

REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

AGREGAÇÃO DE RESÍDUOS DE BLOCOS DE CONCRETO RECICLADO NA MATRIZ DE PAVIMENTO ASFÁLTICO DRENANTE

AGGREGATION OF WASTE FROM RECYCLED CONCRETE BLOCKS IN THE DRAINING ASPHALT PAVEMENT MATRIX

AGREGACIÓN DE RESIDUOS DE BLOQUES DE HORMIGÓN RECICLADO EN LA MATRIZ DE DRENAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

Maiara da Silva[1], Gabriel Max dos Santos Silva[1], Igor Alejandro da Costa Silva[1], Igor de Sá Oliveira[1], Igor Raimundo da Silva[1]

e212114
https://doi.org/10.47820/acertte.v2i12.114

PUBLICADO: 12/2022

RESUMO

Atualmente, muitas cidades estão sujeitas a situações provocadas pela falta de planejamento urbano e proteção ao meio ambiente. Algumas das principais características do processo de urbanização são o aumento de construções de alvenarias, desmatamento da área verde e a pavimentação, que diminuem consideravelmente a permeabilidade local. A região norte da cidade de São Paulo, por exemplo, enfrenta problemas em detrimento da inadequada drenagem de suas vias urbanas, e a falta de ações que visem melhorias desses sistemas, a notar essa deficiência pelas enchentes ocorridas no bairro da Brasilândia. Outra questão importante, considerando o território nacional, é a geração de resíduos de demolição e edifícios de blocos de concreto, que vem aumentando conforme a verticalização das cidades. Neste contexto, se faz necessária a busca por soluções sustentáveis para a melhoria dos cenários descritos. Desse modo, os pavimentos permeáveis, tornam-se uma alternativa adequada para o controle do escoamento de águas superficiais. E o emprego dos resíduos de demolição para a produção de outros materiais na construção civil, se mostra necessário, pois hoje, grande parte é descartado de forma incorreta. Objetivando o encontro de um material sustentável e tecnicamente viável, o presente trabalho desenvolveu revisão literária baseada em artigos científicos que possibilitaram embasamento para o estudo e análise metódica sobre agregação de material reciclado para produção de camada asfáltica permeável, utilizando-nos da análise química e física dos materiais envolvidos, como exemplo o cimento asfáltico, análise sobre o local de estudo e possível aplicação do material, além de estudo de sua viabilidade técnica.

PALAVRAS-CHAVE: Asfalto. Pavimentação. Drenagem. Blocos de Concreto. Materiais Betuminosos.

ABSTRACT

Currently, many cities are subject to situations caused by the lack of urban planning and protection of the environment. Some of the main characteristics of the urbanization process are the increase in masonry constructions, deforestation of the green area and paving, which considerably decrease local permeability. The northern region of the city of São Paulo, for example, faces problems at the expense of inadequate drainage of its urban roads, and the lack of actions aimed at improvements in these systems, to note this deficiency due to the floods that occurred in the neighborhood of Brasilândia. Another important issue, considering the national territory, is the generation of demolition waste and concrete block buildings, which has been increasing according to the verticalization of cities. In this context, it is necessary to search for sustainable solutions for the improvement of the described scenarios. Thus, permeable floors become an adequate alternative for the control of surface water flow. And the use of demolition waste for the production of other materials in civil construction is necessary, because today, much of it is disposed of incorrectly. Aiming at the meeting of a sustainable and technically viable material, the present work developed a literary review based on scientific articles that allowed a basis for the study and methodical analysis on the aggregation of recycled material for the production of permeable asphalt layer, using the chemical and physical analysis of the materials involved, such as asphalt cement, analysis on the place of study and possible application of the material, in addition to studying its technical feasibility.

KEYWORDS: *Asphalt. Paving. Drainage. Concrete Bloc. Bituminous Materials.*

[1] Universidade Paulista - UNIP



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

AGREGAÇÃO DE RESÍDUOS DE BLOCOS DE CONCRETO RECICLADO NA MATRIZ DE PAVIMENTO ASFÁLTICO DRENANTE

Maiara da Silva, Gabriel Max dos Santos Silva, Igor Alejandro da Costa Silva, Igor de Sá Oliveira, Igor Raimundo da Silva

RESUMEN

Actualmente, muchas ciudades están sujetas a situaciones causadas por la falta de planificación urbana y protección del medio ambiente. Algunas de las principales características del proceso de urbanización son el aumento de las construcciones de mampostería, la deforestación de la zona verde y la pavimentación, que disminuyen considerablemente la permeabilidad local. La región norte de la ciudad de São Paulo, por ejemplo, enfrenta problemas a expensas del drenaje inadecuado de sus vías urbanas, y la falta de acciones dirigidas a mejorar estos sistemas, para notar esta deficiencia debido a las inundaciones ocurridas en el barrio de Brasilândia. Otro tema importante, considerando el territorio nacional, es la generación de residuos de demolición y edificios de bloques de concreto, que ha ido en aumento de acuerdo con la verticalización de las ciudades. En este contexto, es necesario buscar soluciones sostenibles para la mejora de los escenarios descritos. Así, los suelos permeables se convierten en una alternativa adecuada para el control del caudal de agua superficial. Y el uso de residuos de demolición para la producción de otros materiales en la construcción civil es necesario, porque hoy en día, gran parte de ellos se eliminan incorrectamente. Con el objetivo de encontrar un material sostenible y técnicamente viable, el presente trabajo desarrolló una revisión literaria basada en artículos científicos que permitió una base para el estudio y análisis metódico sobre la agregación de material reciclado para la producción de capa asfáltica permeable, utilizando el análisis químico y físico de los materiales involucrados, como el cemento asfáltico, análisis sobre el lugar de estudio y posible aplicación del material, además de estudiar su viabilidad técnica.

PALABRAS CLAVE: *Asfalto. Pavimentación. Drenaje. Bloques de hormigón. Materiales bituminosos.*

INTRODUÇÃO

A urbanização é a transformação dos espaços rurais em espaços urbanos, e esse processo continua em crescimento no Brasil, pois de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2015 a maior parte da população brasileira, 84,72%, já vivia em áreas urbanas e 15,28% em áreas rurais. Algumas das principais características do processo de urbanização são o aumento de construções de alvenarias, calçadas, desmatamento da área verde e a pavimentação, que diminuem consideravelmente a permeabilidade do local, impedindo que a água infiltre pelo material e percole pelo solo, causando efeitos permanentes nas respostas hidrológicas como o aumento do escoamento superficial e a não recarga do lençol freático.

Além disso, a impermeabilização dos solos atrelada a um sistema de drenagem mal dimensionado ou não funcional podem ocasionar em problemas socioeconômicos, como o acontecimento frequente de enchentes e inundações e a lâmina d'água na camada de rolamento em dias chuvosos que, conforme alertado pela Polícia Rodoviária Federal em 2017, o risco de acidentes aumenta em 40% devido a aquaplanagem.

Considerando os prejuízos que podem ser causados, dispositivos e materiais que possam reduzir o escoamento superficial devem ser estudados à fim de melhorar a qualidade dos sistemas de drenagem atuais. O revestimento asfáltico drenante possui entre 18 e 25% de vazios com ar comparado ao concreto asfáltico dosado comum, segundo a especificação brasileira do DNER-ES 386/99, pode ser um recurso para essa finalidade, por sua alta capacidade permeável.

O problema de drenagem afeta principalmente países em desenvolvimento como o Brasil, onde a expansão urbana ainda é muito forte. Por isso, se observa que o interesse em estudos

voltados para a avaliação de eficiência e a aplicabilidade das medidas para o amortecimento das cheias é maior nesses países. Já nos países onde a ocupação urbana está mais consolidada os desafios envolvem a questão da qualidade da água e as várias aplicações práticas para conseguir este objetivo.

