



Ladrilho hidráulico para pavimentação de calçada: estudo do traço e da espessura da camada superficial

Alessandro Gomes dos Santos (1), Elaine Guglielmi Pavei Antunes (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) alessandro12619@gmail.com, (2) elainepga@unescc.net

Resumo: Os ladrilhos hidráulicos são pisos de concreto utilizados para pavimentação de calçadas, composta por duas ou mais camadas, produzidos com aglomerante hidráulico e agregados. O objetivo deste trabalho, busca, analisar a influência do traço e da camada superficial no desempenho das peças produzidas, através de ensaios solicitados pelas normas vigentes. Os agregados utilizados na mistura foram submetidos a ensaio de teor de umidade e granulometria. O aglomerante utilizado tratou-se do cimento Portland de alta resistência inicial. A produção dos ladrilhos foi realizada com a utilização de formas com medidas previamente definidas e utilização de mesa vibratória para moldagem. Neste estudo foi analisado a variação do traço e espessura da camada superficial de ladrilhos hidráulicos, sendo elas, submetidas a ensaios de módulo de flexão, análise dimensional e desgaste por abrasão, seguindo respectivamente a NBR 9457:2013, NBR 13818:1997 e NBR 9781:2013. Os ladrilhos hidráulicos produzidos, obtiveram um desempenho satisfatório e esperado em relação ao desgaste por abrasão, com resultados dentro das recomendações normativas. Quando solicitados ao ensaio de flexão, não houve relação dos resultados conforme as variações de produção realizadas, obtendo desempenho insatisfatório e abaixo dos requisitos recomendado pela NBR 9457:2013.

Palavras-chave: Abrasão; Piso de concreto; peças de concreto.

Hydraulic tile for paving sidewalks: Trace study and the thickness of the surface layer

Abstract: Hydraulic tiles are concrete floors used for paving sidewalks, consisting of two or more layers, produced with hydraulic binder and aggregates. The objective of this work is to analyze the influence of the trace and the surface layer on the performance of the parts produced, through tests requested by the current standards. The aggregates used in the mixture were submitted to moisture content and granulometry tests. The binder used was Portland cement with high initial strength. The production of the tiles was performed with the use of forms with previously defined measures and use of vibratory table for molding. In this study was analyzed the variation of the trace and thickness of the surface layer of hydraulic tiles, which were subjected to tests of bending module, dimensional analysis and wear by abrasion, following respectively NBR 9457:2013, NBR 13818:1997 and NBR 9781:2013. The hydraulic tiles produced, obtained a satisfactory and expected performance in relation to wear by abrasion, with results within the normative recommendations. When requested to the bending test, there



was no relation of the results according to the production variations performed, obtaining unsatisfactory performance and below the requirements recommended by NBR 9457:2013.

Key-words: Abrasion; Concrete floor; concrete parts.

Introdução

“A circulação de pedestres remete-se às necessidades de andar, descansar, olhar e comer. A rua e suas extensões devem reforçar este caráter de lugar de relação, que garantem não só a vitalidade do lugar, como sua sustentabilidade e manutenção” (ALMEIDA; GIACOMINI; BORTOLUZZI, 2013). A qualificação dos espaços públicos promove a adequação da cidade, bem como o convívio e circulação das pessoas, sobretudo a qualificação das calçadas, pois pode oferecer maior acessibilidade e transformar a atividade de locomoção mais agradável (PINHEIRO, 2014).

As calçadas são de uso exclusivo de pedestres e que, por tal, naturalmente, tem divergências de gosto, necessidades e diferenças no modo de locomoção. Com isso, as pavimentações externas, direcionadas a calçadas, devem atender de modo geral os requisitos e necessidade dos pedestres que utilizam desse meio em seu cotidiano.

A norma de acessibilidade NBR 9050:2015 enfatiza que os pisos devem ter superfície regular, firme, estável e que seja antiderrapante, com intuito de não provocar trepidação em dispositivos com rodas. Também recomenda evitar a estampa dos pisos que causam sensação de insegurança, como desenhos tridimensionais. A norma ainda define que as características adotadas, quando for projetar e executar calçadas para acesso público, devem ser providas de rampas com inclinação máxima de 8,33% e a utilização de pisos tátil de alerta e direcional nas calçadas nos locais apropriados.

Nesse contexto, vem ganhando espaço o uso de ladrilhos hidráulicos como pavimentação em calçadas. Esses componentes podem ser utilizados em diversos locais, tendo em vista que propiciam estabilidade e segurança aos usuários. Os ladrilhos podem ser empregados em forma decorativa (com diversos tipos de pigmentos) ou em formato monocromático, com superfície lisa ou com relevo.

Visando a aplicação do ladrilho hidráulico em pavimentação externa, como calçada para pedestre, sua função consiste em resistir aos esforços verticais e ao desgaste por abrasão devido ao tráfego intenso ou moderado de pessoas, e atender os requisitos de acessibilidade conforme NBR 9050: 2015. As peças também devem atender as especificações de produção e desempenho conforme a NBR 9457:2013, sendo elas, dimensões geométricas, resistência mecânica e outros aspectos.

