

## REUTILIZAÇÃO DE AGREGADOS DE BASES COMO MECANISMO DE SUSTENTABILIDADE EM OBRAS DE SANEAMENTO

**André Rogê Ferreira**

Engenheiro Civil pela Faculdade Universidade Paulista – UNIP. Santos.

**Endereço:** Rua Rego Barros, 570 – Vila Formosa – São Paulo – SP – 03460-000 – Brasil – +55 (13) 99790-1040 – e-mail: andrerogef@gmail.com.

### RESUMO

Este estudo busca demonstrar a viabilidade da reutilização de agregados de bases em valas pontuais nos serviços de manutenção de redes de água e esgoto utilizando materiais alternativos e eficazes que contribuem efetivamente para a sustentabilidade. A pesquisa foi feita através do estudo de caso no Consórcio Manutenção Nova SP, que atende aos Polos de Manutenção e Crescimento Vegetativo de Penha e São Miguel Paulista - SP, quando pudemos concluir na prática que a utilização do agregado reciclado na base é extremamente viável, não compromete as propriedades essenciais das valas, contribui para a redução de resíduos da atividade e esta reutilização resulta em menor produção e descarte no meio ambiente, sendo uma possibilidade sustentável sem renunciar à qualidade dos serviços em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem de agregados, Gerenciamento de Resíduos, Reutilização de RAP.

### INTRODUÇÃO

É constante a busca de soluções de sustentabilidade, bem como a redução dos resíduos sólidos com serviços de reciclagem e reutilização desses materiais. Esta situação, alinhada com os desejos sociais e valores empresariais de respeito ao meio ambiente, serviu como desafio para implantar um estudo de caso inovador que visa flexibilizar o processo atual com agregação de valores. Por isso, buscamos aplicar um novo modelo na utilização de agregados de bases para promover ideias mais sustentáveis, que se mostraram eficazes, como serão mostradas a seguir.

Segundo dados do Banco Mundial, em estudo realizado em 2012, o Brasil é o terceiro país no mundo que mais produz Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ficando atrás apenas da China e Estados Unidos. Porém, apenas uma pequena parcela desse volume é destinada ao processo correto de reciclagem, onde, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2021), “deveria receber tratamento com soluções economicamente viáveis, segundo a legislação e as tecnologias atualmente disponíveis, mas acabam, ainda em parte, sendo despejados a céu aberto, lançados na rede pública de esgotos ou até queimados.”

Analisando o processo de manutenção, crescimento vegetativo de redes, ligações nos sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos em um determinado canteiro de obra, foi constatada mensalmente a produção de mais de 900m<sup>3</sup> de entulho, entre eles materiais de aterro contaminado, britas graduadas, fragmentos de concretos provenientes de demolições, pavimentos asfálticos e restos de tubos cerâmicos ou plásticos e similares. Deste volume, aproximadamente um terço (300m<sup>3</sup>) estaria apto ao processo de reciclagem, visando a reutilização do material como agregado no preparo de bases para recapamentos de pavimentos asfálticos.

Está descrita neste presente estudo toda metodologia técnica empregada dentro dos padrões e normas vigentes utilizadas no processo de reciclagem aplicadas no Canteiro do Consórcio Manutenção Nova SP, assim como as inconsistências e dificuldades encontradas e, por fim, os resultados satisfatórios obtidos.

### OBJETIVO

Este estudo de caso tem como objetivo disseminar as práticas e metodologias utilizadas na reciclagem de agregados de bases e de todo o processo de gerenciamento da sua reutilização, através dos dados obtidos pelas atividades executadas e acompanhadas pelo Polo de Manutenção Penha e São Miguel Paulista da Sabesp.

Foram reutilizados entulhos provenientes de pavimentos asfálticos e elementos de concreto, que foram aplicados no preparo das bases para obras de recapamentos asfálticos de valas pontuais.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

### **LOCAL UTILIZADO NO ESTUDO DE CASO**

O local escolhido para realização do estudo de caso foi o canteiro do Consórcio Manutenção Nova SP, situado na Avenida Águia de Haia, Parque Paineiras, em São Paulo-SP, que atende o contrato de prestação de serviços comuns de engenharia para atendimento da manutenção e crescimento vegetativo de redes, além de ligações nos sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos e posterior reposição dos pavimentos nas áreas abrangidas pelos Polos de Manutenção Penha e São Miguel Paulista.

