

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

AValiação LABORATORIAL DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE FUNDIÇÃO NO CONCRETO ASFÁLTICO CONVENCIONAL¹

Janaína Terhorst Pizutti², Ricardo Zardin Fengler³, Anna Paula Sandri Zappe⁴, Emanuelle Stefania Holdefer Garcia⁵, Felipe Dacanal Dos Anjos⁶, Jose Antonio Santana Echeverria⁷.

¹ Projeto de pesquisa realizado no curso de graduação de Engenharia Civil da Unijuí

² Bolsista PET

³ Bolsista PET

⁴ Bolsista PET

⁵ Ex-aluna do curso de Engenharia Civil da Unijuí

⁶ Bolsista PET

⁷ Orientador Me. em Engenharia Civil e Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharia

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos Sólidos (ABETRE) (2013) 78% acabam sendo descartado de toda quantidade de resíduos da indústria de fundição produzidos no Brasil, de maneira irregular, causando danos ao meio ambiente. O despejo destes resíduos em aterros sanitários legalizados gera as empresas gastos exorbitantes, com isso elas perceberam que a reutilização de seus resíduos poderiam ser uma maneira de diminuir a abertura de novos aterros sanitários e contribuir com novas pesquisas nesta área, já que fora comprovado que as areias destes processos são classificadas como não perigosas ao lençol freático. Escolheu-se então reutilizar areias provenientes de diferentes etapas do processo de moldagem de peças metálicas, as chamadas areias de fundição.

Com objetivo de encontrar uma alternativa economicamente viável e totalmente funcional para a reutilização deste tipo de resíduo, decidiu-se por incorporá-lo no concreto asfáltico convencional (CBUQ), uma estrutura que constantemente necessita de reparos e que depende de novas tecnologias que aumentem sua vida de fadiga.

Foram escolhidas para serem incorporadas ao concreto asfáltico quatro tipos de areia de fundição: areia de macharia, areia verde, areia de IMF e areia pó do exaustor. A incorporação escolhida foi da ordem de 5% de cada areia em substituição total à massa de moldagem.

A partir desta inserção, tem como objetivo principal avaliar se o material asfáltico mantém suas características e requisitos estipulados pelas normativas brasileiras Para isso as misturas com estes materiais serão submetidas a vários ensaios característicos de resistência e comportamento, seus resultados interpretados de forma a descobrir se este material pode ou não ser reutilizado desta forma.

2. METODOLOGIA

O planejamento dessa pesquisa se dá pela determinação dos parâmetros para a dosagem Marshall de misturas de concreto asfáltico (CA), tendo em vista a incorporação de 5% de agregado mineral por

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

resíduos (areais) de fundição e, a substituição de 1% de fíler por cal calcítica. Após a determinação dos parâmetros para a dosagem Marshall, foram estudados cinco tipos de misturas de concreto asfáltico:

- MISTURA REF (REFERÊNCIA);
- MISTURA AMA (AREIA DE MACHARIA) + 1% DE CAL CALCÍTICA;
- MISTURA AIMF (AREIA DE IMF) + 1% DE CAL CALCÍTICA;
- MISTURA AV (AREIA VERDE) + 1% DE CAL CALCÍTICA;
- MISTURA APÓ (AREIA PÓ DO EXAUSTOR) + 1% DE CAL CALCÍTICA.

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Nesta pesquisa foram usados agregados britados e agregados residuais. Os britados foram a brita 3/4", brita 3/8" e o pó de pedra. Já os residuais foram as areais de fundição, a cal e o ligante asfáltico. As areais possuem distinção quanto ao seu aspecto visual e granulométrico. A areia de macharia resulta do primeiro processo, onde as peças em metal quente são despejadas em moldes feitos por areia, para que não haja vazamento deste metal é misturado com resina para que adquira resistência. A areia denominada de IMF também é gerada pelos processos de moldagem, recebe este nome devido à máquina em que é gerado, denominada de IMF. As demais areias incorporadas neste estudo, areia verde e pó do exaustor, são provenientes de processos secundários e apresentam granulometria mais fina, concebidas em máquinas de queima que de certa forma "destilam" a areia pura até que esta vire totalmente pó, (o pó do exaustor é captado em processo antecedente à destilação final).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Realizou-se a análise granulométrica dos materiais escolhidos para este estudo a fim de verificar seu enquadramento nas faixas de trabalho determinadas pela norma DNIT ES 031/2006. Adotou-se peneiramento manual de todos os componentes da mistura, o processo de peneiramento seguiu especificações da DNER – ME 080/1994.