Os ladrilhos hidráulicos são definidos, segundo Catoia e Liborio (2009) e a NBR 9457:2013, como peça de concreto com formato paralelepípedo, constituída de duas ou mais camadas, com sua superfície exposta ao tráfego de forma lisa ou em baixo-relevo. Em relação a definição previamente descrita do ladrilho hidráulico, vale salientar sua composição em duas camadas, sendo uma camada superficial chamada pelos produtores de “nata” e uma segunda camada chamada de “farofa”. Os materiais utilizados nas respectivas camadas podem se diferenciar no tipo de cimento e agregados, por se tratarem de camadas que desempenham funções distintas entre si. Os ladrilhos são assentados com argamassa colante em uma base de contrapiso previamente executada, a utilização desse tipo de material diminuí a infiltração da água da chuva no solo.

Marques (2012) relata que o referencial bibliográfico referente a produção de ladrilhos hidráulicos é escasso, ressaltando que tal fato ocorre devido a forma que são produzidos esses componentes, pois trata-se tradicionalmente de um processo artesanal e os “segredos” sobre a produção são muitas vezes mantidos em sigilo pelos produtores.

Devido à escassez de estudo relacionado ao tema, a maioria das produções de ladrilhos hidráulicos, atualmente, são realizadas de forma artesanal e empírica, sendo que os locais de fabricação, muitas vezes não obtêm de suporte necessário e de acompanhamento técnico para obter maior controle de produção e qualidade das peças, não tendo na maioria das vezes um processo produtivo definido. “O que se destaca, é a dimensão artesanal do trabalho, em que as peças são feitas uma a uma, do início ao fim pelo mesmo profissional, resultando cada uma delas em uma realização única” (MARQUES, 2012).

O presente trabalho visa estudar a influência do traço e da espessura da camada superficial do ladrilho hidráulico no atendimento aos requisitos da NBR 9457:2013 e no ensaio de abrasão determinado pela NBR 9781:2013.

Materiais e métodos

Essa pesquisa dividiu-se em cinco etapas, sendo que a primeira etapa é referente a revisão e busca bibliográfica, onde se buscou referências de procedimentos experimentais e definições de traços. A segunda etapa, consiste na caracterização dos agregados (areia fina, areia grossa e o pedrisco).

Para caracterização dos agregados analisou os resultados com base na NBR 7211:2009 – Agregado para concreto – Especificação. Foi realizada ensaio de granulometria conforme a NBR NM 248:2003. O teor de umidade dos agregados miúdo e graúdo foram obtidos através da DNER-ME 196/98. Os ensaios de caracterização aconteceram no laboratório de materiais de construção civil (LMCC) / IDT/UNESC.

A terceira etapa refere-se ao estudo de traço, onde foi pesquisado e estabelecido o traço referência (usual na fábrica), com base no teor de umidade dos agregados e na dosagem empírica dos produtores. Tendo em vista que o ladrilho hidráulico é composto por duas camadas, definiu-se dois modelos de produção, aplicando variação de espessura da camada superficial, conforme pode ser visualizado na Figura 1, sendo que o traço e os materiais utilizados em cada uma dessas camadas são distintos entre si, definiu-se apenas o traço da camada superficial como enfoque deste trabalho.

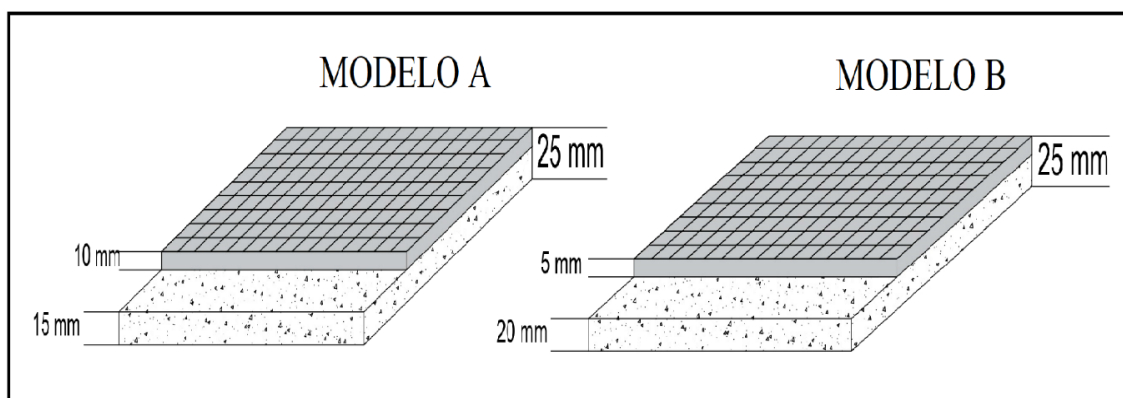


Figura 1. Detalhe espessuras da camada superior

Os traços referências definidos para camada superficial e inferior estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Traço unitário referência

Camada	Cimento (Kg)	Areia fina (Kg)	Areia Grossa (Kg)	Pedrisco (Kg)	Água (Kg)
Superficial	1,00	2,96	-	-	0,74
Inferior	1,00	-	4,24	4,63	0,54

