

## Reciclagem de Pavimentos

ADRIANE FERREIRA VASCONCELOS

Graduando em Engenharia Civil

Centro Universitário do Norte UNINORTE (2018)

MAURO FRANK OGUINO COELHO

Professor Pós Graduado em Tecnologia do Gás natural

Universidade do Estado do Amazonas UEA (2005)

Centro Universitário do Norte UNINORTE

### Resumo

*O constante trabalho tem o foco na reciclagem de pavimentação na qual precisa ser acompanhado continuamente pela presença da infraestrutura, fornecendo serviço de restauração. A distribuição destes serviços pode interferir na qualidade dos pavimentos, tanto na construção e manutenção de ruas e avenidas, causando transtornos para evitar danificações. O presente trabalho visa evidenciar a influência que a reciclagem exerce na qualidade dos pavimentos através da análise visual de defeitos apresentados.*

**Palavras-chave:** Reciclagem de pavimentos; restauração.

### 1. Introdução

É sabido que o impacto potencial da Construção Civil no meio ambiente é consideravelmente alto, não apenas pelos aspectos mais evidentes e inerentes à própria atividade, como o uso de recursos naturais e a promoção de alterações paisagísticas, mas também por outros aspectos que apenas nas últimas décadas temos visto evidenciarem-se como relevantes no entendimento da comunidade científica e de toda a sociedade.

Entre estes, devem ser referenciados os desmatamentos, a movimentação de quantidades expressivas de terra oriunda da construção, modificações no padrão de escoamento e poluição de rios e outras formações aquáticas. Indiretamente, a construção civil no que tange às rodovias colabora ainda para a poluição gerada pelos gases dos automóveis.

Na esteira da contemporaneidade, não é mais possível desvincular a engenharia civil das suas implicações ambientais imediatas, e conseqüentemente suas implicações sociais, econômicas e políticas a curto, médio e longo prazo. É preciso que a produtividade esperada da construção civil não se perca ao ponto de prejudicar seus resultados funcionais e tampouco se faça de maneira irresponsável e desconsiderando aspectos fundamentais como a importância da técnica de reciclagem.

Conforme Costa Pinto (2011, p. 97), as dezenas de milhões de quilômetros de construções rodoviárias existentes ao redor do mundo necessitam de restaurações progressivas, exigindo dos Estados gastos que, somados, ultrapassam a quantia impressionante de 200 bilhões de reais.

Isto não significa, contudo, que as estradas estejam livres de problemas e de deterioração. Pelo contrário, trata-se de uma questão recorrente no cotidiano dos usuários. Os autores atribuem como razões para este panorama orçamentos inadequados e os altos custos da restauração tradicional.

Nesta perspectiva, emergem as contribuições potenciais da reciclagem como método alternativo na restauração de pavimentos asfálticos que, além de diminuir os danos ao meio ambiente, ainda podem representar uma considerável redução orçamentária se aplicada antes do pavimento estar severamente degradado.

Desta forma, o presente trabalho objetiva, através de uma pesquisa bibliográfica, estudar a importância, os benefícios e os desafios da implementação da reciclagem como método de restauração e conservação do pavimento asfáltico, tendo em vista todas as vantagens oferecidas por esta técnica: velocidade

na execução, minimização de gastos e de danos ao meio ambiente sob diversas formas, inclusive para a geração de resíduos.

## **Pavimentos**

### **Conceito**

Conforme demonstra o manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), a questão da pavimentação de rodovias não é uma preocupação moderna. Pelo contrário, o atual estado de regulamentação em que se encontra foi resultado do trabalho de técnicos do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), findo em 2001, e vindo a se tornar canônico para a Construção Civil.

O intento do DNER sempre foi o estabelecimento de critérios e padrões para a construção e a pavimentação, sendo o primeiro Manual de Implantação básica datado de 1968, conforme dados do DNER (1996), vindo a ser reformulado no século XXI para dar lugar ao DNIT.

Desde meados do século XX, com a constante integração acadêmica e científica entre norte-americanos e brasileiros, as técnicas de pavimentação foram extensamente desenvolvidas. Com isto, foi necessário produzir a regulamentação e a padronização dos serviços da área, fazendo com que o primeiro Manual de Pavimentação, a cargo do DNER, tenha sido editado em 1960.

