que produzem pisos através da moldagem manual, apresentaram resistência à compressão das peças abaixo dos especificados em norma.

Nos pisos intertravados fabricados por C e D, que trabalham com vibro prensas, o valor característico da resistência à compressão, para ambos os casos foi superior ao especificado para veículos leves. Esse valor característico da resistência à compressão ( $f_{pk}$ ) é obtido através da expressão  $f_{pk} = f_p - t \cdot s$ . Onde  $f_p$  é a média das amostras,  $t$  é coeficiente de Student (no caso igual a 0,876 que corresponde a 12 amostras) e  $s$  é o desvio padrão da amostra.

Quanto a absorção de água, os fabricantes A e B tiveram em média um concreto com 40% maior de absorção de água, que os fabricantes C e D. Com relação ao desgaste por abrasão, os fabricantes de pisos com vibro prensas tiveram um desgaste 40% menor, que as peças ensaiadas pelos fabricantes A e B, produzidas pela moldagem manual.



## 6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que, peças de concreto moldadas manualmente, não atingem os valores exigidos quanto à resistência a compressão, conseqüentemente, não devem ser aceitas para execução de pavimentos para tráfego de quaisquer veículos. A absorção e o desgaste por abrasão podem ser associados à durabilidade das peças. Dessa forma é razoável admitir que as peças fabricadas manualmente devem apresentar durabilidade inferior a das peças feitas através de vibroprensas.

Quanto aos pisos intertravados, fabricados em vibroprensas, possuem resistência a compressão acima das especificadas para tráfego de veículos leves. O produto de um dos fabricantes dessa última categoria apresenta resistência característica bem próxima daquela exigida para grandes solicitações de tráfego como portos e aeroportos, necessitando portanto um pequena melhora na produção de suas peças para atingir o desempenho esperado para essa situação.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, J.V.; KATTAR, J. E. **Piso intertravado de concreto: Produção e utilização**. 2000. Holdercim, São Paulo.
- ARY JR, I.J.; **Pavimento intertravado como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas- Estudo de caso Guaiúba**. 2007. Tese (doutorado) Universidade Federal do Ceará
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 9780/1987**- Peças de concreto para pavimentação, determinação da resistência a compressão – método de ensaio
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 9781/1987**- Peças de concreto para pavimentação, especificação.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 15953/2011**,- Pavimento intertravado com peças de concreto- Execução.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 12042/1992**, -Materiais inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão.
- CARVALHO, M, D. **Estudo Técnico. Pavimentação com Placas Prémoldadas de Concreto**. Associação Brasileira do Cimento Portland, ABCP, 1998. São Paulo – SP.
- GODINHO, P.D. **Pavimento intertravado :uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade**, 2009. Universidade Federal de Minas Gerais,.
- HALLACK, A. **Pavimento Intertravado: Uma solução universal**, Revista Prisma. 2001. PINTO, I.E. **Pavimentos Rodoviário: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Copiart. Rio de Janeiro, 2002..
- HALLACK, A. **Dimensionamento de Pavimentos com revestimento de peças pre-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais**, 1998. Tese, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
- HELENE, P.L. ; TERZIAN, P.; **Manual de dosagem e controle de concreto**, 1993. Editora PINI
- MARCHAND, J. PIGEON, M., J. BOISVERT; L., TREMBLEY; S. MALTAIS; J. **Air Entrainment in no-slump mixes**. Concreto International , 1998.
- MULLER, R.M.; MOTA, L. M. **Pavimentos intertravados de blocos de concreto: instrumentação e avaliação de um painel experimental**. 2004. 35 Reunião anual de pavimentação, Rio de Janeiro
- OLIVEIRA, A.L.; ANSELMO JR., A.; PRUDÊNCIO, L.R. **Influência da alteração de geometria de blocos de concreto de priamas de alvenaria**, 2003. XII International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries.
- PIOROTTI, J.L., 1989. **Pavimentação intertravada**, Rio de Janeiro.
- SABBATINI; F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – Formulação e aplicação de uma metodologia**, Politécnica da Universidade de São Paulo , tese (doutorado), 1989.