A camada superficial é responsável pela resistência ao desgaste por abrasão, enquanto a camada inferior é responsável por absorver os esforços mecânicos. Desta forma, cada camada possui um traço usual diferente, uma vez que, na camada superficial é utilizado o cimento CP V-ARI-RS, agregado miúdo (areia fina) e água, resultando em uma “nata” cimentícia com maior plasticidade. A camada inferior constituída pelo mesmo tipo de cimento, no entanto é composta por agregado miúdo (areia grossa), agregado graúdo (pedrisco) e água. A camada inferior abrange um maior volume da peça, tendo em vista sua maior espessura quando comparado a camada superficial. A camada inferior, comumente, é chamada pelos produtores de “farofa” cimentícia, pois trata-se de uma composição de menor plasticidade, com maior porosidade, fator que influencia na união da camada inferior com a camada superficial.

Para estudar-se o traço da camada superficial, definiu-se o traço de referência como o traço utilizado empiricamente pela empresa e mantendo-se a relação água/materiais seco deste traço. A partir disso, foram definidos dois novos traços para produção, um mais econômico e outro mais rico. Sendo que o critério para essas variações foi no ponto de vista econômico, tendo em vista que a alteração de dosagem influencia na quantidade de cimento portland, sendo este o componente de maior custo. Com base nisso, definiu-se os novos traços para o estudo, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Novos traços unitários da camada superficial

Camada	Cimento (Kg)	Areia fina (Kg)	Água (Kg)
Traço pobre	1,00	3,50	0,85
Traço rico	1,00	2,42	0,64

Com isso, foram analisados três traços distintos. Além da variação do traço da camada superficial, variou-se também a espessura dessa camada, considerando que a NBR 9457:2013 aceita essa variabilidade, portanto, analisou-se ladrilhos hidráulicos com a camada superior com espessura de 0,5 cm e de 1,0 cm. A Tabela 3 apresenta as variáveis dessa pesquisa.

Tabela 3. Produção das peças em função da variação de espessura da camada superior

	Espessura da camada superior de 0,5 cm	Espessura da camada superior de 1,0 cm
Amostra A	Traço Ref.	Traço Ref.
Amostra B	Traço 1	Traço 1
Amostra C	Traço2	Traço2

A quarta etapa refere-se a dosagem e moldagem dos ladrilhos hidráulicos, sendo que, o processo de produção dos ladrilhos hidráulicos aconteceu em parque fabril e, por conseguinte, foram utilizados os equipamentos e materiais disponibilizados no local. Os ladrilhos foram previamente moldados em fôrmas com medidas preestabelecidas, preparadas inicialmente com o uso de desmoldante. Foi empregado mesa vibratória para o adensamento do concreto no molde e para evitar bolhas no acabamento final. As dosagens foram realizadas com a utilização de balança e a mistura preparada em betoneira. A Figura 2 apresenta a área de trabalho e equipamentos usados na fabricação.



Figura 2. Equipamentos utilizados (a) Mesa vibratória (b) Molde utilizada (c) Betoneira utilizada (d) camada superficial na forma (e) Ladrilho recém desmoldado (f) processo de cura ao ar livre

Diante da apresentação das variáveis que foram definidas, a quinta e última etapa, consistiu na verificação dos ladrilhos hidráulicos produzidos, com a finalidade do atendimento a NBR 9457:2013, norma específica do ladrilho hidráulico e o ensaio à abrasão de acordo com a NBR 9781:2013 – peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio, respectivamente.

Para a análise dimensional, conforme orientação da NBR 9457:2013, verificou-se a pertinência com os moldes utilizados, analisando a qualidade superficial das peças, bem como, suas dimensões preestabelecidas. Foram fabricados 24 ladrilhos hidráulicos de 450 x 450 mm com 25 mm de espessura, essas medidas foram conferidas com paquímetro com precisão de 0,1mm e régua metálica com precisão de 1mm, após a o processo de produção e cura com 28 dias.

A análise visual e dimensional foi realizada em todos os ladrilhos fabricados e seguindo as diretrizes estabelecidas pela norma específica de ladrilho hidráulico (NBR 9457:2013), sendo eles: as dimensões, chanfro e baixo-relevo, arestas, empenamento, escondidade, ortogonalidade e inspeção visual. A Figura 3 apresenta a análise visual e dimensional.

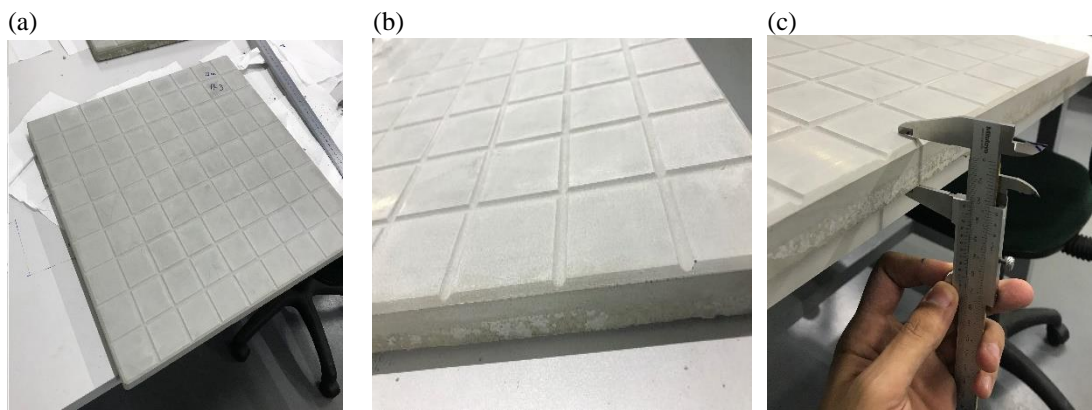


Figura 3. Análise visual e dimensional das peças prontas (a) Inspeção visual (b) Conferencia de bordas, arestas e acabamento (c) Análise dimensional com paquímetro