**Figura 1 – Ampliação das baias de agregados cobertas**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### **TRAÇO UTILIZADO NO MATERIAL RECICLADO**

O traço do material empregado, conforme exposto abaixo, seguiu o indicado pela Prefeitura Municipal de São Paulo através da Especificação Técnica de Serviço 02/2009 – BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO.

Para compreender melhor o processo de reciclagem, foi realizada uma visita técnica no Centro Ecológico de Reciclagem de Pavimentos - CERP, pertencente ao consórcio Reintegrar, Zona Oeste de São Paulo, onde foi possível analisar de perto todo o processo de usinagem do RAP Espumado, material proveniente de uma tecnologia de recuperação de pavimento asfáltico deteriorado, que é fresado, britado e depois estabilizado com espuma de asfalto para ser reempregado como base para pavimentação.

**Figura 2 – Agregados empregados no RAP Espumado separados pela granulometria**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A única diferença entre o RAP Espumado do CERP e o material reciclado criado no canteiro é a não aplicação da espuma de asfalto e, por não ter essa propriedade, o material reciclado deve ser analisado como um material proveniente apenas de agregados a frio, como seria a BGS (Brita Graduada Simples), altamente empregada para o preparo de base para rodovias em todo o país:

Pedrisco (5%) – Agregados Concreto (tam. 1 e 2) (5%) – Pó de pedra (10%) – RAP (Fresa Asfáltica) (80%).

Após mistura homogênea adicionar 1% a 2% do volume total de Cal Hidratada CH-III e misturar novamente.

### **VERIFICAÇÃO NO PREPARO DE BASE**

O principal método de análise empregado na base proveniente do material reciclado foi o DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP), mesmo teste a que são submetidas todas as valas executadas no contrato de prestação de serviço de manutenção e crescimento vegetativo junto à Sabesp. O teste foi realizado no mesmo dia (DN = 0,56) e 72h após execução (DN = 0,52).

Além disso, foi verificada a base em dias de chuva também, não só em relação à compactação, mas também quanto à sua aparência visual, bem como a incidência de possíveis fissuras e/ou abaulamentos.

**Figura 3 – Agregados reciclados sendo compactado na vala testada *in loco***



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

**Figura 4 – Testes de compactação (DCP) na vala no dia da execução e 72h após**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## RESULTADOS OBTIDOS

### CRIAÇÃO E USINAGEM DO MATERIAL RECICLADO NO CANTEIRO

Para realizar a britagem de todos os agregados nos tamanhos necessários (maior que 9mm para brita 1 e menor que 25mm de diâmetro para brita 2) foi utilizado um Triturador de Entulho modelo TE2, da marca CSM – Máquinas e Equipamentos para Construção, que possui regulagem da abertura do bocal, já que para inserir os agregados no triturador este deve possuir diâmetro máximo de 10cm.

Após instalação do triturador em seu local definitivo, devem ser separadas 4 baias diferentes para disposição dos agregados a frio, sendo 2 para armazenamento dos pavimentos asfálticos e 2 para os elementos de concreto (1 baía destinada para o material antes da britagem e a outra para depois, respectivamente). Estes materiais devem ser estocados em áreas devidamente cobertas e drenadas para evitar excesso de umidade, e promover a retirada de resíduos indesejáveis, como terra, galhos, raízes, plástico, papéis/papelões, borrachas, vidros, gesso, pedras etc...

**Figura 5 – Agregados de Asfalto e Britas provenientes de Concreto reciclados antes da mistura**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após o enchimento das baias do “pós-britagem” foi realizada a mistura dos agregados a frio conforme traço informado acima: 1 de Pedrisco; 1 de Agregados de Concreto (britas tamanho 1 e 2); 2 de Pó de Pedra; 16 para Fresa Asfáltica (RAP). Essa mistura homogênea deve ser armazenada em nova baía também em áreas devidamente cobertas e drenadas. Nesta etapa o material não possui nenhum impedimento em relação ao volume, altura e período de armazenamento.

Antes da utilização de fato no preparo da base, deve-se realizar nova mistura no material existente, dessa vez deverá apenas ser adicionado 1% a 2% do volume total de Cal Hidratada CH-III, misturando até o material se tornar homogêneo. Feita essa nova mistura, ela já está apta para emprego no preparo de base para pavimentos asfálticos.

