

Comparação de Métodos de Dosagem na Fabricação de Blocos de Concreto Intertravados

Vinícius de Santi Phelipe Nunes¹, Giovana de Santi Phelipe Nunes²

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Presidente Prudente – SP – Brasil

²Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – Universidade Estadual de Londrina (UEL) – Londrina – PR – Brasil

vinicius.santi@unesp.br, giovana.santi.nunes@uel.br

Resumo. *Blocos de concreto intertravados são usados na pavimentação urbana e podem ser produzidos de forma manual ou mecanizada. Este estudo avaliou duas dosagens comerciais com diferentes proporções de agregados e tipos de cimento (CP V-ARI e CP II), analisando desempenho mecânico e viabilidade econômica. Foram realizados ensaios de compressão, absorção de água e estimativas de custo por metro quadrado. A dosagem com CP V-ARI apresentou maior resistência e menor porosidade, atendendo à NBR 9781 (2013), enquanto a com CP II, apesar do menor custo, não atingiu os critérios técnicos. Os resultados destacam a importância de uma dosagem adequada, especialmente em produções artesanais com menor controle de qualidade.*

Abstract. *Interlocking concrete blocks are used in urban paving and can be produced either manually or by mechanized processes. This study evaluated two commercial mix designs with different aggregate proportions and cement types (CP V-ARI and CP II), analyzing mechanical performance and economic feasibility. Compression strength tests, water absorption tests, and cost estimates per square meter were conducted. The mix using CP V-ARI showed higher strength and lower porosity, meeting the requirements of NBR 9781 (2013), while the CP II mix, despite being more cost-effective, did not meet the technical criteria. The results highlight the importance of proper mix design, especially in artisanal production where quality control is more limited.*

1. Introdução

O concreto é, atualmente, o principal material aglomerante empregado na construção civil, sendo composto por cimento, água, agregados e aditivos (Alves *et al.*, 2019). Um dos elementos derivados dessa combinação são os blocos de concreto utilizados em pavimentos intertravados, popularmente conhecidos como pavers. Esses pavimentos consistem em peças pré-moldadas que, ao serem assentadas sobre uma camada de areia e confinadas lateralmente, garantem estabilidade por meio do intertravamento, resistindo a esforços de deslocamento vertical, horizontal e rotacional (Brito, 2013). Além da camada de areia, o sistema estrutural do pavimento intertravado é composto por outras camadas de apoio, como base, sub-base (quando necessária) e subleito. Essas camadas são geralmente contidas por elementos como sarjetas ou guias de concreto moldadas in loco (Matos, 2019).

No Brasil, a produção e a aplicação de pavimentos intertravados são regidas pelas normas NBR 9781 (2013) e NBR 15953 (2011). A NBR 9781 (2013) estabelece critérios de aceitação relacionados à resistência à compressão e à absorção de água, além de limitar dimensões e tolerâncias das peças, recomendando espessuras mínimas conforme o tipo de tráfego: 6 cm para uso leve, 8 cm para tráfego de veículos comerciais e 10 cm em situações especiais (Serafim, 2010).

Do ponto de vista produtivo, existem duas abordagens principais para a moldagem dos blocos: o processo industrial, que utiliza vibroprensas para compactação eficiente e produção em larga escala (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2010); e o processo artesanal, no qual o concreto é moldado manualmente sobre mesas vibratórias, resultando em um ritmo mais lento de produção e, potencialmente, menor uniformidade nas peças (Tripathy *et al.*, 2023).

A simplicidade do processo artesanal possibilita sua aplicação em pequenos empreendimentos e comunidades com recursos limitados, favorecendo a popularização dos blocos intertravados em obras como calçadas, estacionamentos, ciclovias e praças (Costa; Gumieri; Brandão, 2014). Além disso, esse tipo de pavimento colabora com a industrialização da construção civil, promovendo soluções mais sustentáveis e modulares (Agrawal *et al.*, 2023). No entanto, a ausência de equipamentos industriais obriga muitos fabricantes a recorrer ao método manual, o que pode comprometer a qualidade das peças produzidas caso a dosagem do concreto não seja rigorosamente controlada (Tetracon, 2022). Assim, a busca por formulações eficientes e acessíveis é essencial para garantir a conformidade com as normas e evitar perdas econômicas (Grassin, 2023).

Embora diversos estudos abordem os processos industriais e suas dosagens para blocos intertravados, há uma lacuna significativa na literatura relacionada à avaliação técnica e econômica das dosagens artesanais aplicadas em contextos de baixa mecanização. Em particular, faltam análises integradas que relacionem o desempenho mecânico e físico dos blocos com a viabilidade econômica da produção artesanal em diferentes regiões do Brasil.

Neste estudo, foram analisadas duas dosagens de concreto artesanal comumente utilizadas na produção de blocos intertravados, com o objetivo de avaliar sua viabilidade técnica e econômica. Inicialmente, realizaram-se ensaios de caracterização dos agregados, a fim de compreender as propriedades dos materiais empregados em cada traço. Em seguida, os pavers produzidos com essas dosagens foram submetidos a ensaios de resistência à compressão, absorção de água e determinação da densidade, conforme normas técnicas aplicáveis. Além dos aspectos técnicos, foi conduzido um levantamento de custos de produção, considerando diferentes regiões do Brasil. A análise integrada desses dados busca identificar alternativas que tornem a produção artesanal de pavers mais eficiente e compatível com os requisitos normativos, mesmo em contextos com baixa mecanização.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

2.1.1. Cimento

Para a fabricação de dois diferentes traços, foram utilizados o cimento CPII-E-32 e o cimento CPV-ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), ambos da marca Votorantim Cimentos, atendendo as exigências normativas da NBR 16697 (2018) (Cimento Portland – Requisitos). A Tabela 1 apresenta as propriedades dos materiais fornecidas pelo fabricante.