O ensaio de flexão nas peças de ladrilho hidráulico foi realizado seguindo a NBR 13818:1997, conforme indicação da NBR 9457:2013 que exige resultados mínimos para a resistência característica a flexão maior ou igual a 3,5MPa. Foi utilizado as placas com suas dimensões inteiras, sendo solicitadas a flexão por três apoios com velocidade de carregamento controlada, a distância entre os apoios foi de 400mm e a ruptura no terço central da placa,

conforme especificação da norma. Figura 4 apresenta a execução do ensaio à flexão do ladrilho hidráulico.

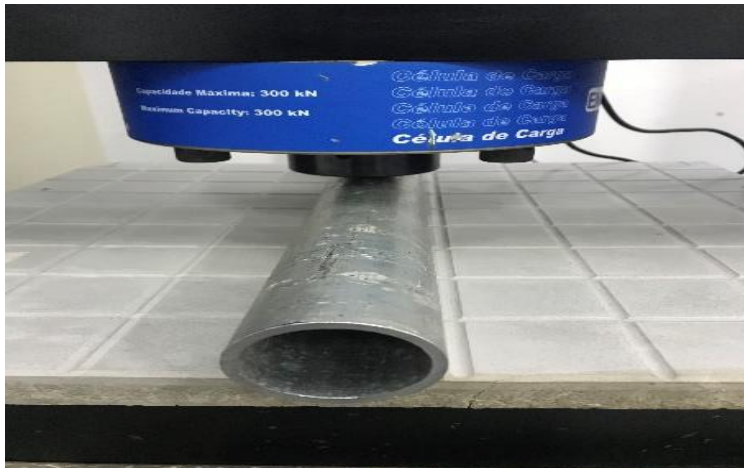


Figura 4. Ensaio de flexão

Para determinação dos resultados utilizou as equações de carga de ruptura e módulo de resistência à flexão, conforme apresentado pela NBR 13818:1997.

Para determinar a resistência ao desgaste por abrasão nas placas de ladrilho hidráulico, foi seguido a NBR 9781:2013. Utilizou peças de 10 x 10 cm cortada a partir das peças inteiras de 450 x 450 mm e 25 mm de espessura. O ensaio consiste na utilização de um dispositivo de abrasão, um disco rotativo de aço com diâmetro de 200mm e espessura de 70 mm, sendo utilizado um funil para abastecimento de material abrasivo, composto de óxido de alumínio fundido branco grana F80. A pressão do corpo de prova contra o disco é determinada pela calibração padra do equipamento, sendo ajustada de maneira que após 75 rotações em 60 segundos, seja produzida uma cavidade de aproximadamente 17 mm de comprimento.

A obtenção dos resultados é através da medição da cavidade produzida pelo disco abrasivo, com o auxílio de linhas guias e utilização de paquímetro e régua metálica medidas em milímetros. A NBR 9781:2013 estabelece os limites dos resultados obtidos no ensaio, sendo que para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, deve ter uma cavidade máxima menor ou igual a 23mm.

