



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA-GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

JULHO 2021

NORMA DNIT 033/2021 – ES

Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado em usina a quente – Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.026813/2020-91

Origem: Revisão da norma DNIT 033/2005 – ES

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 28/06/2021.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Concreto asfáltico, reciclagem, especificação, RAP

Nº total de páginas

20

Resumo

Este documento estabelece a sistemática a ser empregada na execução de camada do pavimento por meio da produção de mistura asfáltica reciclada em usina a quente utilizando material de pavimento asfáltico fresado ou removido do pavimento – RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), cimento asfáltico, agregados minerais, material de enchimento (fíler), aditivo e/ou agente de reciclagem (quando necessário). Estabelece os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, condicionantes ambientais, controle da qualidade dos materiais empregados, além de conformidade, não conformidade e medição dos serviços.

Abstract

This document defines the system to be used in the pavement layer execution by making use of plant produced hot/warm recycled asphalt mixture, using RAP – Reclaimed Asphalt Pavement, asphalt binder, mineral aggregates, filler, additive and/or recycling agent (when needed). It establishes the requirements concerning materials, equipment, execution, environmental conditioners, quality control, as well as the criteria for acceptance, rejection and measurement of the services.

Sumário

Prefácio..... 1

1	Objetivo.....	2
2	Referências normativas	2
3	Definições	2
4	Condições Gerais.....	2
5	Condições Específicas.....	3
6	Manejo Ambiental	6
	Anexo A (Informativo) – Fluxograma com os tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas	9
	Anexo B (Informativo) - Exemplos de adaptações na usina para adição do RAP na produção de misturas asfálticas recicladas em usinas.....	10
	Anexo C (Informativo) – Exemplos de temperatura de usinagem necessária para aquecimento dos agregados do RAP.....	17
	Anexo D (Informativo) - Bibliografia.....	18
	Índice geral.....	19

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DPP para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na execução de camada de pavimento, quando utilizada mistura asfáltica reciclada a quente ou morna, em usina apropriada, utilizando o material fresado/removido de pavimento asfáltico – RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), ligante asfáltico, agregados minerais, material de enchimento (fíler) e

aditivo (para o caso de mistura morna) e/ou agente de reciclagem (quando necessário). Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2009 – PRO. Esta norma cancela e substitui a norma DNIT 033/2005 – ES.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece a sistemática a ser empregada na produção de misturas asfálticas recicladas (a quente ou mornas), em usina, por meio da utilização de material fresado/removido de pavimento asfáltico – RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), atendendo aos parâmetros de desempenho determinados e de acordo com os alinhamentos, greide e seção transversal definidos em projeto.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 031 – ES: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.

3 Definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 Fresagem

Operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico, por processo mecânico a quente ou a frio, para remover camadas deterioradas do pavimento, visando restaurá-lo.

3.2 RAP

Material proveniente do processo de fresagem ou de remoção de camada de revestimento asfáltico. O termo RAP é oriundo do inglês *Reclaimed Asphalt Pavement* ou Pavimento Asfáltico Recuperado.

3.3 Concreto asfáltico reciclado em usina a quente

É a mistura realizada em usinas gravimétricas ou contínuas, com características específicas, utilizando-se o RAP, o cimento asfáltico, os agregados adicionais e, quando necessário, material de enchimento (filler), aditivo (para o caso da produção de mistura morna) e agente de reciclagem, misturado, espalhado e compactado a temperaturas usuais para concretos asfálticos a quente ou a temperaturas reduzidas para misturas asfálticas mornas (*Warm Mix Asphalt*). O teor de RAP na mistura, definido em projeto, deve levar em consideração as condições operacionais da usina que irá produzir a massa asfáltica reciclada.

3.4 Agente de reciclagem

Material adicionado à mistura asfáltica para melhora ou recuperação das propriedades do cimento asfáltico envelhecido que compõem o RAP. Ao aumentar o teor de RAP na mistura, deve-se avaliar a necessidade de utilização do agente de reciclagem.

3.5 Aditivo para Misturas Mornas

Material adicionado à mistura asfáltica para reduzir a temperatura de usinagem e compactação da mistura asfáltica reciclada.