Tabela 1. Propriedades dos cimentos CP II e CP V (Votorantim Cimentos, 2025)

Ensaios Físicos				
Ensaios	Requisito	CP V	CP II	
Expansibilidade a quente (mm)	≤ 5	0	0	
Tempo de início de pega (h:min)	≥ 60	144	242	
Tempo de fim de pega (h:min)	≤ 600	211	300	
Finura na peneira # 200 (%)	$\leq 6,0$	0	0,07	
Resistência à compressão 1 dia (MPa)	≥ 14	26,8	-	
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	$\geq 24,0$	39,7	37,8	
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	$\geq 34,0$	42,9	42,3	
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	-	52,6	52	
Massa Específica (g/cm ³)	-	3,08	3,03	
Ensaios Químicos				
Perda ao fogo (%)	$\leq 6,5$	3,32	3,9	
Resíduo insolúvel (%)	$\leq 3,5$	1,03	1,29	
Trióxido de enxofre - SO ₃ (%)	$\leq 4,5$	3,02	3,47	
Óxido de magnésio - MgO (%)	$\leq 6,5$	2,13	4,76	

2.1.2. Agregados

A areia média de quartzo foi utilizada como agregado miúdo, de acordo com os limites estabelecidos pela NBR 7211 (2022). Como agregado graúdo, foi utilizado a brita 0, com dimensão máxima de 9,5 mm, seguindo os critérios normativos da NBR 7211 (2022).

2.1.3. Água

A água utilizada na preparação do concreto foi proveniente do sistema de abastecimento público da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Destinada ao consumo humano, essa água atende aos requisitos da NBR 15900-1 (2009), sendo, portanto, adequada para uso na mistura do concreto.

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterização dos agregados

Os agregados utilizados na fabricação dos blocos intertravados foram submetidos a ensaios laboratoriais para caracterização física. A análise granulométrica da areia e da brita foi realizada conforme as diretrizes estabelecidas pela NBR 17054/2022, possibilitando a determinação do diâmetro máximo, do módulo de finura e da curva granulométrica da areia. A densidade dos materiais foi obtida segundo os procedimentos normativos da NBR 16916 (2021) para areia e NBR 16917 (2021) para brita. Já a massa unitária dos agregados foi determinada de acordo com a metodologia descrita na NBR 16972 (2021).

2.2.2. Determinação dos traços

Com base em uma pesquisa realizada junto a diversas indústrias fabricantes de blocos intertravados, identificaram-se duas dosagens como as mais comumente utilizadas na produção artesanal de pavers. Essas formulações, em volume, apresentadas na Tabela 2, diferenciam-se principalmente pelo tipo de cimento empregado — sendo uma com cimento CP V-ARI e outra com cimento CP II — além das proporções de agregados. Apesar dessas variações, ambas mantêm a mesma relação água/cimento, fixada em 0,68.

Tabela 2. Traços utilizados em volume

Nomenclatura	Dosagem	Materiais
CP1	1 : 2 : 3 : 0,68	Cimento CPV-ARI : Areia média : Brita 0 : Água
CP2	1 : 2,3 : 2,6 : 0,68	Cimento CP-II : Areia média : Brita 0 : Água

2.2.3. Fabricação dos Blocos

Todos os corpos de prova foram confeccionados por meio do processo de moldagem artesanal. Com base nas proporções indicadas na Tabela 2, os materiais foram inicialmente homogeneizados em betoneira e, em seguida, vertidos em fôrmas de PVC. A compactação foi realizada em mesa vibratória, aplicando-se o mesmo tempo de vibração para todas as amostras, com o objetivo de garantir a uniformidade e evitar a formação de bolhas de ar no interior dos blocos.

Após um período inicial de cura de três dias, os blocos foram desenformados e armazenados em ambiente seco e ventilado, protegido da incidência direta de luz solar e de intempéries, até o atingimento dos prazos previstos para os ensaios. No total, foram produzidos 78 blocos intertravados, sendo 39 unidades para cada traço estudado. As dimensões de cada bloco foram de 20 cm de comprimento, 10 cm de largura e 6 cm de espessura.

2.2.4. Resistência à Compressão Mecânica

O ensaio de resistência à compressão mecânica foi realizado conforme os procedimentos estabelecidos pela NBR 9781 (2013). Os blocos foram previamente saturados em água à temperatura de (23 ± 5) °C por, no mínimo, 24 horas antes da execução do ensaio. Em seguida, utilizando a prensa EMIC CCE 1MN, foi aplicada uma carga axial crescente e contínua à razão de 550 N/s até a ruptura das amostras.

Os ensaios foram conduzidos aos 7, 14, 21, 28 e 90 dias de cura, com seis corpos de prova para cada traço em cada idade. A resistência à compressão (MPa) foi calculada dividindo-se a carga de ruptura (N) pela área da face do bloco (mm^2), sendo o resultado corrigido pelo fator p (0,95), conforme exigido pela norma, em função da altura da peça.

2.2.5. Absorção de água

A absorção de água dos blocos intertravados foi determinada conforme os critérios estabelecidos pela NBR 9781 (2013), utilizando-se a Equação 1:

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} * 100 \quad (1)$$

Em que A é absorção de água em porcentagem (%); M_1 é a massa seca em estufa (kg); e M_2 é a massa saturada (kg).

Os ensaios foram realizados aos 21, 28 e 90 dias de cura, com três corpos de prova para cada traço em cada idade. Inicialmente, os blocos foram imersos em água por um período mínimo de 24 horas. Após esse tempo, a massa de cada corpo de prova foi determinada em intervalos de 2 horas, repetindo-se o procedimento até que duas pesagens consecutivas apresentassem variação inferior a 0,5% em relação ao valor anterior, caracterizando a condição de saturação. Concluída essa etapa, os corpos de prova foram levados à estufa com temperatura controlada de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, onde permaneceram por 24 horas. A massa seca foi então aferida, sendo também submetida a verificações periódicas a cada 2 horas, conforme o mesmo critério adotado para a massa saturada, até atingir estabilidade.

2.2.6. Densidade

A densidade de cada um dos blocos intertravados de concreto, para ambas as dosagens, foi determinada dividindo-se a massa do bloco seco (kg) pelo seu volume (m^3). O valor final foi determinado através da média de cada resultado individual obtido. O ensaio foi realizado com 21, 28 e 90 dias de cura.