As obras de drenagem tradicionais frequentemente envolvem altos custos e transtornos à população. Estima-se, por exemplo, que até a década de 90 a administração de São Paulo tenha gastado a ordem de US$ 50 Milhões por quilômetros de canal implantado, conforme (TUCCI, 2007).
Até agora a resposta ao crescimento do fluxo das águas pluviais, problema cada vez mais importante em médias e grandes cidades, em muitos casos foi simplesmente promover obras para efetuar o transporte desses grandes volumes para redes de escoamento, sem recuperação das fundações naturais de infiltrações e armazenamento do solo.

Prejuízos vindos de enxurradas e enchentes costumam muitas vezes não serem tratados da forma devida, uma vez que, por exemplo, nas enchentes ocorridas no bairro da Brasilândia na Zona norte da cidade de São Paulo, região essa afetada durante o início de 2022, teve nos dias subsequentes do ocorrido apenas a limpeza das suas ruas, nenhum serviço de infraestrutura foi realizado para evitar que houvesse novos casos como este.

Através de revisões literárias, o presente estudo aborda a viabilidade técnica da implantação de pavimentos asfálticos drenantes produzidos a partir de resíduos de demolição de bloco de concreto, visando a redução de enchentes quando houver obstrução dos meios de drenagem convencionais. Para isso, foi definido um traço para o revestimento asfáltico drenante proposto, agregando porcentagens de blocos de concreto demolidos e triturados às proporções de agregados, e avaliadas a granulometria, a resistência à tração por compressão diametral e a permeabilidade desse material, com a finalidade de conhecer suas propriedades e garantir que elas atendam aos requisitos mínimos das normas de referência. A partir dos resultados obtidos, foi possível analisar se os traços propostos possuem quantidade de material reciclado consideráveis para relevância sustentável e propriedades drenantes suficientes para atenderem ao estabelecido em norma.

Diante ao exposto, este trabalho tem como objetivo geral descrever a produção de asfalto drenante com a agregação de resíduos de blocos de concreto, de forma a desenvolver um material que auxilie na redução do impacto de enchentes e que seja tecnicamente viável para aplicação. Como objetivos específicos tem-se a reutilização de material de amplo consumo e descarte na construção civil, auxiliando a redução do impacto ambiental e otimizando a utilização destes resíduos, desenvolvimento de um material que auxilie no escoamento superficial das águas das chuvas, visando a redução no impacto das enchentes em regiões propicias a tal e atender os parâmetros determinados em norma para tornar o material viável tecnicamente para aplicação.

EMBASAMENTO QUANTITATIVO-NUMÉRICO

Conforme apontado por Jabur *et al.* (2015), onde foi realizado o estudo comparativo entre pavimento asfáltico permeável e blocos de concreto vazados, no qual o traço utilizado para a execução do pavimento permeável foi de Asfalto Poroso Pré-misturado a frio com granulometria

aberta, sendo ele 60% de brita nº2, 40% de brita nº1 e 5% do volume de agregados em emulsão asfáltica. O experimento em questão foi realizado com a condição de que os pavimentos estudados não sofressem manutenções com o tempo, sendo assim, o Pavimento Permeável apresentou colmatação, na qual a permeabilidade do pavimento foi reduzida para 3,28mm/h em relação ao bloco de concreto vazado que foi de 199,93mm/h, sendo uma diferença percentual de 98,35%. Foi identificada a redução da permeabilidade do pavimento drenante, na qual se adveio devido à falta de manutenção periódica, que para manter os níveis de escoamento superficial a manutenção supracitada deve ser realizada.

Conforme Maia *et al.* (2019), foi realizado o estudo de dosagem e mistura para Pavimentos asfálticos drenantes produzidas com a adição do polímero elastomérico estireno-butadieno-estireno (SBS). Para dosagem foi utilizado 90% de brita, sendo 50% brita nº1 e 40% britam nº2, foi utilizado um teor de ligante de 3,7%, atendendo-se a um Volume de Vazios mínimo de 18% que é o limite mínimo imposto pelo DNER/ES 386/99. Assim, identificou-se o melhor desempenho do Pavimento Permeável quando relacionado ao pavimento de utilização regular apresentou uma redução na quantidade de CAP a ser utilizada na mistura e a redução da espessura necessária em campo, porém, apresenta ainda a necessidade de manutenção mais ativa que quando comparado ao Pavimento regular, que se encontra correlacionado com Jabur *et al.* (2015).

Em consonância com Mills-Beale *et al*. (2,009), foi utilizado traço semelhante ao de Maia *et al.* (2019), onde a única mudança significativa encontra-se no teor de ligante que foi superior, sendo 5,6%, e a proposta dos autores foi substituição das seguintes proporções de material reciclado, 25, 35, 50 e 75%. O objetivo do estudo era avaliar as propriedades mecânicas de Pavimento Permeável com a substituição dos agregados por material reciclado, como conclusão, os autores observaram que, conforme aumenta o percentual de material reciclado na mistura, cresce proporcionalmente a capacidade de absorção, e seguindo o mesmo princípio, ocorre a diminuição da quantidade de CAP a ser utilizada na mistura, conclusão esta que se encontra em acordo com os autores citados acima. Por fim, cabe citar que o estudo conclui que a afirmação de Maia *et al.,* (2019) permanece válida, onde ambos citam uma redução na espessura necessária em campo, porém, citam a necessidade de uma continua manutenção nos pavimentos devido ao fenômeno da colmatação.

Conforme aponta Dumke (2005), a alta percentagem de vazios dependerá, portanto, da utilização de agregados de boa qualidade e alta resistência, e curvas granulométricas abertas, com ou sem descontinuidade acentuada. A quantidade suficiente de ligante, de forma a não preencher os vazios, mas assegurando uma eficiente coesão, também se torna importante para um concreto asfáltico drenante de qualidade. É observada a necessidade da utilização de adição de polímeros na mistura asfáltica, quando o objetivo é a produção de Pavimento Permeável, uma vez que seu teor de vazios afeta grandemente sua resistência mecânica, uma das patologias que os aditivos poliméricos buscam corrigir e combater, com isso é imprescindível prosseguir a produção do material com a adição de tal aditivo que será posteriormente definido.

Em estudo realizado por Lucena *et al.* (2004), onde o objetivo de estudo foi a caracterização do CAP modificado com polímero SBS (Estireno-Butadieno-Estireno), mistura essa que se mostra

necessária seguindo Dumke *et al*. (2005) para a execução do pavimento permeável devido ao seu alto coeficiente de vazios. O estudo, utilizando-se do material, concluiu que com a utilização do SBS as propriedades elásticas foram melhoradas, mostrando um aumento na velocidade de recuperação a deformação dele, também foi identificado uma diminuição à susceptibilidade térmica, onde a tendência a trincas térmicas foi diminuída.

Foi selecionado, para o presente trabalho, um traço de mistura asfáltica, que será devidamente descrito neste tópico junto aos seus respectivos ensaios. Para realização dos ensaios, foram utilizados os seguintes materiais, Asfalto modificado por polímero SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) ou CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) 60/85, Material proveniente de demolição de blocos de concreto, brita nº 1, pedrisco e cal CH-I.

MECANISMO PRÁTICO DE ESTUDO

Antes de se executar a mistura, os blocos de concreto triturados foram levados a laboratório qualificado para execução de Ensaio de Granulometria do material, para ser possível caracterizar o agregado e suas proporções, para então determinar as devidas quantidades para cada mistura e traço.