4 Condições Gerais

- a) O concreto asfáltico reciclado em usina pode ser empregado como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento.
- b) As misturas recicladas devem apresentar desempenho equivalente ou superior ao especificado na Norma DNIT 031 – ES. Destaca-se a importância dos estudos de dosagem, da gestão do material fresado e do adequado processo de produção e aplicação.
- c) Para a produção do concreto asfáltico reciclado, deverá ser utilizado o teor de RAP previsto em projeto.
- d) Não deve ser permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.
- e) O concreto asfáltico reciclado a quente ou morno na usina somente deve ser fabricado,

transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 °C.

- f) Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante/distribuidor certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela norma DNIT 031 – ES vigente, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

5 Condições Específicas

5.1 Material

Os materiais constituintes do concreto asfáltico reciclado a quente ou morno na usina são o RAP, o agregado graúdo, o agregado miúdo, o ligante asfáltico e se necessário, material de enchimento (fíler), aditivo (para misturas mornas) e agente de reciclagem, os quais devem satisfazer às normas pertinentes, e às especificações aprovadas pelo DNIT.

5.1.1 Ligante asfáltico

O ligante asfáltico a ser utilizado deve seguir as condições prescritas na Norma DNIT 031 – ES vigente e/ou as definições de projeto.

5.1.2 Agente de reciclagem

Podem ser empregados hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo, bem como materiais provenientes de biomassa, capazes de regenerar o ligante envelhecido contido no RAP, resgatando as principais características físicas e químicas do ligante original. O tipo e a quantidade do agente de reciclagem a ser adicionado à mistura asfáltica a reciclar deve ser definido em projeto.

5.1.3 Aditivo para Misturas Mornas

Podem ser empregados aditivos químicos ou orgânicos, capazes de reduzir as temperaturas de usinagem e compactação das misturas, para a produção de misturas asfálticas mornas.

Os aditivos orgânicos reduzem a viscosidade do ligante asfáltico quando aquecidos acima de seu ponto de derretimento. Podem ser introduzidos diretamente no tanque de CAP, através de circulação, sem necessidade de grande cisalhamento na mistura. A introdução pode também ser realizada no misturador da usina, desde que indicado pelo fornecedor.

Os aditivos químicos alteram as propriedades superficiais e interfaciais dos líquidos, agindo na redução da tensão superficial na interface ligante asfáltico/agregado promovendo, adequada compactação do material, mesmo com temperaturas de trabalho inferiores às convencionais.

5.1.4 Agregados

5.1.4.1 Agregado graúdo

O agregado graúdo deve seguir as condições prescritas na Norma DNIT 031 – ES vigente e/ou as definições de projeto.

5.1.4.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo deve seguir as condições prescritas na Norma DNIT 031 – ES vigente e/ou as definições de projeto.

5.1.5 RAP

O RAP é obtido pela fresagem ou remoção de camada de revestimento asfáltico do pavimento e deverá ser tratado conforme definido no item 7.1.1.

5.1.6 Material de enchimento (fíler)

O material de enchimento (fíler) deve seguir as condições prescritas na Norma DNIT 031 – ES vigente e/ou as definições de projeto.

5.1.7 Melhorador de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados devem ser seguidas as orientações contidas na Norma DNIT 031 – ES vigente e as definições de projeto.

5.2 Composição da mistura

A composição do concreto asfáltico reciclado a quente, deverá seguir os parâmetros descritos na norma DNIT

031 – ES vigente, ou as definições de projeto. É possível também a elaboração de misturas asfálticas mornas reduzindo assim o possível aumento da rigidez ocasionado pela incorporação do RAP na mistura. Os parâmetros mecânicos a serem obtidos devem ser compatíveis com aqueles exigidos em projeto.

5.3 Equipamentos

Os equipamentos necessários à execução dos serviços serão adequados aos locais de instalação das obras, atendendo ao que dispõem as especificações para os serviços.

Devem ser utilizados, no mínimo, os equipamentos apresentados a seguir:

5.3.1 Depósito para ligante asfáltico

Os depósitos para o ligante asfáltico devem atender às características descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

5.3.2 Fresadora

Equipamento utilizado para remoção de pavimentos asfálticos, através de corte e desbaste de uma ou mais camadas.

