

LIGANTES SINTÉTICOS PIGMENTÁVEIS: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL.

Hélio Nunes¹, Emílio Moreno², Francisco Lucas³

¹ Repsol Portuguesa, Av. José Malhoa nº16, 1099-091 Lisboa, Portugal
email: hnunes@repsol.com

² Centro de Tecnología Repsol, A-5, km 18 28931 Móstoles, Madrid, Espanha

³ Repsol Lubrificantes y Especialidades, Mendez Alvaro, Madrid, Espanha

Sumário

A utilização de ligantes sintéticos pigmentáveis para a construção de pavimentos coloridos apesar de ser realidade com já algum tempo, tem sofrido um incremento considerável nos últimos anos.

Este facto deve-se fundamentalmente a um maior conhecimento que se foi adquirindo dos mecanismos de funcionamento destes ligantes, da sua aceitação social e das vantagens funcionais que acarreta a sua utilização. Destaca-se uma clara melhoria da sua qualidade, garantindo a durabilidade e manutenção das propriedades mecânicas e cromáticas das misturas coloridas ao longo do tempo.

No presente artigo apresentam-se os diferentes tipos de ligantes sintéticos pigmentáveis para tecnologias de fabrico de misturas coloridas a quente. Referem-se as diversas tipologias das misturas função da aplicação, bem como, a comparação de comportamento face às misturas tradicionais na perspectiva do estudo, fabricação e aplicação.

Palavras-chave: Betume, pigmentável, mistura, colorida.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de ligantes sintéticos pigmentáveis para a construção de pavimentos é uma realidade desde já há algum tempo, se bem que está tendo um auge considerável nos últimos anos. Isto deve-se acima de tudo a um maior conhecimento que se possui dos mecanismos de funcionamento destes ligantes, da aceitação social e funcional das vantagens que introduz o seu emprego, e fundamentalmente, por uma notória melhoria de qualidade clara dos mesmos, garantindo durabilidade e manutenção das propriedades mecânicas e cromáticas no tempo.

No presente artigo faz-se inicialmente uma abordagem resumida aos distintos tipos de ligantes pigmentáveis para, posteriormente, se centrar nos ligantes sintéticos pigmentáveis para tecnologias de fabricação de misturas a quente de diversas tipologias em função da aplicação, bem como, estabelecer a comparação de comportamento dos mesmos com os betumes e misturas convencionais, no que concerne à formulação da mistura, fabricação e execução. Na Figura 1, apresenta-se um exemplo duma mistura a quente com recurso a betume sintético.



Figura 1. Mistura colorida no Parque Natural de Trento, Itália (Fonte: Repsol)

2 LIGANTES PARA PAVIMENTOS COLORIDOS

Existem várias tipologias de ligantes em função: da temperatura de aplicação, da funcionalidade, da cor, etc.

2.1 Emulsões sintéticas

As emulsões empregues em tratamentos superficiais costumam ser do tipo acrílico-vinílico, que após a evaporação da água formam um filme contínuo e incolor, de grande elasticidade e resistência. Os tratamentos realizados com este material são maioritariamente do tipo lamas, apesar de ser possível realizar misturas abertas e inclusivamente revestimentos superficiais.

2.2 Betumes fluidificados

Trata-se de uma variante para realizar misturas a frio, normalmente embaladas, e revestimentos superficiais.

2.3 Resinas

São ligantes de natureza epóxi ou poliuretanos, e os tratamentos consistem normalmente em revestimentos superficiais com ou sem agregado.

2.4 Betumes de destilação

Os betumes convencionais, ou mesmo modificados com polímeros, são ligantes empregues na elaboração de misturas asfálticas a quente com uma determinada capacidade de coloração, apesar de limitada quase exclusivamente às cores vermelha e verde. A obtenção de outras cores é muito complicada, devido à própria natureza do ligante, que mascara o efeito dos pigmentos.

Existem ainda betumes que por um processo determinado durante a refinação, apresentam um conteúdo de asfaltenos reduzido e, por conseguinte, têm uma maior capacidade de coloração. Estes betumes denominam-se albinos, e não deverão ser confundidos com os indicados próximo grupo.