De acordo com a curva granulométrica formada por cada material tem-se seu provável comportamento quando utilizado em campo e também a distribuição de seus grãos quanto a seus tamanhos específicos.

O procedimento utilizado para determinação da absorção do agregado graúdo seguiu o recomendado pela norma DNIT-ME 081/1998. Para a determinação das massas específicas do material graúdo (peneira nº 4) utilizou-se o ensaio preconizado pela norma DNER-ME 195/1997. Para a fração do material de areia de fundição e do pó de pedra, com grãos menores que 4,8 mm, foi utilizado o picnômetro, através dos procedimentos da DNER-ME 084/1995.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS ASFÁLTICAS

2.3.1 DOSAGEM MARSHALL

As misturas asfálticas dosadas e moldadas nessa pesquisa seguem o que preconiza a norma DNIT ES 031/2006, no que se refere à qualidade dos materiais empregados (agregados e ligantes), além

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

das questões de conformidade e não conformidade das próprias misturas. No que refere à dosagem Marshall segue-se a DNER-ME 043/1995. A composição granulométrica das misturas asfálticas foi realizada de forma a enquadrar os materiais na faixa “C” do DNIT, o mais próximo possível do centro da mesma. Seguem descritas abaixo as características de cada uma das misturas executadas no experimento:

- REF (REFERÊNCIA): na composição granulométrica dessa mistura utilizaram-se as seguintes proporções dos materiais: 18% de brita 3/4, 21% de brita 3/8 e 61% de pó-de-pedra.
- AMA (AREIA DE MACHARIA): na composição granulométrica dessa mistura utilizaram-se as seguintes proporções dos materiais: 15% de brita 3/4, 29% de brita 3/8 e 50% de pó-de-pedra, 1% de cal calcítica e 5% de areia de macharia.
- AIMF (AREIA DE IMF): na composição granulométrica dessa mistura utilizaram-se as seguintes proporções dos materiais: 15% de brita 3/4, 29% de brita 3/8 e 50% de pó-de-pedra, 1% de cal calcítica e 5% de areia de imf.
- AV (AREIA VERDE): na composição granulométrica dessa mistura utilizaram-se as seguintes proporções dos materiais: 15% de brita 3/4, 29% de brita 3/8 e 50% de pó-de-pedra, 1% de cal calcítica e 5% de areia verde.
- APÓ (AREIA PÓ DO EXAUSTOR): na composição granulométrica dessa mistura utilizaram-se as seguintes proporções dos materiais: 15% de brita 3/4, 29% de brita 3/8 e 50% de pó-de-pedra, 1% de cal calcítica e 5% de areia pó do exaustor.

2.4 ENSAIOS REALIZADOS

Realizou-se para a caracterização das misturas os seguintes ensaios: Ensaio de Módulo de Resiliência, Perda de Massa dos Corpos de Prova – Método Cantabro, Resistência à Tração por Compressão Diametral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 TEOR DE LIGANTE DAS MISTURAS

O teor de ligante estimado em projeto foi fixado em 4% de volume de vazios e a partir deste fator os teores de cada mistura acabaram por ser encontrados: REF-3,1%, AMA-4,5%, AV-4,6%, AIMF-4,4% e APÓ-3,7%. Nota-se que além de não se manter constante nas misturas, a porcentagem de ligante acabou variando levemente para mais e assim nenhuma das misturas criadas apresentou redução no teor de ligante em relação à mistura de referência, sendo que esta apresentou menor volume de vazios. Em função da pequena variação o teor foi fixado em 4,5%.