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (op. cit., p. 95), assim tem-se a conceituação de pavimento:

Pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito - a infra-estrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.

E continua (loc. cit.), mais adiante, informando que:

O pavimento, por injunções de ordem técnico-econômicas, é uma estrutura de camadas em que materiais de diferentes resistências e deformabilidades são colocadas em contato resultando daí um elevado grau de complexidade no que respeita ao cálculo de tensões e deformações e atuantes nas mesmas resultantes das cargas impostas pelo tráfego.

Cumpre mencionar que o subleito é um elemento muito importante e que deve ser considerado mediante a atuação que sofre das cargas imprimidas pelo uso constante das rodovias. Este limite está na faixa de 0,60m<sup>2</sup> 1,50m

### Pavimento flexível

O pavimento flexível apresenta camadas que sofrem deformações elásticas expressivas, mas correspondentes, conforme se aplicam cargas sobre elas. Neste sentido, as cargas são distribuídas de maneira uniforme. Temos como exemplos de pavimentos flexíveis aqueles que são formados por uma base de solo pedregulhoso com revestimento asfáltico ou base de brita, como o macadame ou a brita graduada.

Na figura abaixo, pode-se ver a seção transversal típica de um pavimento flexível:

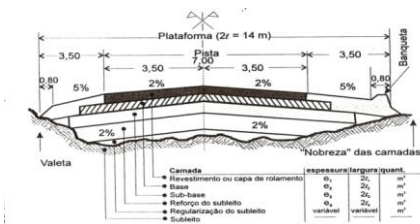


Figura 1: Seção Transversal Típica de um Pavimento Flexível:

Fonte: Senço (1997).

Conforme a figura a seguir, demonstra-se como se dá em um pavimento flexível a distribuição do carregamento:

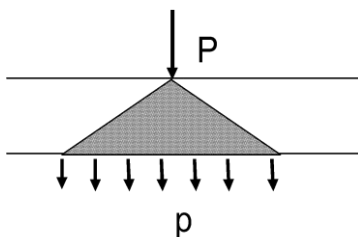


Figura 2: Distribuição do carregamento

Fonte: ibidem.

Para dimensionar-se o pavimento, é preciso estabelecer a espessuras de cada uma das camadas, assim como estipular quais serão os materiais componentes.

Serão descritas, a seguir, as camadas de um pavimento flexível:

### **Regularização do subleito**

Trata-se de uma camada que não tem uma espessura previamente estipulada, sendo portanto bastante diversificada. Esta regularização é efetivada quando é preciso preparar o subleito, de modo a conformar este último com o projeto.

A regularização do subleito não ocorre necessariamente em toda a extensão da estrada, podendo estar restrita a somente certos trechos específicos, muito embora seja aconselhável efetuá-la nos aterros.

### **Reforço do subleito**

Faz-se imperativo o reforço se o subleito em questão estiver com uma capacidade de carga aquém da normalidade, sendo possível ainda efetuá-lo quando houver necessidade de diminuir a espessura da sub-base.

Caracteristicamente, o reforço do subleito tem uma espessura invariável, sendo construído acima da regularização.

### **Sub-base**

A sub-base tem como função diminuir a espessura da base, e este caráter de complementaridade se alastra também aos seus objetivos, que são idênticos, quais sejam: a resistência às cargas, a drenagem de uma infiltração.

### **Base**

Em termos estruturais da construção, é a camada de maior relevância, pois tem como objetivos a distribuição e a constância de capacidade de resistência às cargas, oriundas dos tráfegos de

veículos, procurando amortecer e impedir que estas cargas alcancem e prejudiquem as camadas seguintes.

Constrói-se com elementos que sofreram estabilização de sal ou cimento, por exemplo.

### **Revestimento**

Seu objetivo é a maximização da qualidade da superfície de rolamento, no que se refere em especial à segurança, à resistência e ao conforto.