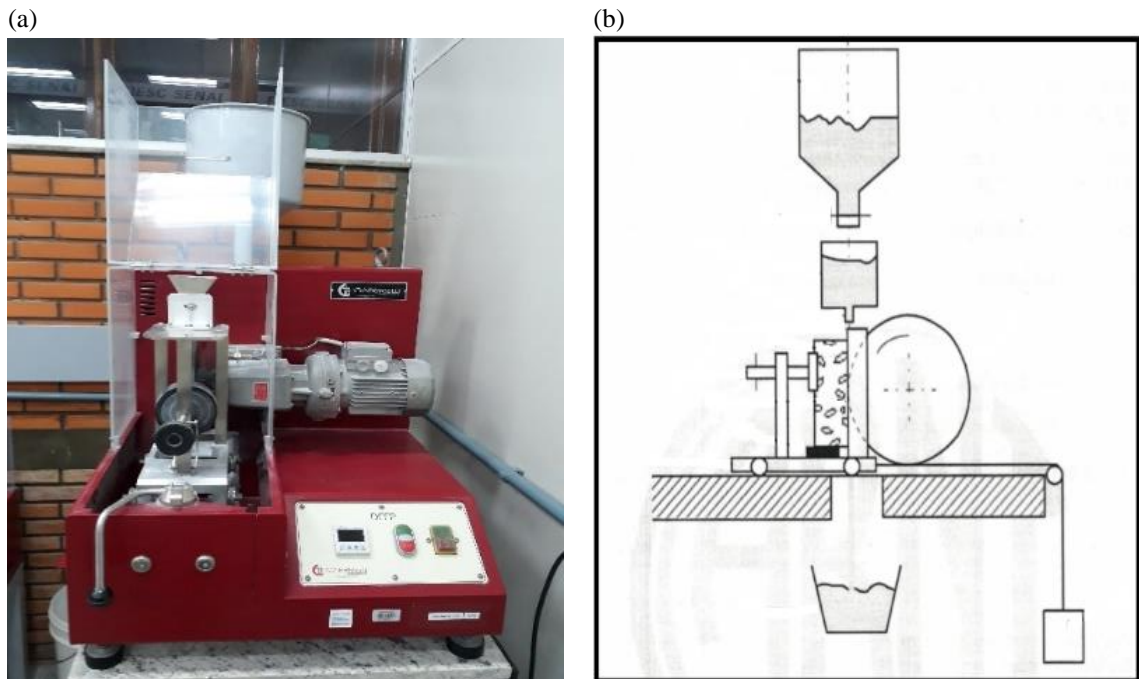


Figura 5. Equipamento utilizado para o ensaio de desgaste por abrasão. (a) Equipamento de abrasão (b) Detalhe do ensaio de abrasão conforme a NBR 9781:2013

O ensaio foi realizado no laboratório de cerâmica e construção civil do SENAI/SC, devido ser o local mais próximo a realizar esse ensaio específico e, por tal complexidade, essa verificação foi realizada apenas para uma amostra, com traço e espessura definido pelos resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão.

Resultados e discussões

Na Tabela 4 é apresentado os resultados de teor de umidade, módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados coletados no local da fábrica e utilizados para produção dos ladrilhos.

Tabela 4. Teor de umidade dos agregados

Agregado	Teor de umidade (%)	Módulo de finura (%)	Diâmetro máximo (mm)
Areia fina	1,35	2,10	0,60
Areia grossa	2,00	3,17	4,75
Pedrisco	1,18	-	9,5



No gráfico da figura 6, está representado os valores da curva granulométrica dos agregados.

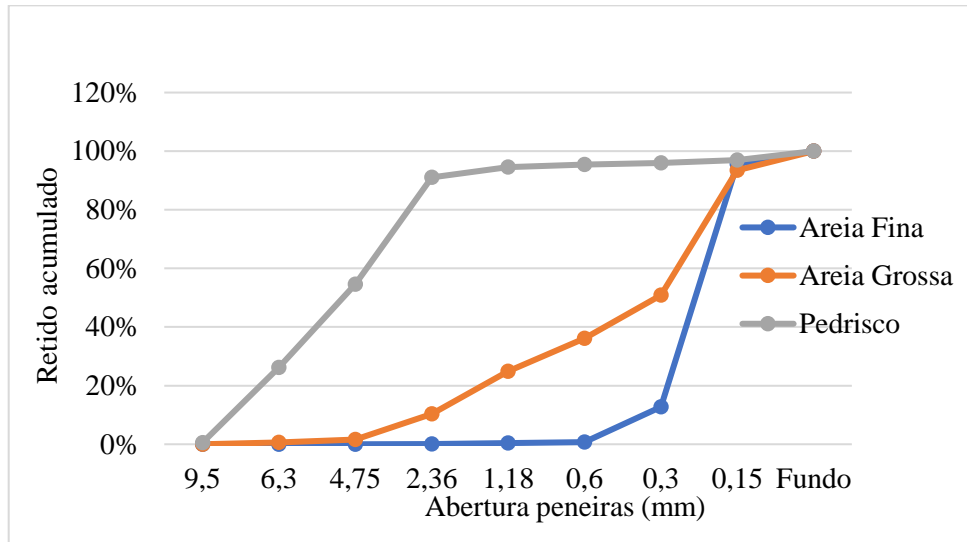


Figura 6. Distribuição granulométrica

Com base nos resultados apresentados, a composição granulométrica do agregado miúdo areia fina e o módulo de finura estão dentro dos limites inferiores da NBR 7211:2009, considerado como zona utilizável. A areia grossa, também considerada como agregado miúdo, porém com dimensão dos grãos maiores, está dentro dos limites superiores da norma, se encaixando na zona utilizável, conforme parâmetros da NBR 7211:2009.

O pedrisco, considerado como agregado graúdo, está na zona granulométrica 4.75/12.5, sendo d/D , onde d é correspondente à menor (d) e a maior (D) dimensões do agregado graúdo. Estando dentro dos parâmetros estabelecidos pela NBR 7211:2009, os agregados, tanto o miúdo como o graúdo, podem ser utilizados na produção dos ladrilhos hidráulicos.

Após a caracterização dos agregados e definição dos traços, a partir dos ladrilhos produzidos foi realizado os ensaios pertinentes a esse estudo. A Tabela 5 e 6 apresentam os resultados do módulo de resistência a flexão para os ladrilhos produzidos com a camada superficial de 0,5 e 1,0 centímetro, respectivamente.