2.2.7. Comparativo Financeiro

Foi realizada uma pesquisa de preços por meio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal (2025), com a consulta dos valores dos insumos em todos os estados brasileiros, referente ao mês de junho de 2025. No entanto, o cimento do tipo CP V-ARI não está incluído nas tabelas disponibilizadas pelo sistema. Diante disso, seu valor unitário foi obtido por meio de levantamento em estabelecimentos comerciais especializados na venda de materiais de construção.

Com os dados de custo obtidos para cada estado, foram calculados os custos financeiros relativos a cada dosagem, permitindo a posterior comparação entre os resultados. Para fins de análise, considerou-se uma base de consumo equivalente a um saco de cimento, ou seja, 50 kg.

Os valores dos agregados, originalmente expressos em m^3 , foram convertidos para kg por meio da divisão pelo valor da massa unitária de cada material. Em seguida, os custos dos agregados foram multiplicados pela massa utilizada em cada traço. Para o traço CP1, foram considerados 100 kg de areia média e 150 kg de brita 0. Já para o traço CP2, as proporções utilizadas foram de 114,5 kg de areia média e 128,5 kg de brita 0. O custo

da água não foi incluído na análise, por representar impacto financeiro irrelevante na composição final.

3. Resultados

3.1. Caracterização dos agregados

Os agregados utilizados na produção dos blocos intertravados foram submetidos a ensaios de caracterização em laboratório, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização dos agregados

Materiais	Diâmetro Máximo (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica na Condição Seca (g/cm ³)	Massa Específica na Condição Saturada (g/cm ³)	Massa Unitária (kg/m ³)
Areia	2,38	2,60	2,51	2,53	1396,27
Brita 0	9,50	5,06	2,67	2,69	1657,32

O agregado miúdo apresentou diâmetro máximo de 2,38 mm e módulo de finura igual a 2,6, característica que favorece o preenchimento dos vazios entre os grãos no interior da matriz cimentícia, contribuindo para a compacidade do concreto (Dhir et al., 2017). O agregado graúdo apresentou diâmetro máximo de 9,5 mm e massa específica de 2,67 g/cm³ na condição seca e 2,69 g/cm³ na condição saturada. Esses valores elevados indicam uma composição densa, o que tende a melhorar o desempenho mecânico do concreto, especialmente em relação à resistência à compressão (Limantara et al., 2018).

Adicionalmente, os valores de massa unitária obtidos indicam boa compacidade e adequada distribuição granulométrica dos agregados (Rahman e Ullah, 2018), o que favorece a formação de blocos com maior densidade e, consequentemente, melhor durabilidade e desempenho ao longo do tempo (Cabral, 2007).

3.2. Fabricação dos blocos

A Figura 1 apresenta o processo de fabricação dos blocos de concreto intertravado, despejados em fôrmas de PVC e vibrados. Através das Figura 2a e b possível observar um comparativo visual entre ambos os traços, com os blocos já curados. O CP1 (esquerda) é semelhante ao CP2 (direita), de forma que não fosse possível distinguir visualmente cada traço e o tipo de cimento correspondente.



Figura 1. Produção dos blocos de concreto intertravados

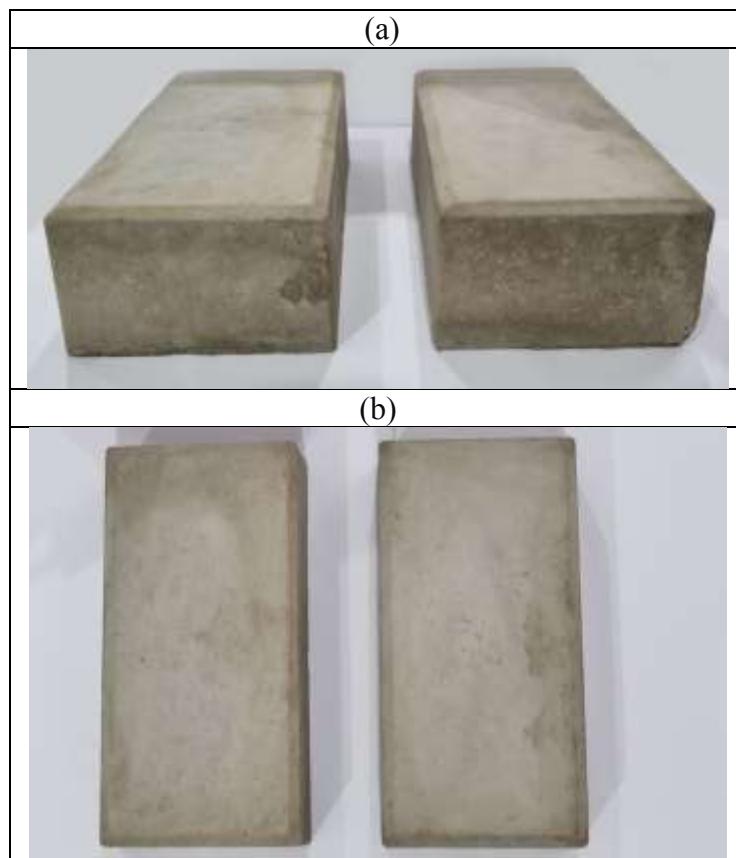


Figura 2. Comparação visual

3.3. Resistência a compressão mecânica

A resistência à compressão dos pavers em ambos os traços ao longo de cinco diferentes períodos de cura é mostrada na Figura 3. Verifica-se que o traço CP1 apresentou desempenho superior desde os primeiros dias de cura, atingindo uma resistência à compressão de $34,18 \pm 2,23$ MPa aos 7 dias, enquanto o traço CP2 alcançou apenas $12,94 \pm 1,30$ MPa no mesmo período. Esse resultado representa um incremento de aproximadamente 64% na resistência mecânica do traço com cimento CP V-ARI em comparação ao traço com CP-II. Essa tendência de superioridade do CP1 manteve-se consistente aos 14 e 21 dias de cura. Ao final de 28 dias, o traço CP1 atingiu resistência de 45 MPa, enquanto o CP2 apresentou valor em torno de 18 MPa, uma diferença de cerca de 60% a favor do traço com CP V-ARI.