Organicamente, compõe-se de uma junção de material betuminoso (uma pequena parte do total, no máximo 10%), cuja função é a impermeabilização às águas pluviais, com agregado mineral (a maior parte do total, com pelo menos 90%), cuja função é a transmissão das cargas do uso pelo tráfego, além de suportá-las, resistindo aos eventuais desgastes.

Diversos problemas podem decorrer em um pavimento flexível, como por exemplo o afundamento e a deformação.

Na figura abaixo, vê-se o afundamento decorrido da deformação permanente, que tem como origem a diminuição de volume entre as camadas, assim como seu deslocamento relativo.



Figura 3: Afundamento decorrido da deformação



Figura 4: Deformação e sulcos

Principais razões consistem em :

- inexistência de um acostamento adequado ou bem conservado;
- infiltração na estrutura
- drenagem ineficaz
- pista apertada demais para dois carros

Ondulações na superfície ou escorregamento de massa: ocorrem devido à baixa estabilidade da mistura asfáltica

Abaixo, pode-se ver trincas causadas pela fadiga que geraram placas que, posteriormente por sua vez, gerariam painéis:



Figura 5: formação de trincas e painéis

As painéis não precisam estar em uma localização particular necessariamente, embora muitas vezes esse defeito surja perto de trincas.

O pavimento semi-rígido apresenta uma base cimentada revestida por uma camada asfáltica, por exemplo, ou outro aglutinante que tenha propriedades cimentícias.

O pavimento rígido apresenta um revestimento, como sua própria denominação revela, com rigidez em relação às camadas inferiores, sofrendo portanto todo o impacto das cargas oriundas do uso das rodovias. Como exemplo, temos pavimentos formados por lajes de concreto de cimento Portland, caracterizados pela alta rigidez e resistência.

Na figura abaixo, pode-se ver a seção transversal típica de um pavimento rígido:

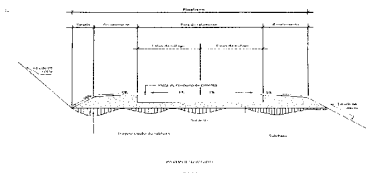


Figura 6: Seção Transversal Típica de um Pavimento Rígido:

Fonte: Souza (1980).

O coeficiente de recalque, que consiste na medida de rigidez do terreno, atribui-se em  $\text{Kg/cm}^2$ , influenciando de maneira capital nas tensões que são aplicadas à estrutura mediante a ação dos usuários de veículos de transporte.

Entre as vantagens da adoção do pavimento rígido, quando há um planejamento e projeto competentes, sua durabilidade é consideravelmente maior em relação aos outros tipos de pavimento, sendo menos frequente a necessidade de efetuar reparos e manutenções.

Adicionalmente, o pavimento rígido é resistente ao efeito solvente de combustíveis, tais como o óleo diesel.

Materiais de bases e sub-bases consistem camadas que podem ser rígidas ou flexíveis.

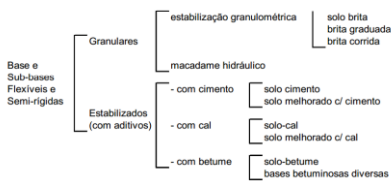


Figura 7: Bases e sub-bases semi-rígidas e flexíveis

Fonte: DNIT (op. cit., p. 96)

## Restauração de pavimentos

Restauração de pavimento de concreto é uma série de técnicas de reparo da engenharia, mas sem a opção de sobreposição, para lidar com a taxa de deterioração dos pavimentos de concreto devido ao tráfego de veículos grandes. Um programa apropriado de restauração manterá a condição lisa e segura do pavimento e estenderá sua vida útil economicamente.

Idealmente, a restauração é o primeiro procedimento de reabilitação aplicado ao pavimento de concreto. Essas técnicas adicionam de 12 a 15 anos de vida útil ao pavimento de concreto. As chaves para qualquer estratégia de prevenção são o tempo e as técnicas apropriadas. São normalmente aplicadas em estágios iniciais quando o pavimento está em condição razoável e somente com danos mínimos.