3.2 DOSAGEM MARSHALL

Segundo Budny (2009), a dosagem Marshall sempre busca uma mistura asfáltica que tenha uma máxima massa específica aparente possível que garanta máxima estabilidade dentro dos parâmetros, fluência em certos limites a fim de garantir flexibilidade à mistura, volume de vazios entre certos limites para garantir que não ocorra oxidação da massa asfáltica pela ação da água e/ou ar e para que também não ocorra exsudação, relação betume/vazios entre certos limites a fim de garantir que exista betume suficiente para unir os agregados sem exsudação.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

3.3 ADESIVIDADE DE AGREGADO AO LIGANTE ASFÁLTICO

Prescrita pela NBR 12583/1992 este método tem como objetivo analisar a propriedade do agregado de envolver o ligante asfáltico de tal forma que eles não se descolem. Esta propriedade deveria ser analisada, pois qualquer descolamento durante os ensaios poderia ser então explicado, a má adesividade pode tornar o agregado inviável para uso em misturas asfálticas.

3.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (R_t)

Preconizado pela DNIT-ME 136/2010, este ensaio tem como objetivo demonstrar a resistência à tração que o corpo de prova apresenta. É realizada uma análise através da média de resultados de 3 corpos de prova moldados com o teor de ligante de projeto para cada tipo de mistura. Dados interpretados e calculados chegou-se aos seguintes valores médios de R_t (em MPa): REF-1,04, AMA-0,7, AV-1,1, AIMF-1,15 e APÓ-1,09.

3.5 MÓDULO DE RESILIÊNCIA (M_r)

A fim de analisar a tensão-deformação das estruturas dos pavimentos, o módulo de resiliência (M_r) tem como objetivo caracterizar a deformabilidade destas misturas. Para execução deste foram ensaiados 3 corpos de prova para cada tipo de mistura, totalizando 15 CP's, estes foram analisados em duas direções, a zero e a noventa graus. Os resultados obtidos deste ensaio foram os seguinte, em MPa: REF-6175,17, AMA-6892,33, AIMF-7102,83, AV-7460,33 e APÓ-5393,67.

3.6 PERDA DE MASSA - METODOLOGIA CANTABRO

A análise da perda de massa foi realizada através da máquina de Los Angeles, onde os CPs são submetidos a 300 revoluções a fim de simular o dano que o tráfego causaria. Os mesmos são pesados antes e depois das revoluções e a diferença entre esses pesos é tida como a perda de massa sofrida.

Misturas com elevados teores de ligante acabam por perder menos massa, devido ao poder coesivo que o mesmo apresenta, entretanto, como as misturas em análise apresentam o mesmo teor de ligante, este não se torna característica a ser analisada. As porcentagens de perda de massa, REF-5,03%; AMA-5,64%, AIMF-6,46%; AV-6,86%; APÓ-6,23%, nos mostra que as areias de fundição não diminuem a perda, todas elas sofreram aumentos quando comparadas a mistura de referência, porém as misturas tornam-se satisfatórias quando analisadas em relação à especificação DNER-ME 383/99, que maximiza a perda em 25%.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para que a “melhor mistura” fosse encontrada recorreu-se ao método estatístico de análise de variâncias, o conhecido método ANOVA. Este método refere-se a diversas amostras experimentais condicionadas sob mesmo critério, no nosso caso diferentes tipos de mistura e diferentes tipos de ensaios, mas com um critério em comum, todos os resultados apresentados em MPa. Através desta condição igualitária procedeu-se a execução dos cálculos a fim de se obter a “melhor mistura”.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar através de ensaios a reutilização do material areias de fundição na dosagem do concreto asfáltico convencional. Com os resultados obtidos nos ensaios realizados e dos dados analisados foi possível chegar as seguintes conclusões.

4.1 DOSAGEM MARSHALL

Todos os parâmetros analisados durante a dosagem Marshall satisfazem as normativas brasileiras. No caso das misturas ensaiadas nenhuma apresentou considerável redução no teor de ligante, o que não compromete os dados em nenhum requisito, entretanto não seleciona nenhuma mistura como base.