2.5 Betumes sintéticos

São ligantes fabricados *ad-hoc* para a sua coloração e têm propriedades similares aos betumes convencionais, ou inclusivamente melhores, já que a sua composição é efectuada à medida. Normalmente contêm como componentes principais resinas, óleos (tanto de petróleo como de origem vegetal) e polímeros, os quais permitem uma perfeita coloração em qualquer tonalidade.

2.6 Ligantes hidráulicos

O cimento também é utilizado em pavimentos coloridos, normalmente em massa, e com todas as características comuns a betões.

3 TIPOLOGIA DOS BETUMES SINTÉTICOS PARA MISTURAS A QUENTE

3.1 Betumes de aplicação em líquido

São betumes que se utilizam fundidos e são bombeados desde o seu local de armazenamento até à central asfáltica exactamente da mesma forma de um betume convencional (ver Figura 2). A sua viscosidade deve ser tal que a sua temperatura de aplicação deverá ser similar à dos betumes convencionais. O seu transporte realiza-se na forma líquida, em cisternas isoladas, com aquecimento, ou em estado sólido (tambores, contentores, etc.) e fundidos no destino. O armazenamento deve ser efectuado em tanque ou contentores totalmente limpos de restos de ligantes convencionais para evitar contaminações e/ou variações de cor.

3.2 Betumes de aplicação em sólido

São betumes em forma de *pellet* de dimensão variável (ver Figura 2), apesar de ser recomendável que seja o menor possível com o intuito de se obterem resultados mais eficazes. Adicionam-se directamente ao misturador, a frio, onde se fundem e se misturam com os agregados. Este formato acrescenta a vantagem de não necessitar de armazenamento com aquecimento, nem bombagem, nem linhas específicas.



Figura 2. Betumes sintéticos de aplicação em líquido e sólido

4 CARACTERÍSTICAS DOS BETUMES SINTÉTICOS

Em geral devem cumprir os requisitos exigidos para betumes convencionais com solicitações equivalentes (nível de tráfego, clima, etc.). No Quadro 1, indicam-se as características mais comuns avaliadas nos betumes sintéticos.

Quadro 1. Propriedades mais comuns a avaliar nos betumes sintéticos

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO DE ENSAIO
Densidade	EN 15326
Penetração a 25°C	EN 1426
Temperatura de amolecimento, A&B	EN 1427
Resistência ao envelhecimento:	EN12607-1
•Penetração retida	EN 1426
•Incremento da Temperatura de amolecimento	EN 1427
•Variação de massa	EN12607-1
Viscosidade Brookfield	EN 13303
Ponto de Fragilidade Fraass	EN 12593
Temperatura de inflamação	EN ISO 2592
Recuperação Elástica a 25°C	EN 13398
Estabilidade ao armazenamento	13399
•Diferença de Penetração	EN 1426
•Diferença Temperatura de amolecimento	EN 1427
Força-Ductilidade	EN13703

Dependendo da aplicação, o nível de exigência e a normativa a utilizar é variável. Se, por exemplo, se aplica numa mistura descontínua porosa, devem avaliar-se propriedades elásticas (Recuperação elástica) ou de coesão (Força-Ductilidade), para além de outras convencionais como penetração, temperatura de amolecimento, etc. Dado que cada vez mais, os requisitos das misturas coloridas são mais próximos aos das misturas convencionais, a normativa e especificação entre uns e outros tende a igualar-se.

Uma das vantagens dos ligantes sintéticos é a capacidade de adaptação a diferentes situações de tráfego, clima, cor, etc., dado que se fabricam em função das condições requeridas para cada obra e podem formular-se para cobrir quase qualquer requisito. Voltando ao exemplo anterior, o da mistura porosa, pode-se formular um betume para que a mistura tenha um comportamento adequado em resistência à água, resistência à desagregação (com o ensaio Cántabro), coesão, etc. Outra vantagem reside em que, normalmente, as temperaturas de trabalho são menores que nos betumes convencionais, já que os betumes sintéticos possuem uma menor viscosidade.

Em suma, a grande vantagem destes ligantes relativamente aos betumes convencionais, é que têm igual ou melhor comportamento visco-elástico e, por outro lado, uma melhor estabilidade do ponto de vista químico

Em contrapartida, a utilização destes betumes exige um mais exigente controlo das temperaturas máximas devido a possíveis variações de propriedades por sobreaquecimento, e a exigência duma total limpeza de todos os elementos que intervêm na produção das misturas, aplicação e armazenamento do ligante.