A caracterização granulométrica do bloco de concreto triturado foi realizada no laboratório Qualitec, de acordo com as especificações da norma do DNER-ME 083/98 e DNIT 412/19, a amostra foi inicialmente submetida a uma estufa na temperatura de 110(+-5) ºC para secagem prévia e pesada para determinação da massa da amostra que foi identificada com 4,422kg. Após secagem do material, ele foi submetido ao ensaio nas peneiras graduadas com malhas quadradas conforme especificação do NBR NM 248:2001.

O peneiramento deste ensaio foi realizado de forma manual, seguindo as instruções do DNER-ME 083/98 e DNIT 412/19, que especifica apenas que o movimento realizado com as peneiras devem ser movimentos circulares e laterais. Após a passagem do material por cada uma das peneiras estabelecidas, foi sendo medido todo o material contido em cada malha de cada peneira do conjunto. Ao final do ensaio foi realizada novamente a pesagem do agregado para que fosse possível medir a perda devido ao peneiramento.

Na sequência, foi realizada a análise Granulométrica da mistura a ser utilizada, onde já agregados ao material reciclado se obtém os agregados graúdos e miúdos, no caso em questão a Brita e o Pó de pedra, onde se obteve a curva da mistura e a partir dela o material foi locado conforme as faixas que o DNER-ME 386/99 menciona.

REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Figura 1 – Agregados separados conforme análise granulométrica.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Análise granulométrica da mistura dos agregados.

Composição dos Agregados

Materiais		BRITA 1'	PEDRISCO	RECICLADO	CAL CH-I	Mistura	Data			
Peneiras		**35,0**	**40,0**	**23,5**	**1,5**	**100,0**	Especificação		Fx de trabalho	
pol.	mm						min.	max.	min.	max.
3/4'	19,1	100,0 = 35,0	100,0 = 40,0	100,0 = 23,5	100,0 = 1,5	**100,0**	100	100	100,0	100,0
1/2'	12,7	44,1 = 15,4	100,0 = 40,0	100,0 = 23,5	100,0 = 1,5	**80,4**	70	100	73,4	87,4
3/8'	9,5	16,2 = 5,7	97,1 = 38,8	90,1 = 21,2	100,0 = 1,5	**67,2**	50	80	60,2	74,2
4	4,8	3,0 = 1,1	24,8 = 9,9	54,9 = 12,9	100,0 = 1,5	**25,4**	18	30	20,4	30,0
10	2,0	1,7 = 0,6	5,9 = 2,4	54,6 = 12,8	100,0 = 1,5	**17,3**	10	22	12,3	22,0
40	0,42	1,5 = 0,5	3,6 = 1,4	20,0 = 4,7	100,0 = 1,5	**8,2**	6	13	6,0	13,0
200	0,075	1,3 = 0,5	2,2 = 0,9	6,5 = 1,5	96,4 = 1,4	**4,3**	3	6	3,0	6,0

Fonte: Autoria própria.

Em consonância com a DNER-ME 386/99, o asfalto permeável deve possuir seu volume de vazios entre 18 e 25%, ou seja, o percentual de vazios comunicantes pelos quais a água percola deve atingir o intervalo acima mencionado. Para a verificação se os corpos de prova atendem as especificações normativas, todos foram pesados em balanças com precisão de 5kg ou 50N.

REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Figura 3 – Corpos de prova sendo pesados em balanças.



Fonte: Autoria própria.

Em sequência, os corpos de prova foram envoltos em fita crepe e parafina para que tivessem qualquer porosidade fechada, para que no momento da imersão para pesagem não houvesse alterações por entrada de água nos veios do corpo de prova, e antes de serem pesados em meio aquoso, foram pesados em balança para obtenção da densidade e peso da fita e parafina utilizadas, conforme Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Corpo de prova envolto em fita crepe e parafina sendo pesado.



Fonte: Autoria própria.

Em continuidade, com o Asfalto Poroso realizado e curado, foi aplicado o ensaio de Resistência a tração por compressão diametral em ambos os traços selecionados, conforme solicitado pelo DNER-ME 386/99 é ditado e realizado conforme especificações do DNIT-ME 136/18.

Para o ensaio, a norma acima mencionada, os seguintes materiais são necessários: prensa mecânica, com sensibilidade inferior ou igual a 20N, célula de carga, com capacidade de 10kN e precisão de, no mínimo, 100N, com registro automático das cargas aplicadas até a ruptura, Medidores de deslocamento, com capacidade de registrar os deslocamentos do corpo de prova

durante todo o carregamento, paquímetro e termômetro. Os corpos de prova devem ser moldados através do Método Marshall, que será descrito na sequência.

Os corpos de prova foram posicionados com a superfície cilíndrica em contato com os frisos metálicos inferiores e superiores, e logo após foi aplicado carregamento conforme determinado pela norma que diz que deve ser aplicado a uma velocidade de 0,0008m/s até a ruptura do corpo de prova.

Figura 5 – Ensaio em ato de realização.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Corpo de prova rompido.



Fonte: Autoria própria.

Conforme mencionado no Ensaio de Tração por Compressão Diametral, são utilizados corpos de prova de Marshall, estes devem ser realizados conforme as DNER-ME 043/95 e DNIT-ME 178/18, onde é necessário que se tenha em mãos o molde dos corpos de prova composto por anéis e fundo removível, e prensa capaz de aplicar cargas até 39,2 kN.

A mistura asfáltica foi preparada, enquanto a placa elétrica ou estufa mantém a forma do corpo de prova a uma temperatura de 10ºC a 15ºC acima da temperatura de derretimento do CAP. Em seguida a mistura foi despejada nas formas pré-aquecidas e levadas a prensa para que fosse submetido ao total de 50 a 75 golpes em cada uma de suas faces, após é retirado e deixado em repouso a temperatura ambiente até atingir a mesma e em sequência o corpo de prova deve ser medido e pesado.

Os corpos de prova moldados por este método são utilizados tanto para o ensaio de tração por compressão diametral, quanto para os ensaios de mesmo nome, Marshall, que é utilizado para determinar a estabilidade e fluência da mistura, ambos são obtidos simultaneamente, conforme discorre a DNER-ME 043/95 e DNIT-ME 178/18.

Figura 7 – Corpo de prova moldado.



Fonte: Autoria própria.

Para realização do ensaio de permeabilidade foi utilizado como base a ASTM C1701, que discorre da seguinte forma, um anel é temporariamente selado ao pavimento e uma determinada massa de água é despejada no interior do anel a um determinado tempo, onde a capacidade de infiltração do pavimento será registrada. Os materiais usados foram, corpos de prova de ambos os traços, proveta graduada de 1 L e silicone para selagem da base do anel ou proveta graduada.

Figura 8 – Materiais para ensaio de permeabilidade.



Fonte: Autoria própria.