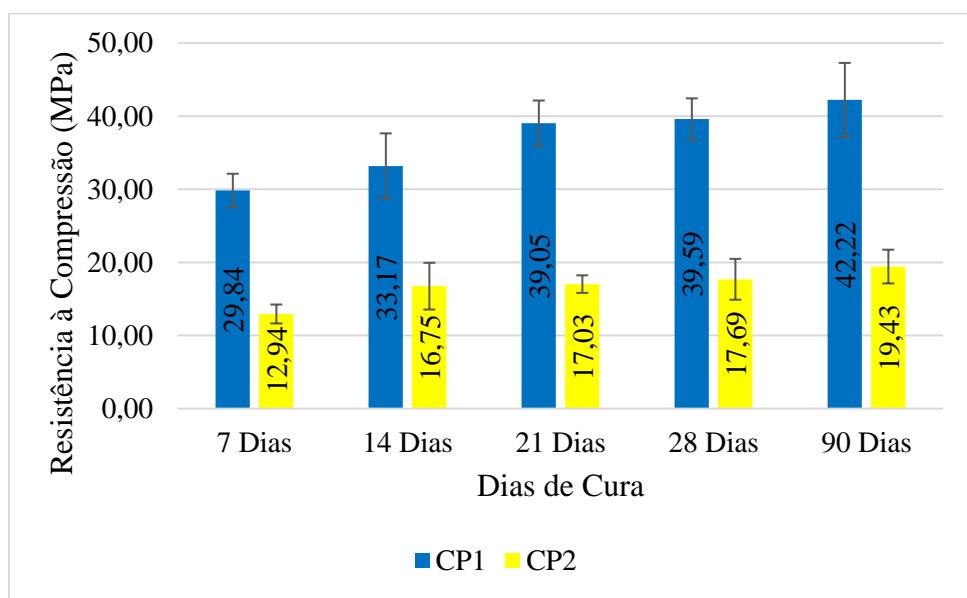


Figura 3. Compressão mecânica (MPa)

Como ambos os traços foram produzidos pelos mesmos processos, seguindo rigorosamente os padrões de qualidade tanto na fabricação quanto na coleta dos resultados, a diferença de desempenho entre eles pode ser atribuída principalmente às distintas características dos cimentos utilizados. O cimento CP V-ARI, empregado no traço CP1, é formulado para promover o rápido desenvolvimento de resistência mecânica, o que justifica os elevados valores observados já nos primeiros dias de cura (Bezerra; Almeida, 2019). Além disso, o traço CP1 apresentou maior desempenho devido à presença significativa de óxidos como SiO_2 e Al_2O_3 , que intensificam as reações pozolânicas com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), promovendo a formação de produtos hidratados adicionais e, consequentemente, uma matriz cimentícia mais densa e resistente.

Além do tipo de cimento, a composição dos agregados também influenciou diretamente o desempenho mecânico dos pavers. No traço CP1, a proporção entre areia e brita resultou em uma composição granulométrica mais equilibrada, conferindo maior compacidade à mistura e reduzindo a porosidade do material endurecido, o que se refletiu em maior resistência à compressão (Limantara *et al.*, 2018). Por outro lado, no traço CP2, o aumento do teor de areia e a redução da quantidade de brita comprometeram a coesão

entre os agregados e a pasta de cimento, elevando a porosidade e dificultando o desenvolvimento de resistência ao longo do tempo (Teodoro, 2013).

Quanto à adoção do traço CP2 na prática industrial, vale destacar que esse tipo de mistura é frequentemente aplicado em processos mecanizados, os quais contam com vibroprensagem e controle rigoroso da compactação. Essas condições industriais são capazes de compensar a menor reatividade inicial do cimento CP-II, promovendo resistências compatíveis com as exigências normativas. No entanto, quando esse mesmo traço é reproduzido em condições artesanais, como neste estudo, sua eficácia é reduzida, resultando em produtos que não atingem os 35 MPa exigidos pela NBR 9781 (2013).

3.4. Absorção de água

A Figura 4 apresenta os resultados de absorção de água dos pavers aos 21, 28 e 90 dias de cura. Verifica-se que o traço CP1, produzido com cimento CP V-ARI, apresentou os menores índices de absorção em todos os períodos, com valores de $4,84 \pm 0,10\%$ aos 21 dias, $4,75 \pm 0,05\%$ aos 28 dias, e $4,47 \pm 0,58\%$ aos 90 dias. Todos os valores estiveram abaixo do limite máximo de 6% estabelecido pela NBR 9781/2013. Em contrapartida, o traço CP2, com cimento CP II, superou o limite normativo, registrando $7,03 \pm 0,08\%$ aos 21 dias, $6,71 \pm 0,06\%$ aos 28 dias, e $6,10 \pm 0,17\%$ aos 90 dias, o que representa uma absorção aproximadamente 36% superior em relação ao traço CP1.

Esse comportamento pode ser atribuído à maior compacidade da matriz no traço CP1, resultante da maior proporção de agregados e da melhor distribuição granulométrica, que reduziram significativamente a porosidade do concreto (Limantara *et al.*, 2018). Por outro lado, o traço CP2, devido à maior quantidade de areia e menor teor de brita, apresentou uma estrutura mais porosa, comprometendo sua capacidade de resistir à penetração de água e impedindo o atendimento aos critérios exigidos pela NBR 9781/2013.