5 TIPOS DE MISTURAS E APLICAÇÕES

5.1 Aplicações

Os betumes sintéticos cobrem qualquer tipo de aplicação que se apresente, se bem que, o mais habitual são aplicações com fins estéticos, ambientais e de segurança ou uma combinação delas. No Quadro 2 indica-se algumas das aplicações mais comuns.

Quadro 2. Aplicações de betumes sintéticos

Aspectos estéticos/ambientais	Aspectos de segurança
Zonas pedonais	Ciclovias contíguas a estradas
Zonas ajardinadas	Túneis
Ciclovias	Bermas
Parques urbanos	Passagens
Pavimentos de cor assimilável com a envolvente natural (Parques nacionais, reservas, etc.)	Parqueamentos
Praças urbanas	Pavimentos de advertência de perigo
Zonas deportivas	Pavimentos anticarburantes
Urbanizações	Diminuição da temperatura urbana por reflexão da luz solar
Pavimentos na cor natural do agregado	

5.2 Tipos de mistura

5.2.1 Misturas a quente tipo denso

São as mais utilizadas. Normalmente são compostas por agregados bem graduados, de tamanho tendencialmente não maior de 16mm, e de dureza contrastada. A curva granulométrica deve ser de tipo contínuo, com alto

conteúdo de areia, próximo dos 50%. É habitual utilizarem-se fusos do tipo AC8D, AC11D, AC16D (segundo a Norma EN13108) e inclusivamente IVa (segundo o *Asphalt Institute*). O conteúdo de filler deve ser tal que a relação filler/betume se situe entre 1-1,2. Os conteúdos de vazios costumam situar-se em 4%. A dosagem de betume sintético normalmente é de 5-6% e empregam-se mais frequentemente betumes sintéticos 35/50 ou 50/70 ou mesmo mais brandos dependendo da zona climática.

O aspecto destas misturas é muito fechado superficialmente, com pouca rugosidade, indicadas para zonas pedonais, parques, etc. Devem apresentar características equivalentes às misturas convencionais em resistência, tracção indirecta, módulo, etc.

5.2.2. Misturas descontínuas

Esteticamente são muito apreciadas pela sua microrugosidade superficial. É habitual utilizarem-se em pistas desportivas ou lugares onde se necessite um melhor coeficiente de deslizamento, apesar do efeito do atrito ou desgaste ser alto. Dentro deste grupo recomenda-se o uso de misturas descontínuas BBTM A ou mesmo SMA, já que apresentam rugosidade e ao mesmo tempo maior resistência à desagregação, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3. Balanço coeficiente deslizamento/resistência à desagregação

Coeficiente deslizamento alto	Coeficiente deslizamento médio	Coeficiente deslizamento baixo
BBTM B, BBTM A	BBTM A, SMA	SMA
Resistência à abrasão e desagregação baixas	Resistência à abrasão e desagregação médias	Resistência à abrasão e desagregação altas

Isto significa, que em função do uso, deve-se eleger um tipo de fuso ou outro. Os betumes utilizados para estas misturas são similares ao caso anterior, apesar de ser habitual exigir-lhes melhores características em comportamento coesivo e elástico, devido à descontinuidade da mistura. As dosagens de betume sintético situam-se desde os 5% na BBTM B, os 5.5% na BBTM A até aos 6-7% numa SMA.

Para conseguir um bom efeito estético, é recomendável trabalhar com agregados muito bem classificados, procurar a descontinuidade entre 2 e 4 mm e limitar o tamanho máximo do agregado a 8-10mm.

5.2.3. Misturas porosas

É um tipo de mistura para a qual se procura a drenabilidade da água da chuva. Neste caso devem cumprir-se as mesmas exigências aplicáveis a uma mistura drenante convencional, e formulam-se da mesma forma. O betume sintético deve apresentar características similares a um betume modificado com polímeros e uma boa resistência à acção da água, efeito que neste tipo de betumes, dada a sua composição e capacidade de formulação, costuma ser excelente. O conteúdo de ligante situa-se entre 4.5-5.0%. Esteticamente conseguem-se acabamentos muito bons com estas misturas, mas há que adequar à aplicação e à tipologia da obra para obtenção de um comportamento satisfatório.

Todos estes fusos referidos nos pontos anteriores encontram-se reflectidos na Figura 3.