Tabela 5. Resultados Resistencia a flexão com camada superior de 0,5 centímetro

Espessura camada superior (cm)	Traço	Módulo de resistência a flexão (MPa)	Mediana	Média	Desvio padrão				
0,5	Ref.	3,39	3,36	3,26	0,24				
		3,32							
		2,90							
	Pobre	3,42	3,10	2,81	0,51				
		3,10							
		3,11							
		2,22							
		Rico				1,36	1,82	1,88	0,60
						2,54			
	1,39								
			2,24						

Tabela 6. Resultados Resistencia a flexão com camada superior de 1,0 centímetro

Espessura camada superior (cm)	Traço	Módulo de resistência a flexão (MPa)	Mediana	Média	Desvio padrão				
1,0	Ref.	3,56	3,42	3,39	0,18				
		3,42							
		3,20							
	Pobre	2,34	2,45	2,49	0,18				
		2,74							
		2,48							
		2,41							
		Rico				2,78	2,65	2,57	0,26
						2,28			
	2,65								

Analisando os resultados obtidos através dos ensaios realizados e comparando aos limites estabelecidos com a NBR 9757:2013, passando por análise de variância (ANOVA), com intervalo de confiança de 95%, pode-se constatar que referente ao ensaio de flexão a variação da espessura da camada superficial de 0,5 e 1,0 centímetro, não interfere nos resultados.

as variações podem ser melhor observadas nos gráficos das Figuras 7 e 8, em função da espessura da camada superior.

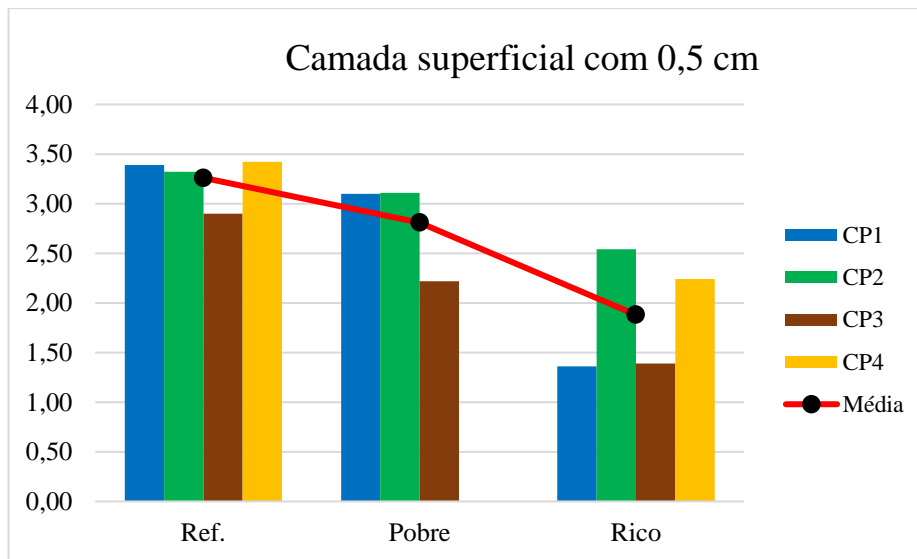


Figura 7. Resistencia à flexão em função da camada superficial de 0,5 centímetro

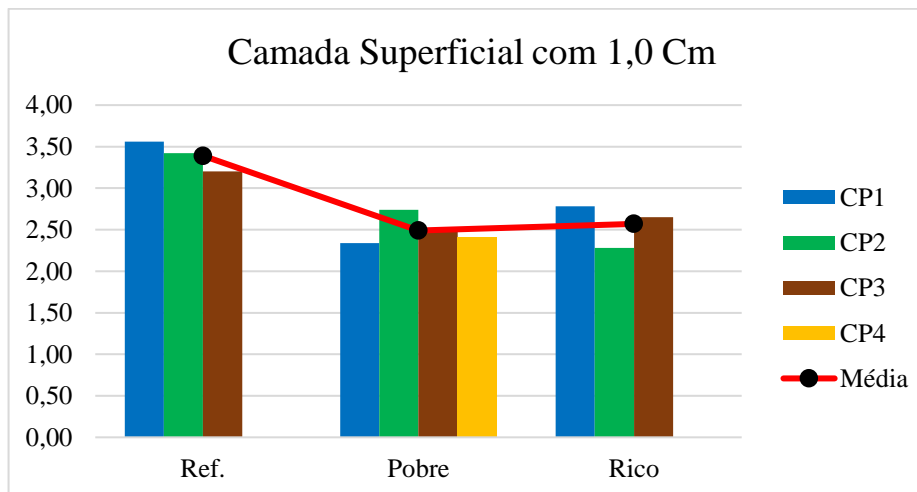


Figura 8. Resistencia à flexão em função da camada superficial de 1,0 centímetro

Em relação a mudança de traço, as análises estatísticas apontam diferença quanto ao traço rico da camada superficial em função da espessura de 0,5 centímetro, apresentando uma média de 1,82 MPa, com um maior desvio padrão, comparado as outras amostras. Conforme verificação dos resultados, essa diferença aconteceu devido ao transporte das peças de uma cidade a outra, sendo assim, as peças já estavam com uma tensão pré-aplicada, com isso diminuindo sua capacidade de suporte ao longo do ensaio. Chegou-se a essa conclusão devido a observação de pequenas fissuras neste lote mencionado, com isso, entende-se que o ensaio para esta específica variação deverá ser refeito.