**Figura 6 – Agregados reciclados de Asfalto Concreto antes e depois do emprego da cal**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Vale ressaltar que após a mistura com a Cal o material não deve permanecer mais do que 48 horas estocado antes do uso, pois este poderá perder suas propriedades aglomerantes. O mesmo não pode possuir montes com alturas maiores do que 2 metros, para evitar que o material se auto compacte na base e perca suas características.

### **VISUAL DO MATERIAL RECICLADO EMPREGADO NA VALA**

Houve dois modelos de amostras criados para análise do processo de reciclagem. No primeiro modelo o material foi empregado em valas pontuais dentro do próprio canteiro (para melhor acompanhamento diário do estado da vala) que não receberam pavimento asfáltico. No segundo, o material foi aplicado em valas de ligações de ramais de água sucessivas no leito asfáltico em serviços de assentamento de rede, que receberam o devido recapeamento asfáltico junto das demais valas.

Conforme já exposto anteriormente, por não possuir o emprego da espuma asfáltica no seu traço, o material reciclado deve ser analisado de forma similar a um BGS reciclado. Sendo assim, visualmente, o agregado reciclado atendeu todas as expectativas tanto a granel (estocado, ao carregar, transportar e descarregar) quanto na pós-compactação dentro da vala, que foi finalizada de forma retilínea e plana.

Em ambos os modelos de amostra o resultado foi favorável, ou seja, com o decorrer de mais de 90 dias sob sol e chuva, não houve nenhum tipo de patologia na vala exposta a céu aberto, assim como que, no trecho recapeado, também não houve nenhuma alteração visual desta para as demais áreas e valas asfaltadas no local.

**Figura 7 – Agregado reciclado empregado em vala pontual de ligação de água**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### **QUALIDADE DO MATERIAL RECICLADO EMPREGADO NA VALA**

Dentro dos diversos testes existentes no mercado para análise dos solos, foi possível realizar in loco apenas o teste DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP), que foi aprovado nos 4 pontos testados ( $DN \leq 0,6$  para BGS).

Além do DCP, as valas foram submetidas também aos ensaios em laboratório quanto aos seguintes testes: Equivalente de areia na porção de agregado miúdo; Abrasão Los Angeles; Durabilidade em cinco ciclos (DNER ME 089); Análise granulométrica por peneiramento; Índice de forma do agregado (NBR 7809/2008) e Emissão dos respectivos Relatórios Técnicos.

**Figura 8 – Vala utilizada o agregado reciclado antes e depois do recapeamento asfáltico**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **ANÁLISE FINANCEIRA DO PROCESSO DE RECICLAGEM**

Foi levado em consideração, neste estudo, o custo da matéria-prima do preparo de base propriamente dita, pois todo serviço que irá ser recapeado já produz automaticamente um volume de “entulho reciclável” próximo ao que terá de ser recomposto na base daquele mesmo serviço. Além disso, é possível haver economia de recursos ao eliminar o transporte destes resíduos do canteiro para o aterro sanitário, bem como as taxas para a devida destinação destes resíduos.

Para implementar a nova metodologia analisada neste estudo, são necessárias a construção de uma ou mais baias de reciclagem; um funcionário próprio para o processo; locação de equipamento com manutenção periódica; contas de consumo para produção em total capacidade; cobertura das baias de agregados (já que o material não reciclado não pode receber água de chuva).

Pode se dizer que em um canteiro que consome cerca de 300m<sup>3</sup> por mês de BGS (ou similar), desde que a usina de reciclagem esteja bem dimensionada para atender a demanda, a economia é de aproximadamente 60% ao ano do montante que seria empenhado com a compra de BGS (ou similar).

Já em um canteiro que consome aproximadamente 100m<sup>3</sup> de BGS (ou similar) por mês, a economia fica em torno de aproximadamente 20% ao ano do montante que seria empenhado com a compra do material (uma vez que a demanda mensal é menor e o custo de instalação, que é fixo, resulta em uma parcela superior em relação ao exemplo anterior, pois não acompanha a redução do consumo da matéria-prima).

### **ANÁLISE QUALITATIVA DO PROCESSO DE RECICLAGEM**

Como o início deste trabalho é recente, por ora todas as análises possíveis em relação ao material reciclado se mostraram positivas, onde o mesmo atendeu as expectativas ao ser empregado no preparo de base para pavimentos asfálticos em valas pontuais. Porém, por se tratar de serviços que possuem garantia de anos, deverão ser feitas também análises de longo prazo nas valas em que foram empregadas o agregado reciclável.