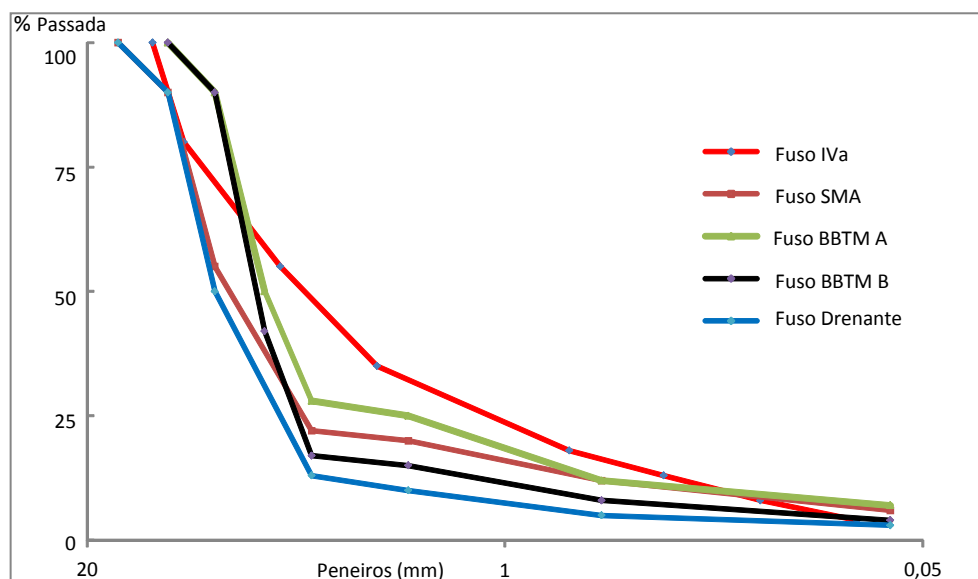


Figura 3. Exemplo da granulometria densa (IVa, segundo o *Asphalt Institute*) e representação das várias granulometrias mencionadas

5.2.4 Misturas embaladas

Estas misturas estão desenvolvidas para pequenas aplicações que se realizam à mão, a frio. Normalmente são compostas por agregado de granulometria aberta, essencialmente 4-8 mm ou 6-12mm, e um betume sintético fluidificado entre 4-5%. O único filer adicionado presente é representado pelo pigmento.

5.3 Formulação de misturas coloridas

A formulação de qualquer destas misturas é exactamente igual à das misturas convencionais, utilizando os métodos definidos em cada país, para cumprir os Cadernos de Encargos de especificações de cada obra. No Quadro 4 descrevem-se as propriedades avaliáveis nas misturas coloridas e respectivos ensaios.

Quadro 4. Propriedades e ensaios a avaliar em misturas coloridas

Propriedade	Ensaio
Propriedades volumétricas	Densidade EN 12697-6
	Conteúdo de vazios EN 12697-8
Resistência à acção da água	Sensibilidade à água, EN 12697-12
	Imersão-compressão ASTM D1075
Coesão, Resistência, Módulo	Tracção directa EN 12697-23
	Marshall EN 12697-34
	Perda de partículas EN 12697-17
	Rigidez EN 12697-26
Resistência à deformação	Indentação EN 12697-20/21
	Compressão cíclica EN 12697-25
	Ensaio de pista EN 12697-22

Na Figura 4, apresentam-se diferentes tipos de provetes de misturas coloridas para a realização de ensaios.

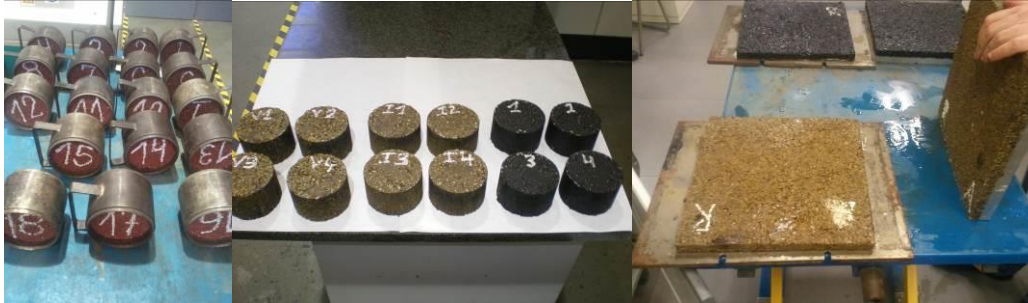


Figura 4. Provetes para ensaios de misturas coloridas

5.4 Coloração, pigmentos

Nas ocasiões em que se deseja obter a coloração própria do agregado, há que ter em conta a tonalidade do ligante; no mercado existem grande variedade de tonalidades e de transparência. É normal que um mesmo fabricante disponha de uma gama de produtos variada. Para obter a cor do agregado deve-se utilizar uma tonalidade clara e a maior transparência possível, sobretudo para agregados muito claros.