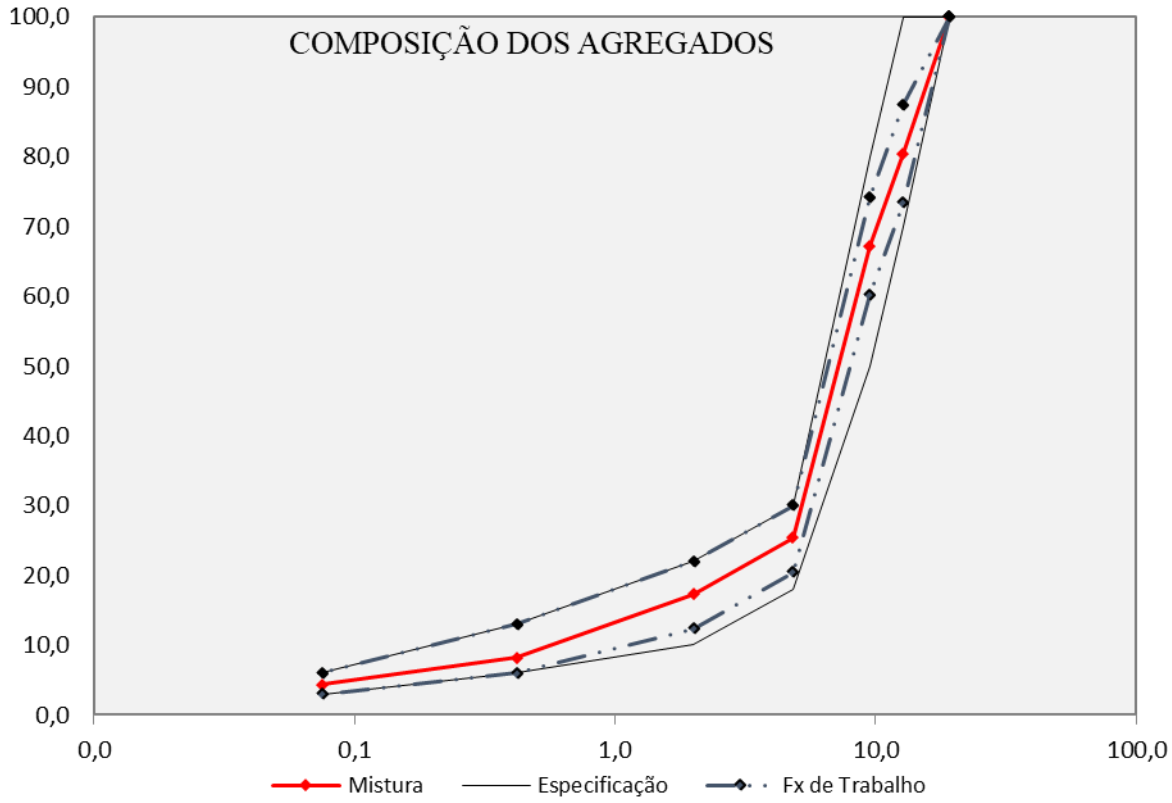
A permeabilidade da mistura foi determinada utilizando-se de 500ml disponíveis na proveta até seu esgotamento total que durou o total de tempo (t), t = 15s.

TAMANHO DA AMOSTRA PARA ESTUDO

Com a finalidade de alcançar uma mistura asfáltica com agregação de reciclados que possua propriedades drenantes, a dosagem dos agregados foi determinada através de estudo

granulométrico, conforme Figura 10. apresentado a seguir, e teve como base de dados iniciais os estudos de Jabur *et al*. (2015), Maia et al. (2019) e Mills-Beale et al. (2009) e alteração de algumas porcentagens para se enquadrar na caracterização da Faixa V da DNER-ES 386/99.

Figura 9 – Curva granulométrica da mistura dos agregados.



Fonte: Autoria própria.

As proporções dos materiais utilizados para a execução da mistura asfáltica necessária para a moldagem dos corpos de prova foram de 35,0% de brita nº1, 40,0% de pedrisco, 23,5% de material reciclado proveniente da demolição de blocos de concreto, 1,5% de cal CH-I e 5,0% da massa de asfalto modificado por polímero SBS ou CAP 60/85.

Para a execução de cada ensaio foram utilizados seis corpos de prova para cada ensaio, atendendo ao mínimo recomendado pela ABNT NBR 5738, por isso, para o presente estudo moldaram-se 12 corpos de prova. Cada corpo de prova é composto por cerca de 1,20 kg da mistura asfáltica e moldado com 10 cm de diâmetro e aproximadamente 6 cm de altura, conforme preconizam as normas DNIT 178/18 e DNIT 136/18.

A massa total necessária para a moldagem dos 12 corpos de prova foi de aproximadamente 5,04 kg de brita n° 1, 5,76 kg de pedrisco, 3,384 kg de reciclado, 0,216 kg de cal CH-I e 0,72 kg de CAP polimérico 60/85.

Tabela 1 – Massas dos traços por corpo de prova.

MATERIAL	MASSA POR CP (kg)
Brita n° 1	0,42
Pedrisco	0,48
Reciclado	0,282
Cal CH-I	0,018
CAP 60/85	0,06
MASSA TOTAL	**1,26**

Fonte: Autoria própria.

Os corpos de prova foram moldados em atendimento aos procedimentos descritos pelas DNER-ME 043/95 e DNIT-ME 178/18 e moldados conforme as normas as normas DNIT 178/18 e DNIT 136/18, com a finalidade de comprovar a viabilidade de utilização do material proposto. Seis dos corpos de prova foram utilizados para conhecimento da fluência e estabilidade através do ensaio Marshall e da resistência à tração por compressão diametral e os outros seis corpos de prova para a realização do ensaio de permeabilidade.

As cargas as quais os corpos de prova sofreram rompimento foram as apresentadas na Tabela 2 e as vazões resultantes dos ensaios de permeabilidade, apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de Resistência à tração por compressão diametral.

Resistência à tração por compressão diametral (Mpa)					
CP1	**CP2**	**CP3**	**CP4**	**CP5**	**CP6**
1,11	1,14	1,09	1,12	1,14	1,12

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 – Resultados do ensaio da permeabilidade.

Vazão (m³/s)					
CP7	**CP8**	**CP9**	**CP10**	**CP11**	**CP12**
2,60E-05	2,56E-05	2,54E-05	2,53E-05	2,52E-05	2,49E-05

Fonte: Autoria própria.

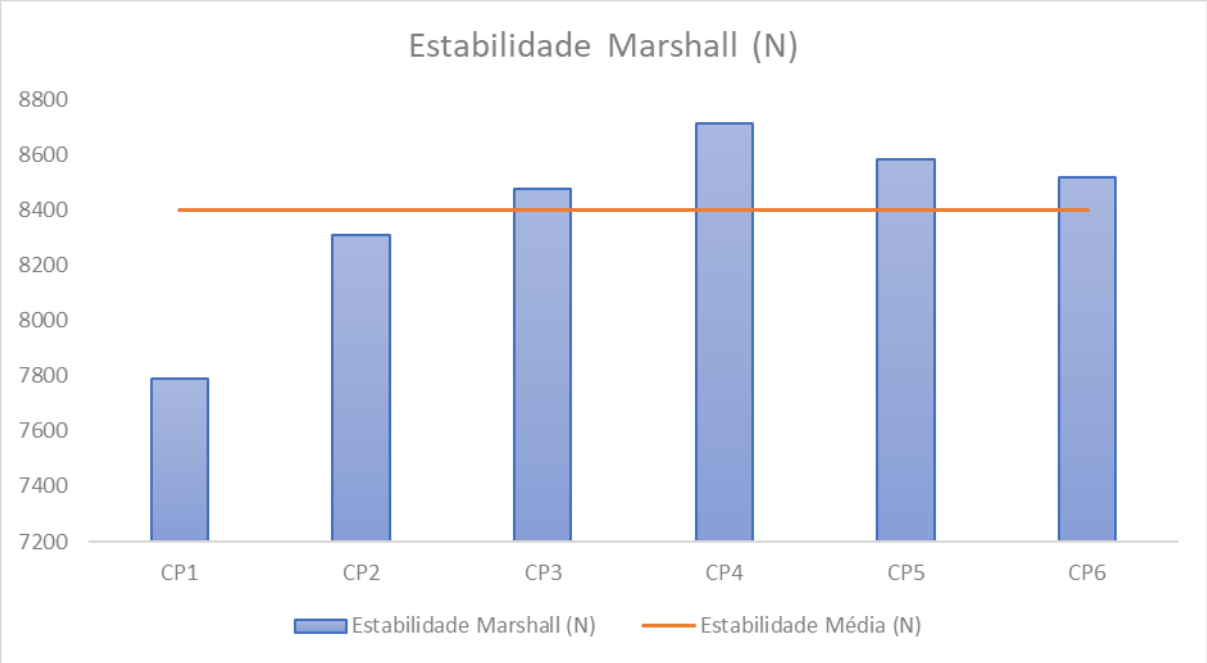
COLETA DE DADOS

Através dos ensaios de Marshall (durabilidade e fluência da mistura) seguindo a DNER-ME 043/95 e DNIT-ME 178/18, com as amostras tendo suas dimensões definidas conforme as normas mencionadas de 10,1 x 6,3cm, sendo assim, foram obtidos os valores de Estabilidade Marshal da mistura moldada expressos em Newton (N), e com os mesmos corpos de prova, será realizado o ensaio de tração por compressão diametral.