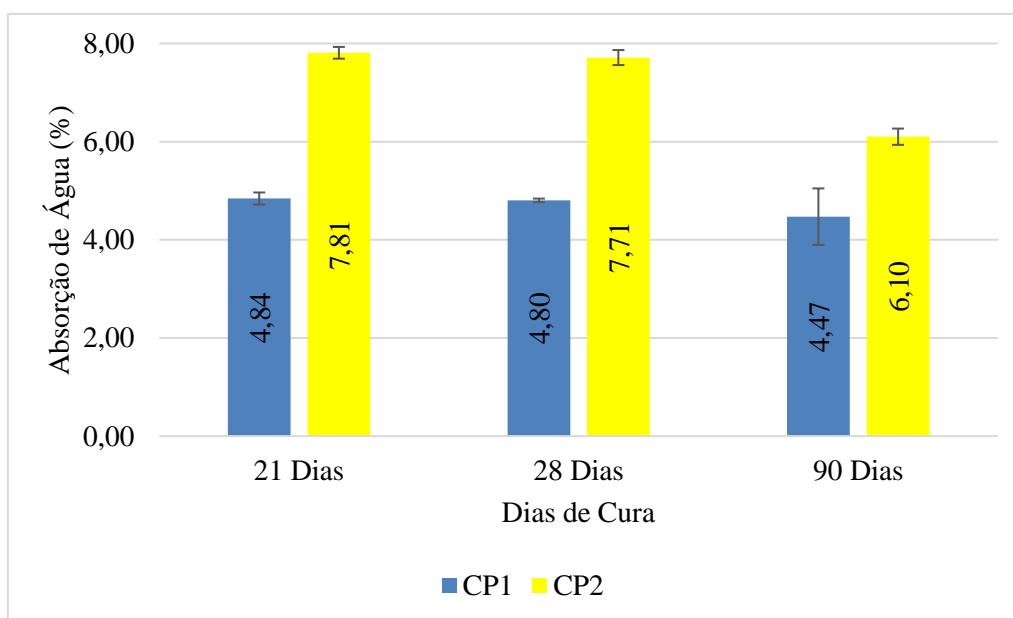


Figura 4. Absorção de água (%)

3.5. Densidade seca dos blocos

A densidade seca dos dois traços produzidos com 21, 28 e 90 dias de cura, é apresentada na Figura 5.

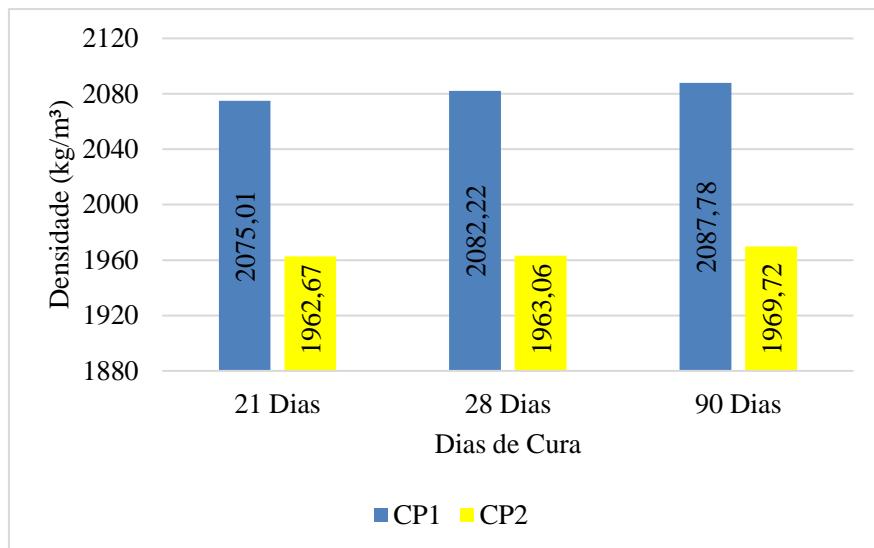


Figura 5. Densidade (kg/m³)

A densidade aparente dos blocos é um parâmetro diretamente relacionado à compactação da matriz cimentícia e ao grau de hidratação dos componentes ao longo do tempo de cura. A análise dos resultados apresentados na Figura 5 mostra que o traço CP1 registrou os maiores valores de densidade em todos os intervalos avaliados, evidenciando um comportamento consistente durante o processo de maturação do concreto. Especificamente, a densidade do CP1 aumentou de 2075,01 kg/m³ aos 21 dias para 2087,78 kg/m³ aos 90 dias, representando uma elevação de 1,64% nesse período.

Por outro lado, o traço CP2 apresentou densidades inferiores ao longo do mesmo intervalo, iniciando com 1962,67 kg/m³ aos 21 dias e atingindo 1969,72 kg/m³ aos 90 dias, o que corresponde a uma variação positiva de 1,88%. Embora a taxa de crescimento relativa tenha sido ligeiramente maior em CP2, seus valores absolutos permaneceram consideravelmente abaixo dos observados no traço CP1.

A tendência de aumento gradual da densidade em ambos os traços pode ser atribuída ao avanço contínuo do processo de hidratação do cimento, que leva ao preenchimento progressivo dos vazios da matriz com produtos hidratados, como o gel de C-S-H (silicato de cálcio hidratado), resultando em uma estrutura interna mais compacta e coesa. Além disso, a elevação da densidade ao longo do tempo pode indicar melhorias na ligação entre os grãos e a redução da porosidade total da mistura.

A superioridade dos valores de densidade no traço CP1 pode ser explicada por sua maior proporção de agregados e, possivelmente, uma melhor eficiência na compactação durante a moldagem dos blocos. Essa combinação favorece a formação de uma estrutura interna mais densa e uniforme, o que está diretamente associado ao aumento do desempenho mecânico do material e à sua durabilidade. De acordo com Limantara *et al.* (2018), misturas com densidade mais elevada tendem a apresentar melhor resistência à

compressão e menor suscetibilidade à penetração de agentes agressivos, em virtude da redução dos vazios capilares e da porosidade total.

3.6. Comparativo financeiro

As Tabelas 4 e 5 apresentam os custos estimados, por unidade federativa, para a produção de 1 m² de blocos intertravados, utilizando os traços CP1 (Tabela 4) e CP2 (Tabela 5), respectivamente.