4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Constatou-se que somente a mistura AMA apresentou um resultado abaixo da mistura referência (REF), apenas 0,70 MPa. Através deste requisito a mistura que melhor se enquadrou foi a AIMF com 1,15 MPa de resistência.

Como não houve redução na quantidade de ligante, teoricamente, a distinção encontrada entre os dados refere-se às características próprias de cada areia, como coesão e aderência entre os grãos.

4.3 MÓDULO DE RESILIÊNCIA

Como análise ao ensaio de módulo de resiliência tem-se que o maior valor foi apresentado pela mistura AV com 7460.33 MPa e o menor valor apresentado pela mistura APÓ com 5393.67 Mpa, estes variam em relação à mistura de REF que apresentou resiliência de 6175.17 MPa.

4.4 PERDA DE MASSA - METODOLOGIA CANTABRO

A perda de massa caracteriza a resistência ao desgaste, quanto menor este coeficiente mais resistente é considerado a amostra. A maior perda de massa foi apresentada pela mistura AV com 6,86% e a menor foi à mistura REF com 5,03%.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A mistura dita como “melhor mistura” foi a APÓ, que contém 5% de inserção de pó do exaustor na dosagem de concreto asfáltico convencional, esta mistura mesmo apresentando material mais fino que as demais foi a que manteve melhor constância em todos os resultados estipulados no trabalho. O material pó do exaustor possui manuseio complicado devido ao seu módulo de finura, entretanto preenche os vazios de maneira uniforme e apresenta perda de massa dentro dos parâmetros exigidos (6,23%), ou seja, poderá ser aplicada em campo e em larga escala se assim for desejado pelas empresas de fundição e de pavimentação, este fato se comprova também pela análise de lixiviação que classifica os elementos constituintes deste resíduo como não perigosos ao meio ambiente.

5. PALAVRAS CHAVE

areia de fundição; reutilização; concreto asfáltico;

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao MEC/Sesu pela bolsa PET, ao Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUI, ao Laboratório de Pavimentação Asfáltica (GEPPASV) da UFSM e ao Laboratório de Cerâmica da UFRGS.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – ABETRE, Disponível em < <http://www.abetre.org.br/> >, acesso em 16 de abril de 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10006: _____, ABNT NBR 12583: Agregado graúdo – Verificação da adesividade ao ligante betuminoso – Método de ensaio, Rio de Janeiro - RJ, 1992.
- Budny, J. Avaliação dos Efeitos dos Diferentes Tipos de Cal em Misturas de Concreto Asfáltico. 2009. 74 p. Dissertação de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – UNIJUI, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.
- Corrente, A.E. (2010) Notas de aula de Estatística e Probabilidade. Universidade Regional do Estado do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 10 out. 2014.
- _____, DNER-ME 043: Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall, 1995. Disponível em < <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME043-95.pdf> >, acesso em 02 de abril de 2014.
- _____, DNER-ME 080: Solos – Análise granulométrica por peneiramento, 1995. Disponível em < <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME080-94.pdf> >. Acesso em: 28 abr. 2014.
- _____, DNER-ME 084: Agregado miúdo – Determinação da densidade real, 1995. Disponível em < <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME084-95.pdf> >. Acesso em: 09 abr. 2014.
- _____, DNER-ME 195: Agregados – Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo, 1997. Disponível em < <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME195-97.pdf> >. Acesso em: 09 abr. 2014.
- _____, DNER-ME 383: Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero – Ensaio Cantabro, Rio de Janeiro – RJ, 1999. Disponível em < <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER-ME383-99.pdf> >. Acesso em: 04 abr. 2014.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. DNIT-ES 031: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço, Rio de Janeiro – RJ, 2006. Disponível em < http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/DNIT031_2006_ES.pdf >. Acesso em: 22 mar. 2014.
- _____, DNIT-ME 081: Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo– Método de ensaio, Rio de Janeiro – RJ, 1998. Disponível em < http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT081_1998_ME.pdf >. Acesso em: 21 abr. 2014.
- _____, DNIT-ME 136: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio, Rio de Janeiro – RJ, 2010. Disponível em < http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT136_2010_ME.pdf >. Acesso em: 18 abr. 2014.