Todos os corpos de prova foram ensaiados utilizando-se do mesmo método, e como pode-se observar, os resultados não possuem diferenças significativas entre si. Na Figura 26 abaixo, é

possível visualizar os resultados obtidos pelas 6 amostras, nomeadas de CP 1 a CP 6, e obteve-se a estabilidade média de 8.404,67 N.

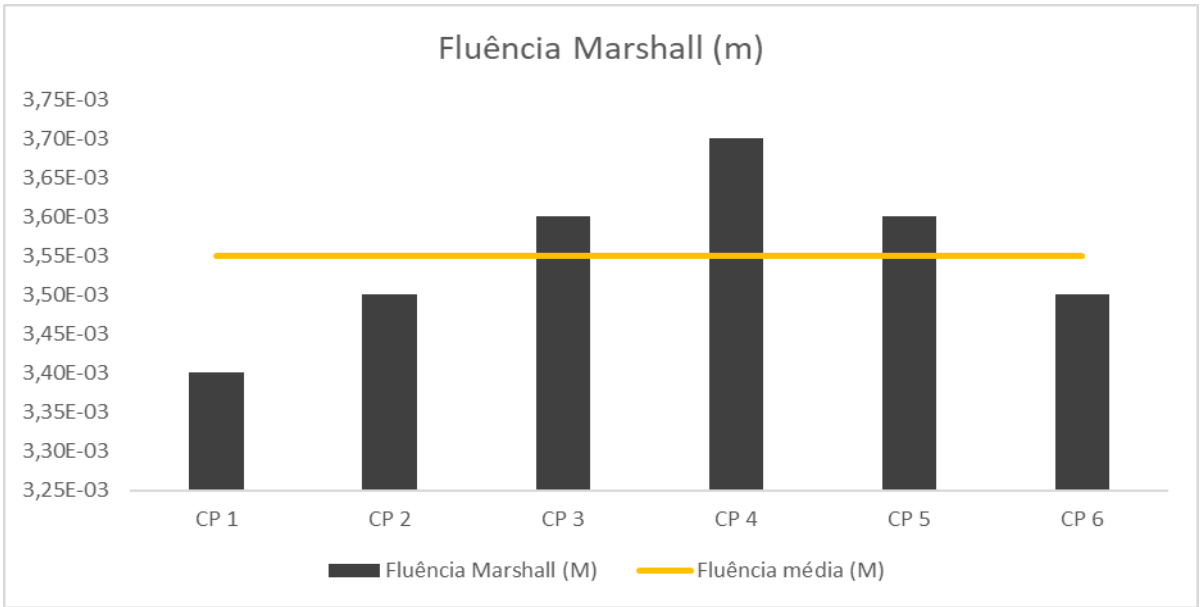
Figura 103 – Resultados do Ensaio de Durabilidade Marshall (N).



Fonte: Autoria própria.

Para os resultados de Fluência da mistura, realizado dentro do mesmo experimento Marshall, seguindo a DNER-ME 043/95 e DNIT-ME 178/18, pelos mesmos parâmetros para obtenção da Estabilidade Marshall, obtivemos os seguintes resultados expressos em Metros (m).

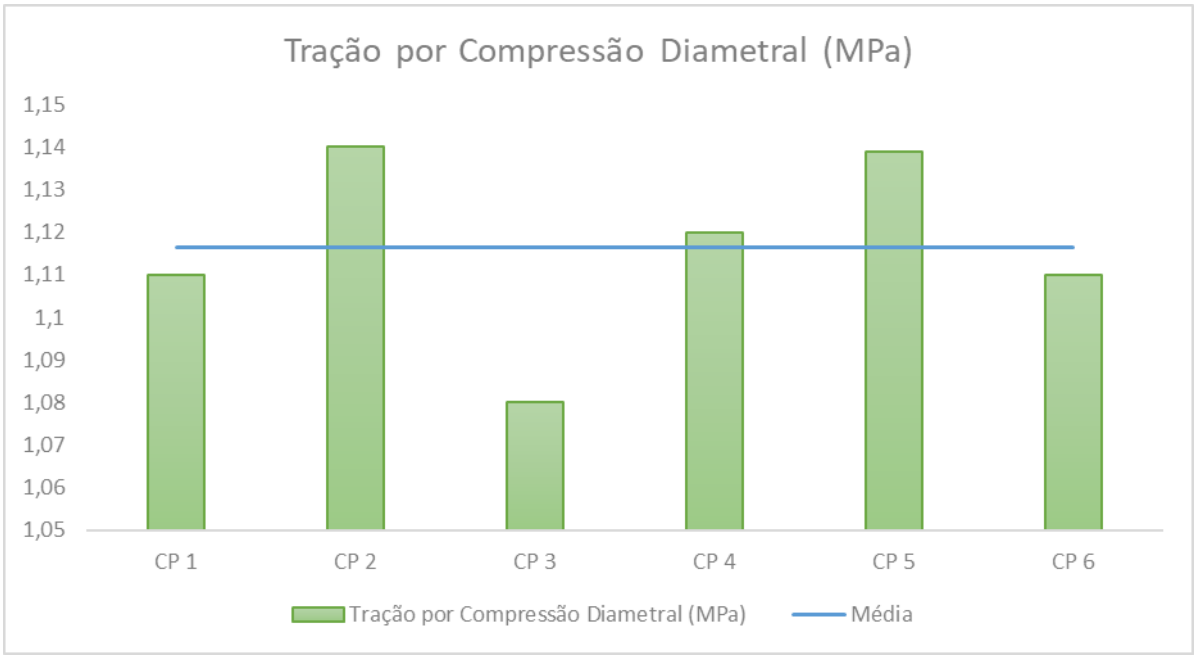
Figura 11 – Resultados do Ensaio de Fluência Marshall.



Fonte: Autoria própria.

Seguindo com o ensaio de Tração por Compressão Diametral, realizado conforme indica a DNIT-ME 136/18, com os 6 corpos de prova moldados pelo método Marshall e utilizados para obtenção de dados para os 2 ensaios realizados anteriormente. No gráfico representado na Figura 28 pode-se visualizar os resultados obtido no gráfico abaixo, os valores de resistência dos corpos de prova são dados em MPa (Mega Pascal).