Vale ressaltar também que, até a presente data do envio deste trabalho, nem os resultados dos ensaios citados foram divulgados, mas este tópico deverá ser complementado e aprimorado em um futuro próximo, não apenas com estes resultados apresentados, mas também com o devido acompanhamento periódico desses casos, tendo em vista que o processo feito no canteiro não possui a regularidade no controle tecnológico equivalente ao de uma empresa especializada em reciclagem.

## CONCLUSÃO / RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos neste estudo comprovam que, até o momento, o material reciclado dentro do próprio canteiro de obras apresentou excelentes características para ser reaproveitado na constituição de novas camadas no preparo de base para pavimentos asfálticos sem quaisquer objeções.

Este tema, além de possuir enorme importância ambiental com sustentabilidade, possui também importância social e econômica, pois pode melhorar a qualidade de vida das pessoas em regiões próximas a aterros sanitários e lixões, além de mitigar o volume de resíduos sólidos a serem destinados e tratados pelo poder público. O material reciclado atende também a todas as especificações técnicas necessárias dentro dos principais órgãos públicos reguladores (DER, ANTT, DNIT e PMSP), o que justifica mais uma vez o seu uso.

Foi comprovado que, ao incorporar processos e práticas sustentáveis, podemos obter economia em matéria-prima e nos custos de descarte de resíduos, além de melhorarmos nossa reputação como profissionais e empresas ambientalmente responsáveis, o que é perseguido por toda a cadeia produtiva atualmente. A adoção de novos métodos na indústria de construção, priorizando o uso de materiais recicláveis e gerenciando os resíduos de forma eficaz, é compatível com a realidade das rotinas dos canteiros de obra, beneficia o meio ambiente, e também as gerações futuras.

Essa alternativa se mostrou também financeiramente atraente, já que traz redução na compra de matéria-prima e economia com o valor do descarte de resíduos à destinação correta. Com médio custo de implantação e baixo custo de produção, essa alternativa atende desde pequenas demandas de matéria-prima, utilizando 1 equipamento e 1 funcionário, bem como demandas maiores, utilizando mais equipamentos e mais funcionários simultaneamente dentro de um mesmo canteiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Reciclagem de Pavimentos Asfálticos com Espuma de Asfalto Etapa 1: Estudo Laboratorial, CCR-ND-FRESP- RF, Março, 2018.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Reciclagem de Pavimentos Flexíveis: Estudo da Estabilização Química e Granulométrica de Material Fresado para Uso como Camada de Pavimento, Porto Alegre, RS, Julho, 2015. Disponível em <https://portal.antt.gov.br/documents/20122/0/Reciclagem+de+Pavimentos+flex%C3%ADveis.pdf/e7704871-1a85-d49a-ea01-06209bc6c4bf?t=1651067425223>. Acesso em: 28/05/2023.
3. BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projeto e Restauração. P 204-205. São Paulo, 2007.
4. CONAMA. Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002. Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96.
5. CSM. Triturador de Entulho T2 Elétrico. Disponível em <https://csmequipamentos.com.br/subproduto-n-page.php?CT=23&SBCT=90&P=106>. Acesso em: 28/05/2023.
6. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Reciclagem de Pavimento Asfáltico em Usina com Adição de Espuma de Asfalto, ET-DE-P00/049, Junho, 2020.
7. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Reciclagem de Pavimento Asfáltico *in situ* com Brita, ET-DE-P00/036, Fevereiro, 2006.
8. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Reciclagem de Pavimento Asfáltico *in situ* com Cimento e Brita, ET-DE-P00/035, Fevereiro, 2006.
9. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Pavimentação – Reciclagem profunda de pavimentos *in situ* com adição de cimento Portland, norma 167/2013, Setembro 2021.

10. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado em usina a quente – Especificação de serviço, norma 033/2021, Julho, 2021.
11. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Resolução Nº 14, 08 de Julho, 2021.
12. IPEA. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Disponível em <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 28/05/2023.
13. SINIR. Resíduos Sólidos da Construção Civil. Disponível em <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil>. Acesso em: 28/05/2023.
14. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto, PMSP ETS-02/2009.
15. SABESP. Norma Técnica Sabesp NTS0327, versão 0, São Paulo, Novembro, 2019.
16. THE WORLD BANK. WHAT A WASTE - A Global Review of Solid Waste Management. Disponível <https://documents1.worldbank.org/curated/en/302341468126264791/pdf/68135-REVISED-What-a-Waste-2012-Final-updated.pdf>. Acesso em: 28/05/2023.