Tabela 4. Preços para produzir CP1

ESTADOS	PREÇO PARA PRODUZIR 100 BLOCOS DO TRAÇO CP1					
	Preço Cimento CP V (50kg)	Preço Areia Média (m ³)	Custo Areia (100 kg)	Preço Brita 0 (m ³)	Custo Brita 0 (150 kg)	TOTAL
AC - Acre	R\$ 39,90	R\$ 155,00	R\$ 11,10	R\$ 401,97	R\$ 36,38	R\$ 87,38
AL - Alagoas	R\$ 39,90	R\$ 95,00	R\$ 6,80	R\$ 104,90	R\$ 9,49	R\$ 56,20
AM - Amazonas	R\$ 39,90	R\$ 105,00	R\$ 7,52	R\$ 304,35	R\$ 27,55	R\$ 74,97
AP - Amapá	R\$ 39,90	R\$ 150,00	R\$ 10,74	R\$ 344,54	R\$ 31,18	R\$ 81,83
BA - Bahia	R\$ 39,90	R\$ 129,87	R\$ 9,30	R\$ 134,02	R\$ 12,13	R\$ 61,33
CE - Ceará	R\$ 39,90	R\$ 125,00	R\$ 8,95	R\$ 131,10	R\$ 11,87	R\$ 60,72
DF - Distrito Federal	R\$ 39,90	R\$ 210,23	R\$ 15,06	R\$ 245,71	R\$ 22,24	R\$ 77,20
ES - Espírito Santo	R\$ 39,90	R\$ 87,50	R\$ 6,27	R\$ 163,08	R\$ 14,76	R\$ 60,93
GO - Goiás	R\$ 39,90	R\$ 150,00	R\$ 10,74	R\$ 142,96	R\$ 12,94	R\$ 63,58
MA - Maranhão	R\$ 39,90	R\$ 150,00	R\$ 10,74	R\$ 103,65	R\$ 9,38	R\$ 60,02
MG - Minas Gerais	R\$ 39,90	R\$ 165,00	R\$ 11,82	R\$ 151,89	R\$ 13,75	R\$ 65,46
MS - Mato Grosso do Sul	R\$ 39,90	R\$ 84,00	R\$ 6,02	R\$ 114,16	R\$ 10,33	R\$ 56,25
MT - Mato Grosso	R\$ 39,90	R\$ 130,00	R\$ 9,31	R\$ 192,37	R\$ 17,41	R\$ 66,62
PA - Pará	R\$ 39,90	R\$ 120,00	R\$ 8,59	R\$ 291,11	R\$ 26,35	R\$ 74,84
PB - Paraíba	R\$ 39,90	R\$ 140,00	R\$ 10,03	R\$ 114,84	R\$ 10,39	R\$ 60,32
PE - Pernambuco	R\$ 39,90	R\$ 137,00	R\$ 9,81	R\$ 116,15	R\$ 10,51	R\$ 60,22
PI - Piauí	R\$ 39,90	R\$ 95,00	R\$ 6,80	R\$ 287,35	R\$ 26,01	R\$ 72,71
PR - Paraná	R\$ 39,90	R\$ 119,08	R\$ 8,53	R\$ 73,34	R\$ 6,64	R\$ 55,07
RJ - Rio de Janeiro	R\$ 39,90	R\$ 87,50	R\$ 6,27	R\$ 124,89	R\$ 11,30	R\$ 57,47
RN - Rio Grande do Norte	R\$ 39,90	R\$ 100,00	R\$ 7,16	R\$ 175,07	R\$ 15,85	R\$ 62,91
RO - Rondônia	R\$ 39,90	R\$ 150,00	R\$ 10,74	R\$ 227,78	R\$ 20,62	R\$ 71,26
RR - Roraima	R\$ 39,90	R\$ 65,00	R\$ 4,66	R\$ 367,51	R\$ 33,26	R\$ 77,82
RS - Rio Grande do Sul	R\$ 39,90	R\$ 97,00	R\$ 6,95	R\$ 107,22	R\$ 9,70	R\$ 56,55
SC - Santa Catarina	R\$ 39,90	R\$ 160,00	R\$ 11,46	R\$ 129,20	R\$ 11,69	R\$ 63,05
SE - Sergipe	R\$ 39,90	R\$ 100,00	R\$ 7,16	R\$ 159,04	R\$ 14,39	R\$ 61,46
SP - São Paulo	R\$ 39,90	R\$ 85,00	R\$ 6,09	R\$ 89,80	R\$ 8,13	R\$ 54,12
TO - Tocantins	R\$ 39,90	R\$ 127,50	R\$ 9,13	R\$ 166,53	R\$ 15,07	R\$ 64,10
MÉDIA NACIONAL:						R\$ 65,35