A restauração é tipicamente usada para consertar ou substituir seções isoladas ou deterioradas do pavimento ou para prevenir ou desacelerar a deterioração geral, assim como para reduzir a carga de impacto no pavimento. Se o tráfego de caminhões aumentar além do valor antecipado ou o pavimento deteriorar-se a condições mais graves, outras técnicas como a repavimentação podem ser aplicadas para prolongar a vida útil do pavimento. Embora a restauração do pavimento de concreto não aumente a capacidade estrutural do pavimento em geral, ela prolonga sua vida útil.

Os dados do pavimento podem ser agrupados em 6 categorias: dados de design original; dados de construção; dados de tráfego corrente; dados ambientais correntes; atividades de restauração anteriores, se existentes; condições de pavimento existentes.

Fatores como restrições fiscais, condições de pavimento adjacente e futuros programas podem tornar uma abordagem mais apropriada que outra em um determinado momento.

Finalmente, é possível consertar um pavimento de concreto que foi previamente sobreposto com asfalto. No passado, muitas agências de transporte cobriam pavimentos de concreto ásperos ou irregulares com asfalto para restaurar a lisura, o que não corrige a irregularidade, e a camada de asfalto frequentemente se deteriora logo depois, requerendo uma segunda cobertura.

Em muitos casos, sobreposições devem ser substituídas várias vezes dentro de um curto período. Com a restauração apropriada, é possível remover a camada de asfalto e consertar o pavimento de concreto subjacente para torná-lo próximo a sua condição original novamente, até mesmo para atingir os requerimentos de lisura.

As técnicas são divididas em três categorias: corretivas, preventivas e corretivas-preventivas. O reparo corretivo melhora a manutenção do pavimento, incluindo reparos parciais ou completos. Os preventivos são medidas proativas

para desacelerar ou prevenir a ocorrência de danos que reduziriam o desempenho desejado.

### **Métodos Tradicionais**

A solução para os problemas encontrados nas rodovias geralmente é a restauração no próprio local em que foi estruturado.

Fazer uso de remendo pode ser rápido prático e eficiente, mas também precisa ser feito a partir de restauração da estrutura orgânica do pavimento. Esta é condição indispensável para que a estrutura não continue solta e acabe por demonstrar novas recorrências do problema.

Além disso, pode apresentar infiltrações no pavimento, que pode minimizar perigosamente a capacidade de resistência.



Figura 8: Agravantes da questão: infiltração

### **Reciclagem de pavimentos como proposta de solução Desenvolvimento Sustentável**

Estudando acerca da integração entre engenharia e desenvolvimento sustentável, percebem-se três tipos de preocupações fundamentais conforme o desenvolvimento progride:

- socio-cêntrica, ou as expectativas e aspirações humanas;
- tecno-cêntricas, que engloba sistemas tecno-econômicos ou as habilidades que os engenheiros devem continuar a desenvolver e o sistema econômico dentro do qual são implantadas;
- eco-cêntrico ou a habilidade do planeta de sustentar a humanidade, tanto provendo as necessidades materiais e energéticas quanto por acomodar as emissões e resíduos.

O desenvolvimento sustentável pode ser considerado um processo de desenvolvimento onde as preocupações socioeconômicas e tecnocêntricas são mantidas dentro das ecocêntricas, ou as expectativas e aspirações humanas são satisfeitas por implantar habilidades de engenheiros e um sistema econômico de um modo que essas preocupações sejam satisfeitas, em outras palavras, de modo que o planeta possa sustentar.

A tecnologia não pode ser usada como se não possuísse implicações ambientais ou sociais. Frequentemente são os engenheiros civis que lideram o processo de tomada de decisões sobre o uso de recursos materiais, de energia e de água, desenvolvimento de infraestrutura etc.

Eles devem, portanto, ser as peças-chave no desenvolvimento sustentável e, na verdade, agindo conforme cidadãos engajados e atuantes no processo evolutivo da sociedade. Uma implicação é que o engenheiro pode enfrentar o dilema da responsabilidade com seu cliente imediato e com a sociedade como um todo, o que pode gerar um conflito em alguns momentos. Nessas situações, são precisos o conhecimento e compreensão dos princípios de desenvolvimento sustentável e alternativas disponíveis para satisfazer as necessidades do cliente de uma maneira consoante às necessidades socioeconômicas da contemporaneidade.