Entendendo que as variações aplicadas na camada superior dos ladrilhos hidráulicos não influenciam nos resultados de resistência a flexão, a camada responsável por resistir a flexão é a camada inferior (farofa), haja vista que essa região existe maior esforço de tração, quando submetido a flexão. Portanto como essa camada não foi alterada e mantida conforme o traço referência da fábrica, a mesma é responsável pelo desempenho inferior ao esperado, não atendendo o valor mínimo de resistência a flexão exigido pela NBR 9457:2013. O Gráfico no formato boxplot da Figura 9 apresenta os resultados médios em função as duas espessuras verificadas.

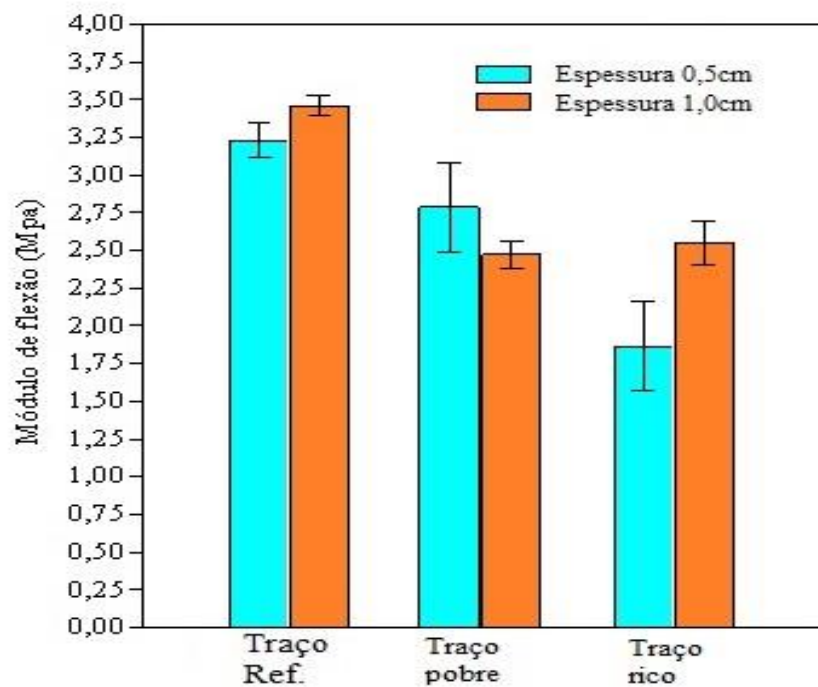


Figura 9. Gráfico dos resultados de resistência de flexão em relação as variações de espessura e traços.

Catoia e Liborio (2009), demonstraram através de seus resultados, uma alta resistência no modulo de resistência de flexão após 28 dias de cura, obtendo uma média de 8,60 MPa, utilizando o cimento CP V ARI RS e 7,80 MPa utilizando o cimento CPB 40 Estrutural, também utilizou aditivo superplastificante e adição de metacaulinita e Sílica ativa, com a intenção de produzir ladrilhos com concreto de alto desempenho.

Já Marques (2012), obteve resultados semelhantes a este trabalho, sendo que seu corpo de prova referência apresentou uma resistência de 3,86 MPa, as demais variações onde se

utilizou pó de basalto e areia de RCC reciclado, apresentaram respectivamente uma resistência de 3,27 MPa e 4,25 MPa.

Tendo em vista a dificuldade apresentada para a realização do ensaio de desgaste por abrasão, foi realizado apenas um ensaio em uma amostra, sendo que com essa amostra foi obtido três corpos de provas, que foram submetidos cada um ao ensaio de abrasão conforme NBR 9781:2013. Se atendo que as variações aplicadas na camada superficial não interferem no módulo de resistência característica a flexão, foi selecionada o ladrilho que conforme estudos, teria maior capacidade de obter resultado satisfatório, a amostra com o traço da camada superficial considerado “rico” e espessura da mesma camada de 1,0 centímetros. Vale salientar que não existe relação da resistência à flexão com a resistência à abrasão, e a peça escolhida para este ensaio, foi com base na viabilidade de produção.

Os resultados desse ensaio estão representados na Tabela 6, conforme laudo apresentado pelo laboratório de cerâmica e construção civil do SENAI/SC.

Tabela 7. Resultados do ensaio de resistência a abrasão conforme NBR 9781:2013

	Cavidade (mm)	Espessura superficial	Traço
CP1	21	1,0	RICO
CP2	22		
CP3	19		
Média	21		

A NBR 9781:2013 determina que para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, a cavidade máxima devido ao ensaio de abrasão deve ser menor ou igual a 23mm, com isso, o ladrilho hidráulico selecionado para este ensaio, atendeu os critérios da norma. Catoia e Liborio (2009), realizaram o ensaio de abrasão em suas peças, com base na NBR 12042:1992 – Materiais inorgânicos – determinação do desgaste por abrasão – Método de ensaio, obtendo segundo os autores, um resultado compatível, porém abaixo do mínimo requerido pela norma. Porém devido a utilização de uma norma diferente, com um processo de ensaio distinto, não é possível realizar uma comparação confiável neste quesito com os autores mencionados.