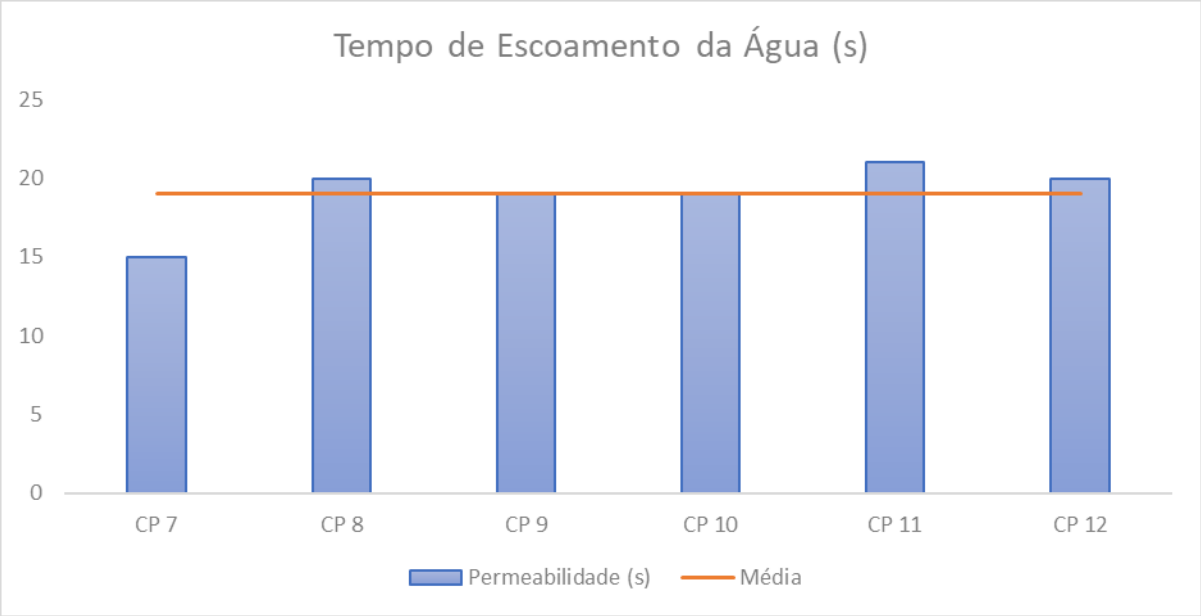
Figura 12 – Resultados obtidos do ensaio de Tração por Compressão Diametral.



Fonte: Autoria própria.

Para o ensaio de permeabilidade, foram utilizados os parâmetros conforme descritos da ASTM C1701, foram moldados corpos de prova nomeados de CP 7 a CP 12 com as mesmas dimensões dos ensaios mencionados, e um anel concêntrico para a realização do ensaio. Na Figura 29 é possível visualizar os resultados obtidos e a comparação entre eles.

Figura 13– Tempo de escoamento no corpo de prova.



Fonte: Autoria própria.

ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Para que seja possível analisar se o material proposto possui propriedades drenantes que tornam sua utilização viável, os resultados obtidos e demonstrados no item anterior devem ser comparados aos requisitos normativos e aos estudos de autores que foram utilizados como embasamento para escolha da dosagem e agregados utilizados para a definição do traço do concreto asfáltico drenante ou camada porosa de atrito (CPA) em estudo.

Em consonância aos estudos de Jabur *et al*., (2015), Maia *et al*., (2019) e Mills-Beale *et al.,* (2009), foi determinada a dosagem dos agregados com as porcentagens apresentadas na Tabela 4, e a análise granulométrica dessa mistura apresentou caracterização conforme a Faixa V segundo a DNER-ME 386/99.

Tabela 4 – Traço realizado para análise.

Percentual de agregados da mistura (%)				
Brita 1	**Pedrisco**	**Reciclado**	**Cal CH-I**	**Mistura**
35,0	40,0	23,5	1,5	100,0

Fonte: Autoria própria.

Uma das principais características das quais a CPA deve possuir, segundo a norma em referência, é um volume de vazios entre 18 e 25%. Os ensaios executados demonstraram que o material proposto possui um volume médio de vazios de 21,36% (Tabela 5) que, em comparação aos dados dos estudos realizados por Maia *et al.,* (2019) e Mills-Beale *et al.,* (2009), observou-se superioridade, conforme a Tabela 6 apresentada abaixo.

Tabela 5 – Volume de vazios dos corpos de prova.

Volume de vazios dos corpos de prova (%)												
CP1	**CP2**	**CP3**	**CP4**	**CP5**	**CP6**	**CP7**	**CP8**	**CP9**	**CP10**	**CP11**	**CP12**	**Média**
21,1	21,7	21,0	21,5	21,7	21,2	21,3	21,3	21,0	21,4	21,6	21,6	21,36

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 – Comparativo entre os valores de vazios.

Volume de vazios (%)		
Autoria própria	**Maia *et al* (2019)**	**Mills-Beale *et al* (2009)**
21,36	18,00	4,00

Fonte: Autoria própria.

Outra das características importantes normatizadas pela DNER-ME 386/99 é a resistência à tração por compressão diametral, que deve ser no mínimo de 5,5 kgf/cm² ou 0,53 MPa. Os resultados dos ensaios demonstraram uma resistência média de 1,12 MPa (Tabela 7), em que também se observou resultados superiores em relação ao estudo de Maia *et al.,* (2019), conforme Tabela 8 abaixo.

Tabela 7 – Resistência à tração por compressão diametral.

Resistência à tração por compressão diametral (MPa)						
CP1	**CP2**	**CP3**	**CP4**	**CP5**	**CP6**	**Média**
1,11	1,14	1,09	1,12	1,14	1,12	1,12

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 – Comparativo de resistência do ensaio de tração por compressão diametral.

Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	
Autoria própria	**Maia *et al* (2019)**
1,12	0,61

Fonte: Autoria própria.

O material estudado também apresentou resistência máxima à compressão radial de 8.404,67 N e deformação total desde a aplicação da carga inicial nula até a aplicação da carga máxima de 3,60E-04 m e seu volume de vazios apresentado no item anterior possibilitou uma vazão de aproximadamente 2,53E-05 m³/s, conhecida através do ensaio de permeabilidade.

Todos os ensaios foram realizados segundo as recomendações da DNER-ME 386/99 e obtiveram resultados que atenderam aos seus requisitos mínimos. A baixa quantidade de agregados miúdos na mistura, permitiu a existência de volume de vazios superior ao mínimo exigido em norma e a capacidade de percolação de água apresentada nos resultados dos ensaios de permeabilidade, indica a existência de vazios comunicantes. Além disso, os resultados de resistência à tração por compressão diametral dentro dos padrões normativos, indicam que a proporção de agregados da mistura em conjunto com o teor de asfalto polimérico utilizado possui resistência suficiente para emprego como camada sobrejacente ao revestimento, com a função de CPA.

A partir dos resultados dos ensaios executados, nota-se que o material proposto, cujo traço foi desenvolvido em consonância com os estudos de Jabur *et al.,* (2015), Maia *et al*., (2019) e Mills-Beale *et al*., (2009) e teve algumas de suas porcentagens adequadas para atendimento ao

normatizado pela DNER-ME 386/99, possibilitou a agregação de 23,5% de resíduos de blocos de concreto reciclado à produção de revestimentos asfálticos drenantes (camada porosa de atrito - CPA) de forma que seu volume de vazios, resistência à tração por compressão diametral e faixa granulométrica se enquadram nos padrões normativos. A possibilidade de agregação desse material reciclado atende ao objetivo específico do presente estudo, que pretendia dar utilidade aos resíduos de blocos de concreto, um material de amplo consumo e descarte.