O desafio enfrentado pelos engenheiros civis no desenvolvimento sustentável é realizar sua contribuição à sociedade para:

- reduzir os aspectos de desenvolvimento adversos ambientais e sociais;
- melhorar o desempenho ambiental;
- melhorar sua contribuição a uma alta qualidade de vida;
- auxiliar a sociedade ao progresso em direção a um estilo de vida sustentável;

- garantir que os produtos, serviços e infraestruturas que alcancem esses critérios sejam competitivos no mercado e, idealmente, os mais competitivos.

A tarefa é vital e urgente e demanda inovação, criatividade e outras habilidades tradicionais de engenharia, juntamente com a habilidade de trabalhar com as várias outras disciplinas envolvidas. Também requer uma nova visão do mundo e uma disposição a adotar novos modos de trabalhar e pensar sobre os impactos no futuro - negativos assim como positivos, de suas ações.

É necessário mais planejamento antes que um projeto possa ser implementado, pois todos os materiais usados e cada processo empregado deve ser considerado na luz da conservação de recursos, energia e água, melhoria do ambiente e da qualidade de vida da comunidade local, controle de poluição e redução de resíduos etc.

### **Passos para a reciclagem**

Cumpra esclarecer, em primeiro lugar, em que consiste a reciclagem de pavimentos asfálticos segundo Bernucci et al. (2010, p. 188):

Entende-se por reciclagem de pavimentos o processo de reutilização de misturas asfálticas envelhecidas e deterioradas para produção de novas misturas, aproveitando os agregados e ligantes remanescentes, provenientes da fresagem, com acréscimo de agentes rejuvenescedores, espuma de asfalto, CAP ou EAP novos, quando necessários, e também com adição de aglomerantes hidráulicos.

Primeiramente, efetua-se a sondagem onde será feita a reciclagem do asfalto, conforme é demonstrado nas figuras abaixo:



Figura 9: Sondagem onde será feita a reciclagem de asfalto – RJ-093 Japeri



Figura 10: Sondagem onde será feita a reciclagem de asfalto – RJ-093 Japeri

Em seguida, deve-se utilizar o cimento, espalhando-o de modo a iniciar-se o processo efetivo de reciclagem do pavimento asfáltico. Este procedimento está demonstrando nas figuras a seguir:



Figura 11: Espalhamento de cimento para início da reciclagem de pavimento asfáltico – RJ-093 em Japeri/RJ



Figura 12: Espalhamento de cimento para início da reciclagem de pavimento asfáltico – RJ-093 em Japeri/RJ



Figura 13: Espalhamento de cimento para início da reciclagem de pavimento asfáltico – RJ-093 em Japeri/RJ

Então, utiliza-se a máquina fresadora/recicladora para começar o processo de reciclagem do pavimento asfáltico, sendo que o asfalto dentro da carreta precisa estar em uma temperatura acima dos 170 graus celsius.

Para um processo de qualidade, é preciso observar bem a inexistência de problemas mecânicos, de condições climáticas prejudiciais à efetivação, da quantidade de asfalto presente na carreta, entre outras variáveis.

É indicado fazer o reabastecimento da carreta em momentos estratégicos, como ao fim do horário de trabalho, de modo a evitar possíveis eventualidades que prejudiquem o andamento dos trabalhos, como por exemplo as condições climáticas desfavoráveis.



Figura 14: Início do serviço de reciclagem de asfalto com a máquina recicladora, RJ-093 em Japeri



Figura 15: Início do serviço de reciclagem de asfalto com a máquina recicladora, RJ-093 em Japeri



Figura 16: Início do serviço de reciclagem de asfalto com a máquina recicladora, RJ-093 em Japeri

Passa-se, então, à regularização e imprimação da base, e por fim à aplicação de CBUQ, conforme demonstrado nas figuras a seguir:



Figura 17: Regularização de base , RJ-093 em Japeri



Figura 18: Regularização de base , RJ-093 em Japeri



Figura 19: Regularização de base RJ-093 em Japeri



Figura 20: Imprimação de base , RJ-093 em Japeri



Figura 21: Imprimação de base RJ-093 em Japeri



Figura 22: Conclusão dos serviços: Aplicação de CBUQ, RJ-093 em Japeri/RJ



Figura 23: Conclusão dos serviços: Aplicação de CBUQ, RJ-093 em Japeri/RJ



Figura 24: Conclusão dos serviços: Aplicação de CBUQ, RJ-093 em Japeri/RJ

## Considerações Finais

Importante retomar que o interesse deste estudo colocou-se sobre a clara importância, e os principais desafios enfrentados na construção civil relatado na reciclagem de pavimento para que os sistemas de possa ser implantado em grandes obras. O interesse desta pesquisa desenvolveu-se especificamente á realização de todas as etapas de projetos, além de todos os planejamentos para que essas etapas sejam concluídas. Tal constatação deve-se a necessidades da reciclagem de pavimentos, já que foi constatado que as condições de vias e de



suas pavimentações afeta diretamente a sociedade, podendo ser positiva ou negativamente.

Considerando a ampliação progressiva do uso do transporte rodoviário no Brasil e, aliado a isto, a degradação dos pavimentos que é diretamente proporcional à quantidade de uso concretizado, é muito importante estabelecer planejamentos estratégicos para que os processos de restauração sejam menos danosos ao meio ambiente e ao mesmo tempo mais interessante às corporações em questão de orçamento.

Sendo que a importância da reciclagem transcende os benefícios internos à construção civil, segundo os autores, trazendo ainda contribuições no que se refere à conscientização, à melhoria nos âmbitos não apenas econômico, mas social e ambiental.

Por fim, percebe-se na atualidade uma grande atenção no que se refere às pautas do desenvolvimento sustentável e da reciclagem, dentro e fora da construção civil. Cada vez mais trabalhos, artigos científicos, livros, teses e dissertações vêm sendo produzidos no sentido de promover e difundir as melhorias multilaterais que estes procedimentos podem trazer à sociedade como um todo.

Além de o projeto ser de grande importância para que não haja problemas prematuros nas vias, a manutenção do pavimento existente é muito importante também, pois se for realizada com certa frequência, obras maiores como a vista nesse projeto serão menos necessários, bastando apenas, em alguns casos, retoques para um melhor funcionamento de trefego.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ALMEIDA, Welington Inácio de. Transportadores Iônicos: Importância da Alça Citoplasmática na Associação entre Subunidades Catalíticas de P-ATPases,

- e Identificação de Transportadores em *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAL5. Tese de Doutorado em Química Biológica. Rio de Janeiro: UFRJ/IBqM, 2007.
2. BELLA, V.; BIDONE, E.D. Rodovias, Recursos Naturais e Meio Ambiente. Niterói: EDUFF, 1993.
  3. BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de Implantação Básica. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1996. 169p.
  4. BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 274 p.
  5. CASCINO, Fábio. Educação ambiental: princípios, história, formação de professores. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1999.
  6. CERQUEIRA, L. Os Impactos dos Assentamentos Informais de Baixa Renda nos Recursos e na Saúde Coletiva. Dissertação de Mestrado, UERJ, Rio de Janeiro, 2006. 120p.
  7. COMISSÃO Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum. 2ª ed., Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.
  8. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de pavimentação. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2006. 278p.
  9. FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. Avaliação de Impactos Ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte. Ed. Interciência, RJ, 2004.
  10. GEIPOT - Corredores de transporte; proposta de ações para adequação da infra-estrutura e para racionalização

- do transporte de granéis agrícolas. Brasília: GEIPOT, 1995. 1 v.
11. GESTÃO ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP. Coordenador: Tarcísio de Paula Pinto. São Paulo: Obra Limpa, I&T, SindusCon-SP, 2005.
  12. GOUDARD, B. Avaliação ambiental de alternativas de projetos de transporte rodoviário com uso da lógica fuzzy. Dissertação de Mestrado em Engenharia, IME: 2001.
  13. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Assessoria de Comunicação. "Cidades em Rede". In Boletim eletrônico, n. 1, 2003. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br>>, Último acesso em: 28/10/2014.
  14. SACHET, Taís; GONÇALVES, Fernando Pugliero. "Reciclagem in situ de bases granulares de pavimentos asfálticos". In: Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.11, p.31-42, abril, 2008.