Para as misturas com cor recorre-se a pigmentos, normalmente minerais, óxidos de metais, e também orgânicos. Dependendo do tipo de pigmento e da sua cor, a dosagem varia desde 0,75% sobre agregado (no caso por exemplo de pigmento vermelho) até 2%. É habitual realizar misturas de pigmentos para obter as colorações desejadas, por exemplo, para azul céu há que misturar pigmento azul com pigmento branco. Na Figura 5, ilustram-se os pigmentos utilizados mais comumente.

É necessário ter em conta a temperatura de aplicação e a sua influência na cor, já que em excesso pode provocar variação na coloração com certos pigmentos e inclusivamente com certos betumes sintéticos.



Figura 5. Exemplos dos pigmentos mais utilizados

6 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO EM OBRA

6.1 Produção de misturas coloridas a quente

O processo de produção de uma mistura a quente com betume sintético, por regra, segue as mesmas pautas que as misturas convencionais, apesar de se ter de considerar algumas precauções, descritas no Quadro 5.

Quadro5. Particularidades de produção de misturas coloridas

Armazenamento do ligante	Deve-se realizar em tanques específicos totalmente limpos para evitar contaminação e alteração da cor
Tubagens e bombas	A tubagem do tanque deve ser independente e aquecida, ou pelo menos deve-se realizar uma limpeza exaustiva da mesma e também da bomba
Dosagem	Deve-se limpar a balança. Para os betumes sintéticos sólidos é necessário contar com uma portada para o misturador ou um sem-fim doseador para introduzir o ligante. Se se introduzir em sacos com peso conhecido, deve-se ajustar o total da amassadura a essa quantidade
Pigmento	A melhor forma de introduzir o pigmento é directamente no misturador, com sem-fim, ou tolva doseadora ou em sacos, ajustado à quantidade da amassadura
Misturador e tolvas a quente	É necessário realizar alguma amassadura a seco para limpar
Amassadura	O tempo de amassadura pode aumentar algo, especialmente com o ligante sólido. A dimensão da amassadura situa-se entre 75-100% de uma normal
Temperaturas	Evitar sobreaquecimentos localizados e manter a uniformidade da temperatura para evitar alterações de cor. Utilizar a recomendação do fabricante.
Camiões, transporte	As caixas dos camiões devem ser limpas previamente e utilizar produtos anti-aderentes.

Na Figura 6 representam-se as distintas fases da fabricação de uma mistura colorida



Figura 6. Introdução do ligante e pigmento(acima) e descarga de mistura (abaixo).

6.2 Aplicação em obra

Da mesma forma que no caso anterior, a aplicação das misturas coloridas realiza-se identicamente como nas misturas convencionais. Evidentemente há que ter em conta a limpeza da pavimentadora e dos utensílios para evitar contaminações que provoquem alterações ou heterogeneidades de cor.

A compactação também se deve realizar de forma standard devendo, no entanto, ter-se em consideração os seguintes factores importantes:

- A espessura normalmente utilizada nestas misturas é reduzida, entre 1 e 4 cm. A efectividade da compactação é menor e para além disso o gradiente de temperatura é maior. Isto obriga a eleger bem os equipamentos de compactação. Por outro lado, a utilização de cilindro de pneus implica uma limpeza apurada das rodas, para evitar manchas na superfície.
- Neste tipo de aplicações é frequente encontrarem-se elementos que dificultam a compactação (lancis, mobiliário urbano, etc.) e há que tê-los em conta, dotando-se de meios auxiliares se for necessário para uma mais correcta compactação. Na Figura 7, apresentam-se imagens de diferentes aplicações em obra de misturas coloridas a quente.