Reis e Tristão (2010), também utilizando a NBR 12042:1992, não obtiveram resultados que atendessem a norma, sendo que, na camada superficial, substituíram a areia por resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais, com uma relação água cimento de 0,70.

Vale destacar que os autores citados, fizeram uso de metodologia de produção diferente em relação a este trabalho, produzindo ladrilhos com três camadas, e com utilização de prensa na etapa de moldagem. Com isso, as referências para comparação e análise dos resultados foram escassas.

A inspeção visual das placas de ladrilho hidráulico foi realizada conforme a NBR 9457:2013, onde foram analisadas 24 peças produzidas. Todas as amostras apresentaram aspectos homogêneo e monocromático, com poucos defeitos e rebarbas, ou imperfeições dentro das tolerâncias estabelecidas, obtendo boa e aceitável qualidade visual e de acabamento. Os demais aspectos dimensionais estabelecidos pela NBR também obtiveram resultados satisfatório.

Conclusões

Baseando na caracterização dos agregados, bem como no processo experimental, resultando na obtenção dos resultados dos ensaios realizados, conclui-se que o objetivo de produzir ladrilhos hidráulico com uma referência pré-estabelecida, que atendam a NBR 9457:2013 e o ensaio de abrasão estabelecido pela NBR 9781:2013, foi alcançado parcialmente, sendo que quando as peças solicitadas a flexão, não obtiveram os resultados desejados, ficando abaixo da resistência mínima exigida pela NBR.

Conforme análise dos resultados do módulo de resistência característica a flexão, concluiu que a alteração do traço e da espessura até 1,0cm da camada superficial do ladrilho hidráulico, não influencia na resistência a flexão. Com isso, a peça selecionada para o ensaio de abrasão, foi com o traço rico e espessura de 1,0cm da camada superior, que atendeu aos requisitos da NBR 9781:2013, com um resultado médio de 21mm.

Em relação a análise dimensional e visual, as peças tiveram resultados compatíveis, com boa qualidade de acabamento, medidas dentro das tolerâncias, chanfro e baixo relevo, arestas vivas, empenamento, escondidade e ortogonalidade dentro do aceitável.

Recomendações para trabalhos futuros

Sugere-se para trabalhos futuros que pretendem seguir a mesma linha de pesquisa, a obtenção do atendimento do resultando da resistência característica a flexão conforme a NBR 9457:2013 especifica, analisando variações na camada inferior do ladrilho hidráulico, e/ou outros pontos como:

- Com base no modelo utilizado neste trabalho, realizar novos ensaios de abrasão, para chegar em um traço e espessura ideal para produção, adequando um equilíbrio entre uma maior economia e desempenho da peça.
- Realizar ensaio de absorção de água, nos ladrilhos hidráulicos produzidos com base nos modelos deste trabalho.
- Realizar ensaio de compressão axial simples, conforme NBR 5739:2018.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457:2013**. Ladrilhos hidráulicos para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818:1997**. Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:2015**. Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:2009**. Agregado para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:2003**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781:2013**. Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Manual de ladrilho hidráulico**. São Paulo, 2010.

ALMEIDA, Eridiana Pizzinato; GIACOMINI, Larissa Bressan; BORTOLUZZI, Marluse Guedes. **Mobilidade e Acessibilidade Urbana**. Passo Fundo, p.1-7, nov. 2013.

CATOIA, Thiago; LIBORIO, Jefferson Benedicto Libardi. SUBSÍDIOS PARA PRODUÇÃO DE LADRILHOS E REVESTIMENTOS HIDRÁULICOS DE ALTO DESEMPENHO. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 11, n. 53, p.129-133, 2009.

CATOIA, Thiago; LIBORIO, Jefferson Benedicto Libardi. LADRILHOS E REVESTIMENTOS HIDRÁULICOS DE ALTO DESEMPENHO. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 10, n. 47, p.53-74, 2008.

CATOIA, Thiago. **Ladrilhos e revestimentos hidráulicos de alto desempenho**. 2007. 111 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 196/98**: Agregados – determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro, RJ. 1998.

FERREIRA, Telma Ellen Drumond et al. Aproveitamento de resíduos finos de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil para a orientação de deficientes visuais. **Revista Eletrônica Engenharia de Interesse Social**, João Monlevado, v. 1, n. 3, p.1-15, 2018.

MARQUES, J. S. **Estudo do processo de produção de ladrilhos hidráulicos visando à incorporação de resíduos sólidos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e saneamento. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

O QUE É DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Dicionário Ambiental. ((O))eco, Rio de Janeiro, ago.2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28588-o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 23 de Abril de 2019.

PINHEIRO, Lígia. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Projeto técnico: CALÇADAS ACESSÍVEIS**. São Paulo, 2014.

REIS, Alessandra Silva; TRISTÃO, Fernando Avancini. Ladrilho hidráulico piso tátil com adição de resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais. **Ibracon**, Vitória, v. 3, n. 4, p.390-419, dez. 2010.