Tabela 5. Preços para produzir CP2

ESTADOS	PREÇO PARA PRODUZIR 100 BLOCOS DO TRAÇO CP2					
	Cimento CP II (50kg)	Preço Areia Média (m ³)	Custo Areia (114,5 kg)	Preço Brita 0 (m ³)	Custo Brita 0 (128,5 kg)	TOTAL
AC - Acre	R\$ 64,00	R\$ 155,00	R\$ 12,71	R\$ 401,97	R\$ 31,17	R\$ 107,88
AL - Alagoas	R\$ 41,00	R\$ 95,00	R\$ 7,79	R\$ 104,90	R\$ 8,13	R\$ 56,92
AM - Amazonas	R\$ 47,50	R\$ 105,00	R\$ 8,61	R\$ 304,35	R\$ 23,60	R\$ 79,71
AP - Amapá	R\$ 56,00	R\$ 150,00	R\$ 12,30	R\$ 344,54	R\$ 26,71	R\$ 95,01
BA - Bahia	R\$ 40,00	R\$ 129,87	R\$ 10,65	R\$ 134,02	R\$ 10,39	R\$ 61,04
CE - Ceará	R\$ 36,00	R\$ 125,00	R\$ 10,25	R\$ 131,10	R\$ 10,16	R\$ 56,42
DF - Distrito Federal	R\$ 31,00	R\$ 210,23	R\$ 17,24	R\$ 245,71	R\$ 19,05	R\$ 67,29
ES - Espírito Santo	R\$ 32,00	R\$ 87,50	R\$ 7,18	R\$ 163,08	R\$ 12,64	R\$ 51,82
GO - Goiás	R\$ 35,00	R\$ 150,00	R\$ 12,30	R\$ 142,96	R\$ 11,08	R\$ 58,39
MA - Maranhão	R\$ 43,00	R\$ 150,00	R\$ 12,30	R\$ 103,65	R\$ 8,04	R\$ 63,34
MG - Minas Gerais	R\$ 38,00	R\$ 165,00	R\$ 13,53	R\$ 151,89	R\$ 11,78	R\$ 63,31
MS - Mato Grosso do Sul	R\$ 40,00	R\$ 84,00	R\$ 6,89	R\$ 114,16	R\$ 8,85	R\$ 55,74
MT - Mato Grosso	R\$ 45,50	R\$ 130,00	R\$ 10,66	R\$ 192,37	R\$ 14,92	R\$ 71,08
PA - Pará	R\$ 55,00	R\$ 120,00	R\$ 9,84	R\$ 291,11	R\$ 22,57	R\$ 87,41
PB - Paraíba	R\$ 35,00	R\$ 140,00	R\$ 11,48	R\$ 114,84	R\$ 8,90	R\$ 55,38
PE - Pernambuco	R\$ 35,00	R\$ 137,00	R\$ 11,23	R\$ 116,15	R\$ 9,01	R\$ 55,24
PI - Piauí	R\$ 50,00	R\$ 95,00	R\$ 7,79	R\$ 287,35	R\$ 22,28	R\$ 80,07
PR - Paraná	R\$ 35,00	R\$ 119,08	R\$ 9,77	R\$ 73,34	R\$ 5,69	R\$ 50,45
RJ - Rio de Janeiro	R\$ 32,00	R\$ 87,50	R\$ 7,18	R\$ 124,89	R\$ 9,68	R\$ 48,86
RN - Rio Grande do Norte	R\$ 34,00	R\$ 100,00	R\$ 8,20	R\$ 175,07	R\$ 13,57	R\$ 55,77
RO - Rondônia	R\$ 54,00	R\$ 150,00	R\$ 12,30	R\$ 227,78	R\$ 17,66	R\$ 83,96
RR - Roraima	R\$ 87,00	R\$ 65,00	R\$ 5,33	R\$ 367,51	R\$ 28,49	R\$ 120,83
RS - Rio Grande do Sul	R\$ 47,00	R\$ 97,00	R\$ 7,95	R\$ 107,22	R\$ 8,31	R\$ 63,27
SC - Santa Catarina	R\$ 39,50	R\$ 160,00	R\$ 13,12	R\$ 129,20	R\$ 10,02	R\$ 62,64
SE - Sergipe	R\$ 37,50	R\$ 100,00	R\$ 8,20	R\$ 159,04	R\$ 12,33	R\$ 58,03
SP - São Paulo	R\$ 31,00	R\$ 85,00	R\$ 6,97	R\$ 89,80	R\$ 6,96	R\$ 44,93
TO - Tocantins	R\$ 44,00	R\$ 127,50	R\$ 10,46	R\$ 166,53	R\$ 12,91	R\$ 67,37
MÉDIA NACIONAL:						R\$ 67,49

Os dados apresentados nas Tabelas 4 e 5 revelam variações expressivas nos custos dos materiais necessários para a produção de blocos intertravados (pavers) em diferentes estados do Brasil, refletindo as disparidades regionais de preços e logística de fornecimento. No caso do traço CP1, que utiliza o cimento CP V-ARI, os custos estimados por metro quadrado de pavers variaram entre R\$ 54,12 em São Paulo e

R\$ 87,38 no Acre, com uma média nacional de R\$ 65,35/m². Já o traço CP2, composto por cimento CP II, apresentou uma média de R\$ 67,48/m², com valores oscilando de R\$ 44,93 em São Paulo até R\$ 120,83 em Roraima.

Esse comportamento evidencia que os custos de produção não seguem um padrão linear em função do tipo de cimento empregado, contrariando a expectativa inicial de que o CP II, geralmente considerado mais acessível e amplamente disponível, apresentaria menores custos em todas as regiões. Em diversos estados, o traço com cimento CP V-ARI mostrou-se mais econômico. Entretanto, é necessário destacar uma limitação metodológica relevante: como o cimento CP V-ARI não possui preço registrado na base do SINAPI, foi necessário estimar seus valores com base nos preços praticados no estado de São Paulo. Essa abordagem, embora útil para fins comparativos, pode distorcer a média nacional calculada para o traço CP1, especialmente em estados onde o CP V possui disponibilidade restrita ou custos de transporte elevados.

Dessa forma, buscando uma comparação mais precisa e realista, optou-se por restringir a análise ao estado de São Paulo, onde os preços de ambos os cimentos são conhecidos e comparáveis de forma direta. Conforme demonstrado na Tabela 6, o custo para produzir 100 blocos intertravados no estado foi de R\$ 54,12 para o traço CP1 e R\$ 44,93 para o traço CP2, resultando em uma diferença percentual de 20,46% a favor do CP2 em termos de custo direto dos materiais.

Tabela 6. Preços para produzir 100 blocos em São Paulo

Traço	Custo total
CP1	R\$ 54,12
CP2	R\$ 44,93

Contudo, a análise meramente financeira não deve ser o único critério na escolha da dosagem ideal de concreto. Embora o traço com cimento CP II (CP2) apresente menor custo inicial, outros fatores cruciais devem ser considerados, como o desempenho mecânico, a durabilidade, a resistência à ação de agentes agressivos e a taxa de absorção de água. O CP V-ARI, por sua vez, é reconhecido por sua alta reatividade e ganho de resistência em idades iniciais, podendo ser mais adequado para aplicações que demandam liberação rápida das peças ou que exigem melhor desempenho em ambientes agressivos.

Adicionalmente, é importante ressaltar que os preços dos insumos da construção civil estão sujeitos a flutuações significativas, influenciadas por variáveis como região geográfica, sazonalidade da demanda, distância entre fornecedor e consumidor final e variações cambiais, no caso de insumos importados. Assim, recomenda-se fortemente que os estudos de viabilidade técnico-econômica para produção de pavers considerem levantamentos de preços locais atualizados, possibilitando a adoção de estratégias de otimização do custo-benefício alinhadas à realidade de cada região.

4. Conclusão

Os resultados desta pesquisa demonstraram que o traço CP1, utilizando cimento CP V-ARI, apresentou desempenho superior ao traço CP2, que utiliza cimento CP II, especialmente em termos de resistência mecânica e durabilidade. Com índice de absorção de água de apenas 4,75% aos 28 dias de cura, CP1 ficou confortavelmente abaixo do limite de 6% estabelecido pela NBR 9781 (2013), evidenciando uma estrutura menos porosa e mais densa. Essa compacidade contribuiu para uma resistência à compressão de

42,22 MPa, valor cerca de 21% acima do mínimo normativo exigido. Em contrapartida, o traço CP2 não atendeu aos requisitos das normas brasileiras, apresentando elevados índices de absorção e resistências mecânicas insuficientes, o que inviabilizaria sua aplicação comercial conforme os critérios técnicos vigentes.