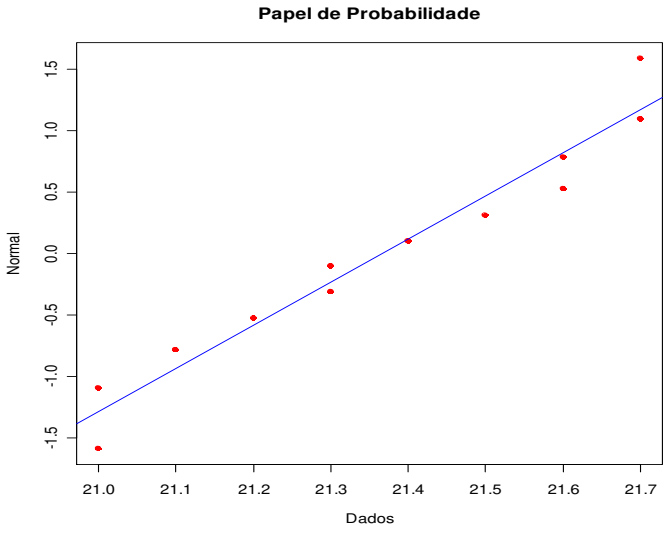
Os resultados de porcentagem de volume de vazios e permeabilidade obtidos nos ensaios, possibilitam o conhecimento de que a mistura asfáltica em estudo possui vazios comunicantes, permitindo a percolação da água. Assim, por essas características, a mistura asfáltica pode ser empregada como CPA que, aliada a um sistema de drenagem, pode auxiliar na diminuição do escoamento superficial das águas pluviais, reduzindo o impacto das enchentes em regiões propicias a tal. Além disso, os ensaios apresentaram resultados de porcentagem de volume de vazios e resistência à tração por compressão diametral, que atendem aos mínimos exigidos em norma.

RESULTADOS ESPERADOS E SIGNIFICÂNCIA DO PROJETO

O estudo apresentado no presente trabalho, teve seu objetivo fundamentado na necessidade de algumas regiões que sofrem com enchentes em dias de grandes volumes de chuva, de um mecanismo que auxilie na redução do escoamento superficial das águas pluviais e que, além disso, sua produção possa reduzir o volume de resíduos gerados pela construção civil.

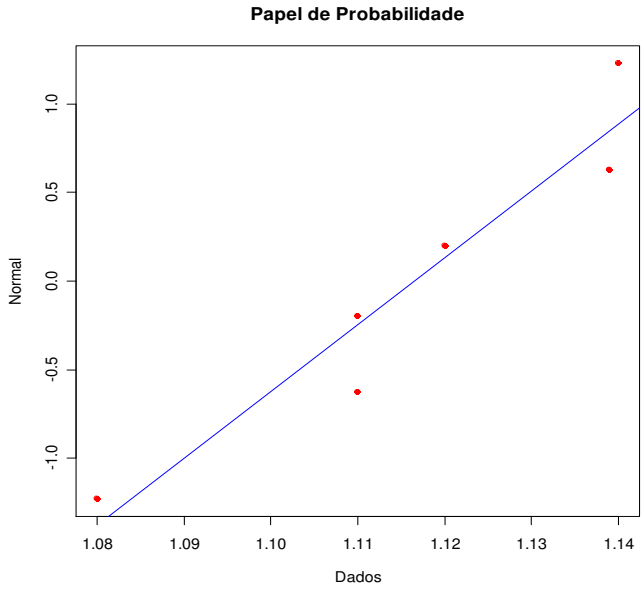
Dando importância ao exposto acima, com a finalidade de confirmar que os dados resultantes do estudo apresentam uma distribuição normal, os gráficos a seguir, ilustram as curvas consequentes dos testes de normalidade da amostra, considerando os resultados da análise de volume de vazios e resistência à tração por compressão diametral.

Figura 14– Teste de normalidade volume de vazios.



Fonte: Autoria própria.

Figura 15– Teste de normalidade resistência à tração por compressão diametral.



Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, devido aos dados do processo dos testes de normalidade indicados na Tabela 9, conclui-se a validação da proposta do estudo, que indica que o material atende aos requisitos técnicos para aplicação em todas as características estudadas.

Tabela 9 – Dados do processo.

Dados do processo (%)			
Volume de Vazios		Resistência à tração por compressão diametral	
Estatística	P-valor	Estatística	P-valor
92,16	29,93	91,09	44,24

Fonte: Autoria própria.

Apesar dos resultados positivos, o presente trabalho permite outras vertentes de estudo para seu complemento ou continuação, como o estudo desse traço com redução do teor CAP modificado por polímero SBS em concordância ao estudo realizado por Lucena et al., (2004), que obteve melhores propriedades elásticas em comparação aos outros autores ou o estudo de um sistema de drenagem ao qual esse tipo de revestimento pode ser aliado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aqui realizado para a agregação de resíduos de blocos de concreto à matriz da camada porosa de atrito (CPA) e a implantação desse tipo de revestimento asfáltico como auxiliar para redução do impacto das enchentes em locais como a Rua Ibiraiaras, localizada no bairro da Brasilândia, pertencente à zona norte do munícipio de São Paulo, capital, foi satisfatório, considerando os aspectos propostos, pois, os resultados obtidos nos ensaios atenderam aos requisitos normativos e se mostraram superiores aos estudos de autores em comparação.

Para a proposição dos aspectos estudados, foram considerados os requisitos mínimos que a DNER-ME 386/99 recomenda para que o revestimento asfáltico possua propriedades drenantes, ou seja, possa ser empregada como camada porosa de atrito, demonstrando servir aos objetivos, possibilitando sua utilização real e atendendo ao propósito desta pesquisa. Entretanto, para o emprego definitivo do material, ainda são necessários mais estudos das propriedades não abordadas, estudar novos traços com utilização maior de material reciclado, com maior teor de CAP, além de outros fatores que não estão ligados ao material, como o tipo de solo empregado e o tipo de tráfego. As possibilidades são muitas e aguardam para serem descobertas.

Dessa forma, o presente estudo teve como principal objetivo, conhecer as propriedades do material proposto de forma que traga a vista a viabilidade técnica de sua implantação, pensando na resolução dos problemas mencionados, e podendo ser um material aplicável não apenas regionalmente, mas com os traços e alterações corretas pode ser usado para outros locais, cada um com a sua particularidade. É possível identificar que algumas das dificuldades executivas encontradas foram em chegar no diâmetro de agregado necessário com os blocos de concreto. As dificuldades mais expressivas que ocorreram em todo o processo, foram encontrar empresas parceiras para realização dos traços e ensaios necessários e de encontrar literatura nacional que pudéssemos utilizar como base para comparação e execução da metodologia, onde foi necessário recorrer a artigos de países estrangeiros para complementarmos o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AHN, J.; JUNG, J.; KIM, S.; HAN, S. I. X-RAY image analysis of porosity of previous concretes. **Revista GEOMATE**, [S. l.], v. 6, n. 11, p. 796–799, 2014. Disponível em: https://geomatejournal.com/geomate/article/view/2948

AIRES, T. R. B. *et al. Degradação do asfalto causado por drenagem urbana ineficiente*. 2018. TCC (Graduação) - Ceres, Brasília, 2018. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/1537.

ARAÚJO, A. C. R.; SANTOS, C. S.; GONÇALVES, J. R. M. R. Análise da drenagem urbana com ênfase na redução de riscos de enchentes. **Revista Augustus,** v. 24, n. 48, p. 146-158, 2019. Disponível em: https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/338

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M; GOLDENFUM, J. A. Avaliação de eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH,** Porto Alegre, v. 5, n. 3, jul./set. 2000. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=44&SUMARIO=643

ARRUDA, C. Foi bastante desesperador', diz moradora da Brasilândia após reviver enchente em SP. **Agência Mural,** 2022. Disponível: https://www.agenciamural.org.br/foi-bastante-desesperador-diz-moradora-da-brasilandia-apos-reviver-enchente-em-sp/. Acesso em: 01 jun. 2022.