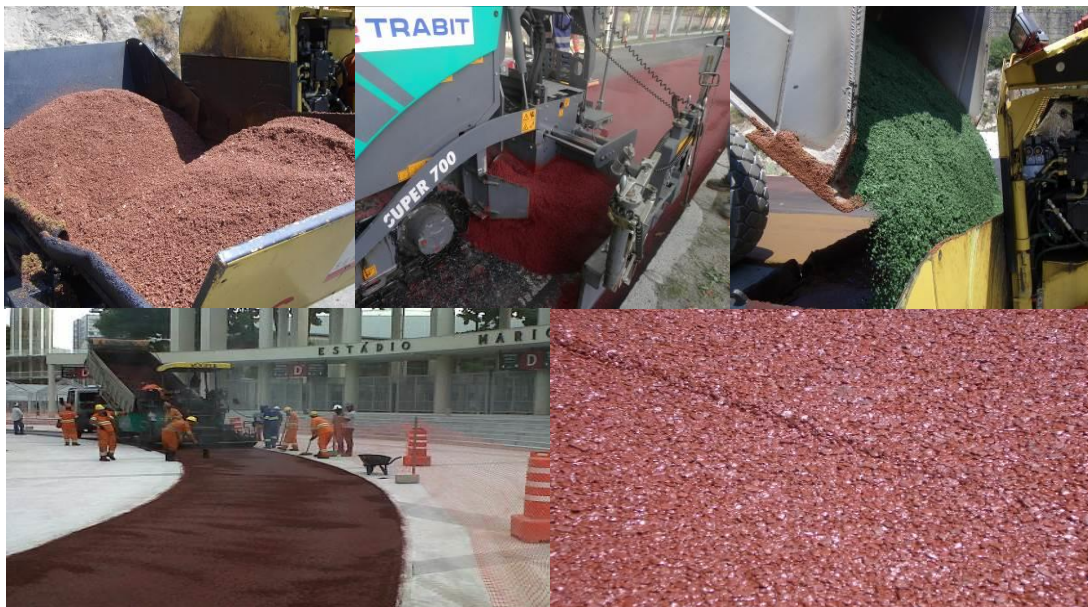


Figura 7. Aplicação de misturas coloridas com betume sintético.

7 CONCLUSÕES

O avanço no desenvolvimento dos betumes sintéticos oferece uma ampla gama de produtos que permite produzir misturas asfálticas de qualidade equivalente ou mesmo superior às convencionais cumprindo simultaneamente com funções estéticas, meio-ambientais ou de segurança. Neste sentido, existe um ponto importante para diferenciar zonas perigosas na rede viária, ou la utilização de misturas brancas em túneis para poupança energética da iluminação, entre outras. A sua capacidade de adequação à envolvente paisagística é considerável, podendo obter-se pavimentos de praticamente todas as cores.

A qualidade destas misturas asfálticas é óptima, devido à qualidade dos betumes sintéticos existentes no mercado, especialmente pela sua capacidade de serem formulados de acordo com as aplicações.

A sua produção e aplicação em obra são iguais às das misturas convencionais, não envolvendo dificuldades maiores.

Em suma, este tipo de misturas constitui uma alternativa segura, validada e viável para uma pavimentação diferenciada. Na Figura 8, apresentam-se imagens de obras realizadas com recurso a misturas coloridas.



Figura 8. Exemplos de aplicações de misturas coloridas com betumes sintéticos.

8 REFERÊNCIAS

1. European Standard EN 12591, Bitumen and bituminous binders - Specifications for paving grade bitumens, 2009, CEN - European Committee for Standardization.
2. European Standard EN 13108-1, Bituminous mixtures - Material specifications. Asphalt Concrete, 2006, CEN - European Committee for Standardization.
3. European Standard EN 13108-2, Bituminous mixtures - Material specifications. Asphalt Concrete for very thin layers, 2006, CEN - European Committee for Standardization.
4. European Standard EN 13108-5, Bituminous mixtures - Material specifications. Stone mastic asphalt, 2006, CEN - European Committee for Standardization.
5. European Standard EN 13108-8, Bituminous mixtures - Material specifications. Reclaimed asphalt, 2005, CEN - European Committee for Standardization.
6. The Asphalt Handbook, 7th Edition, 2007, Asphalt Institute.
7. Ligantes Especiais. Disponível em: <http://www.repsol.com/pt_pt/productos-servicios/asfaltos/nuestros-asfaltos/ligantes-especiales/default.aspx>.