Do ponto de vista econômico, observou-se que o custo médio de produção do traço CP1 em São Paulo (R\$ 54,12) é cerca de 20,46% superior ao do traço CP2 (R\$ 44,93). Essa diferença levanta reflexões importantes sobre a relação custo-benefício, especialmente em contextos onde o orçamento é fator limitante. No entanto, o investimento em materiais como o cimento CP V-ARI e uma melhor proporção de agregados, resulta em um produto com desempenho muito superior, justificando o custo adicional ao proporcionar maior vida útil e segurança.

É fundamental destacar que, embora o traço CP2 apresente custo reduzido, sua formulação se mostrou inadequada para o método artesanal de produção empregado por muitas pequenas indústrias. Isso resultou em pavers com baixa resistência e elevada porosidade, comprometendo a durabilidade e a confiabilidade das estruturas onde são aplicados. Portanto, adequar as dosagens utilizadas por empresas de menor porte é crucial para garantir que o investimento em obras de pavimentação seja não apenas viável economicamente, mas também tecnicamente seguro e durável, promovendo assim um avanço sustentável na construção civil.

Do ponto de vista científico, esta pesquisa contribui ao preencher uma lacuna na literatura relacionada ao desempenho de dosagens artesanais de concreto aplicadas à produção de blocos intertravados. A análise integrada do desempenho técnico e dos custos de produção em diferentes regiões fornece, ainda, uma base inicial para estudos de viabilidade regionalizados em contextos com baixa mecanização. Futuras pesquisas podem aprofundar o uso de adições minerais ou resíduos industriais como substitutos parciais do cimento, com o objetivo de reduzir custos e impactos ambientais, além de investigar a otimização do processo artesanal de moldagem por meio de melhorias no controle de qualidade. Também se destaca a importância de desenvolver diretrizes específicas para dosagens artesanais, adaptadas às realidades operacionais de micro e pequenas empresas do setor. Nesse sentido, os resultados aqui apresentados não apenas orientam decisões imediatas na prática profissional, como também abrem caminhos relevantes para novas investigações, contribuindo para um setor da construção civil mais inclusivo, seguro e tecnicamente robusto.

Referências

Agrawal, R., Singh, S. K., Singh, S., Prajapat, D. K., Sudhanshu, S., Kumar, S., Đurin, B., Šrajbék, M. e Gilja, G. (2023). Utilization of Plastic Waste in Road Paver Blocks as a Construction Material. *CivilEng*, v. 4, n. 4, p. 1071–1082. Dezembro, <https://doi.org/10.3390/civileng4040058>.

Alves, A. L., Gotardi, F. G. N., Godoy, G. L. Z., Zanfolim, A. A. e Torres, R. M. (2019). Estudo das propriedades mecânicas de pavers de concreto obtidos através da introdução de resíduos plásticos industriais. *Ambiência*, v. 15, n. 1. Janeiro, <https://doi.org/10.5935/ambienca>.

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2010). **Manual de Pavimento Intertravado**. 1^a ed. São Paulo – SP.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). **ABNT NBR 15900-1 - Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro – RJ.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011). **ABNT NBR 15953 - Pavimento Intertravado com Peças de Concreto - Execução**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013). **ABNT NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2018). **ABNT NBR 16697 - Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). **ABNT NBR 16916 - Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). **ABNT NBR 16917 - Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). **ABNT NBR 16972 - Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas TÉCNICAS (2022). **ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto - Requisitos**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas 2022. **NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro - RJ.

Bezerra, I. E. P.e Almeida, Danilo G. (2019). **Análise Comparativa Entre Argamassas de Cimentos Portland Variando o Tipo de Cimento (CPII F 32, CPII F 40 e CPV-ARI)**.

Brito, G. P. S. (2013). **Estudo da Viabilidade Técnica de Paver com Resíduo de Pneu em Substituição Parcial dos Agregados**. Alegrete – RS.

Cabral, K. O. (2007). **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaisse nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás.

Caixa Econômica Federal (2025). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**.

Costa, A. V., Gumieri, A. G.e Brandão, P. R. G. (2014). **Interlocking concrete blocks produced with sinter feed tailings**. Belo Horizonte – MG.

Dhir, R. K. *et al.* (2017). Production and Properties of Copper Slag. In: **Sustainable Construction Materials: Copper Slag**. Elsevier. p. 27–86.

Grassin, J. (2023). From small scale to semi industrial production of pavers (or tiles). **Plastic Odyssey**.

Limantara, A. D., Widodo, A., Winarto, S, Krisnawati, L. D. e Mudjanarko, S. W. (2018). Optimizing the use of natural gravel Brantas river as normal concrete mixed with quality $f_c = 19.3$ Mpa. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 140, p. 012104, Abril. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012104>.

Matos, L. H. L D. (2019). **Pavimentos Intertravados de Concreto Utilizando Resíduos de PET**. Ilha Solteira – SP.

Rahman, S.e Ullah, A. (2018). Effects Of Different Sizes Of Crushed Stones On Mechanical Strength Of Concrete. **4 th International Conference on Advances in Civil Engineering 2018 (ICACE 2018)**.

Serafim, M. A. (2010). **Estudo e proposição de formas de Pavers Intertravados para áreas e passei os públicos**. Bauru.

Teodoro, S. B. (2013). **Avaliação Do Uso Da Areia De Britagem Na Composição Do Concreto Estrutural**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora.

Tetracon. **Especialista em Pisos Intertravados**. <<https://tetraconind.com.br/wp-content/uploads/2022/05/e-book-Tetracon-Tudo-sobre-intertravados.pdf>>. 2022.

Tripathy, A., Kumar Acharya, P., Manaye, N. e Kumar Das, A. (2023). Waste incorporation in paver block production. **Materials Today: Proceedings**. Elsevier Ltd, vol. 93, p. 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.08.065>.

Votorantim Cimentos. (2025). **Boletim de Ensaios de Cimento**.