CALTRANS. California Department of Transportation. **Open Graded Friction Course Usage Guide. Division of Engineering Services Materials Engineering and Testing Services**. California: Sacramento, 2019. Disponível em: https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/research-innovation-system-information/documents/final-reports/ucprc-rr-2019-03-v2-a11y.pdf

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A.; SILVEIRA, A. L.; MARQUES, D. M. **Avaliação da evolução do comportamento quantitativo de pavimentos permeáveis no controle do escoamento superficial**

Revista brasileira de recursos hídricos, 2013. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=97&SUMARIO=1506

COSTA, M. C. B.; SILVA, L. S.; NOGUEIRA, M. H. P.; LIMA, G. K. M.; BATISTA, N. J. S. Estudo da viabilidade técnica do uso de concreto permeável em pavimentos urbanos de baixo trafego utilizando agregado graúdo regional. **RCT – Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 8, 2019. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rct/article/view/5217

DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias.** 2. ed. Versão Preliminar. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf

DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** 2. ed. Versão Preliminar. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf

EIGER, S. A equação de infiltração de Horton como resultado de um modelo conceitual. *In:* **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, São Paulo, SP, 2005. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/149/ABRH126.pdf

FERGUSON, B. K. **The making of progress in technology and desing**. California USA: Sept, 2006. Disponível em: http://www.sept.org/techpapers/1290.pdf;

FILHO, E. M. **Estudo de granulometria para concretos asfálticos drenantes.** 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2001. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81713

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: the case of floods in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, v. 45, p. 106-113, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019739751400099X

JUNIOR, T. C. **Estudos das propriedades de misturas asfálticas convencionais e modificadas**. 2008. TCC (Especialização) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18323

KNIESS, C. T. Estudo da utilização da reciclagem de concreto asfáltico como camada de pavimento. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade – GeAS,** v. 7, n. 3, 2018. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/11517

LEITE, L. M. F.; MOTTA, L. M. G.; COSTA, E. C.; TEIXEIRA, L. H.; MORILHA, A.; MARTINS, L. D. **Informações básicas sobre materiais asfálticos**. Rio de Janeiro, RJ: IBP, 2020. Disponível em: https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2021/05/2021-ebook-ibp-informacoes-basicas-sobre-materiais-asfalticos.pdf

LUCENA, M. C. C.; SOARES, S. A.; SOARES, J. B. Characterization and Thermal Behavior of Polymer-Modified Asphalt. **Mat Res**., v. 7, n. 4, dec. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/mr/a/kQ3BDBsc348hZQH4qxjjmzb/?lang=en

LUIZ, G. A. et al. Estudo da viabilidade técnica do uso do asfalto permeável como alternativa de prevenção de enchentes urbanas na cidade de Três Rios. **Epitaya,** v. 1, n. 12, p. 82-98, 2020. Disponível em: https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/52

MAIA, R. S.; ALECRIM, C. M. C.; BRANCO, V. T. F. C. Utilização de revestimentos drenantes do tipo camada porosa de atrito (CPA) e de asfalto modificado por polímero (AMP) como soluções para o meio urbano em Fortaleza-CE. *In:* **33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte de ANPET**, Balneario Cambaoriu, SC, 10 de novembro a 14 de novembro de 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341065352_UTILIZACAO_DE_REVESTIMENTOS_DRENA

NTES DO TIPO CAMADA POROSA DE ATRITO CPA E DE ASFALTO MODIFICADO POR P OLIMERO AMP COMO SOLUCOES PARA O MEIO URBANO EM FORTALEZA-CE

MARUYAMA, C. M.; FRANCO, M. A. R. Pavimentos Permeáveis e Infraestrutura Verde. **Cidades Verdes,** v. 4, n. 9, p. 73-86, 2016. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/view/1384

MIRANDA, A. G. S.; SILVA, G. S. Patologias na pavimentação e drenagem urbana. Estudo de caso: Av. Perimetral, em Belém-PA, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação,** v. 8, n. 4, p. 273-288, 2022. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5053

OLIVEIRA, A. H.; BRANCO, V. T. F. C.; SOARES, S. A. **Avaliação do potencial do liquido da castanha de caju (LCC) como retardante de envelhecimento para materiais asfálticos**. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade federal do Ceará. Fortaleza – CE. 2011. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/11174

OLIVEIRA, B. I. S.; MATUTI, B. B. A utilização de resíduos classe A na pavimentação. **Semana Acadêmica**, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/artigo/utilizacao-de-residuos-classe-na-pavimentacao

OLIVEIRA, M. B.; OTTONI, M. V.; FILHO, T. B. O.; MACEDO. J. R.; FILHO, O. C. R. **Análise de desempenho de equações de infiltração em solos de uma bacia hidrográfica de São José de Ubá** – RJ. 2005 TCC (Trabalho Apresentado em Evento) - Rio de Janeiro, RJ. 2005. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17842

PETERSEN, J. C.; BRANTHAVER, J. F.; ROBERTSON, R. E.; HARNSBERGER, P. M.; DUVALL, J. J.; ENSLEY, K. **Effects of phsysicochemical factors on asphalt oxidation kinetics**. USA: Trid, 1990. Disponível em: https://trid.trb.org/view/382174#:~:text=Home-,EFFECTS%20OF%20PHYSICOCHEMICAL%20FACTORS%20ON%20ASPHALT%20OXIDATION%20KINETICS,various%20forms%20of%20pavement%20cracking

PETROSSI, U.; CORBETT, L. K. Differences in distillation and Solvet asphalt Residua. **Exxon Research and Engineering Company**, New Jersey, v. 9, 1978. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/i360068a011

PIRES, R. A. G. *et al.* Viabilidade técnica do asfalto permeável, como alternativa na mitigação de inundações em áreas urbanas. *In:* **VII SINGEP – Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**, p. 1-14, 2018. Disponível em: http://www.singep.org.br/7singep/resultado/66.pdf

PIRES, R. A. G.; CARRILHO, B. B.; GALVÃO, R. G. **Asfalto convencional ou permeável? Viabilidade técnica na prevenção de enchentes**. São Paulo, SP: Semantic Scholar, 2019. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/ASFALTO-CONVENCIONAL-OU-PERME%C3%81VELVIABILIDADENADEPiresCalado/c4a3f0d282b024386d68cf110934e8a77beafd53

POLASTRE, B.; SANTOS, L. D. **Concreto Permeável**. 2006. 12f Artigo (Arquitetura, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/278/artigo.pdf

PUTMAN, B. J. **Evaluation of open-graded friction courses: construction, maintenance, and performance**. Report FHWA- SC- 12-04. Columbia, South Carolina: South Carolina Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2012. Disponível em: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/25181

RODRIGUES, N. M.; RODRIGUES, C. E. F.; RODRIGUES, C. R. A falta de drenagem urbana nas cidades brasileiras. **Research, Society and Development,** v. 11, n. 6, p. e54911629652, 2022. Disponível em: https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2022/06/29652-Article-337947-1-10-20220510.pdf

SMITH, D. R.; EARLEY, K. **Potential application of ASTM C 1701 for evaluating Surface infiltration of permeable interlocking concrete pavements**. China: [S. n.], 2012. Disponível em: http://www.sept.org/techpapers/Smith-Potential-Application-of-ASTM-C1701-to-PICP.pdf

TEXEIRA, L. B. **Quando vem forte, a chuva leva tudo:** a rotina em uma área de risco de SP. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/freguesia_brasilandia/noticias/?p=36288

TRENTIN, T. F. S.; BIANCHI, G.; SOUZA, M. S. Capacidade de armazenamento de água de chuva do pavimento drenante. **Revista Cientifica**, 2016. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/1452

UHDE, B. T.; WAYHS, C. A. S. P.; ECHEVERRIA, J. A. S. Análise do comportamento de vias com e sem drenagem subsuperficial com uso de geocompostos. **Salão do conhecimento – ciência alimentando o Brasil,** 2016. Disponível em: https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/6675

VIRGILIIS, A. L. C. **Procedimentos de projetos e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2016. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/pt-br.php