5.3.3 Silos para agregados e para o RAP

Os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e podem ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga. Deve haver um silo adequado para o RAP e um para o fíler, conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

5.3.4 Tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas

Para execução de misturas asfálticas recicladas, as usinas devem possuir acessórios para inserção e controle do RAP. Existem duas formas de tratamento do RAP em uma usina de asfalto: sem fonte exclusiva de aquecimento do RAP, assim denominado RAP frio; e com fonte de calor exclusiva para o RAP, denominado RAP quente. Na primeira opção, o aquecimento do RAP apenas ocorre no contato com

os agregados virgens, principalmente através da condução térmica e, geralmente, requer superaquecimento dos agregados virgens para atingir a temperatura de projeto.

Já na tecnologia de RAP quente, há necessariamente um tambor secador somente para o RAP e os mecanismos de troca de calor são condução, convecção e radiação. A técnica de RAP quente pode requerer um leve incremento na temperatura dos agregados virgens, dependendo da tecnologia empregada.

A Figura A1 do Anexo A apresenta um fluxograma dos tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas.

5.3.4.1 Usinas gravimétricas

5.3.4.1.1. RAP frio em usinas gravimétricas

As seguintes soluções podem ser aplicadas quando não há uma fonte de calor exclusiva para aquecer o RAP:

a) Método do misturador

Neste método, o RAP úmido e à temperatura ambiente, é adicionado ao silo de pesagem como um material complementar e então misturado com os materiais virgens superaquecidos. A transferência de calor condutiva ocorre no silo de pesagem e no misturador ao longo do ciclo de mistura a seco (Figura B1 do Anexo B).

Uma variação deste método pode ser realizada usando-se um silo de pesagem independente para o RAP. A mesma condição de transferência de calor e liberação de vapor explicada acima se aplicam a esta situação (Figura B2, Anexo B).

b) Método do Elevador

O RAP úmido e à temperatura ambiente, é misturado com o agregado virgem superaquecido à medida que estes saem do secador e entram no elevador (Figura B3, Anexo B).

c) Adição de RAP em um anel de reciclagem

O RAP é adicionado em um anel de reciclagem, para não ser exposto à chama do queimador a fim de evitar envelhecimento adicional do material, além do aumento

da emissão de gases (Figura B4, Anexo B). O fenômeno de troca de calor predominante deve ser a condução térmica. Para aplicação em usinas gravimétricas, dependendo da porcentagem de RAP utilizada, deve-se abrir mão do sistema de peneiramento.

5.3.4.1.2. RAP quente em usinas gravimétricas

As seguintes soluções podem ser aplicadas quando há uma fonte de calor exclusiva para aquecer o RAP:

a) Tambor secador de fluxo paralelo exclusivo

O RAP é adicionado em um tambor secador de fluxo paralelo dedicado exclusivamente a este material (tambor secador adicional àquele utilizado pelos agregados virgens) (Figura B5, Anexo B). Deve-se ter um elevador de canecas e um silo balança também dedicados exclusivamente ao RAP. Os fenômenos principais de troca de calor são condução, convecção e radiação. A radiação deve ser minimizada pelo projeto do tambor.

b) Tambor secador de contrafluxo exclusivo

O RAP é adicionado em um tambor secador de contrafluxo dedicado exclusivamente a este material (tambor secador adicional ao utilizado pelos agregados virgens) (Figura B6, Anexo B), com aquecimento indireto do RAP. Deve-se ter um elevador de canecas e um silo balança também dedicados exclusivamente ao RAP.

5.3.4.2 Usinas contínuas

O RAP pode ser inserido em uma usina contínua por meio de um secador contrafluxo drum-mixer, com misturador pugmill ou tambor duplo.

5.3.4.2.1. RAP frio em usina contínua drum-mixer

Os agregados virgens são inseridos na extremidade superior oposta ao do queimador e fluem em sentido contrário aos gases. Existem algumas variações para este tipo de sistema, conforme descrito a seguir:

- a) Anel de reciclagem – adição do RAP, com umidade e temperatura ambiente, no anel de reciclagem do tambor drum-mixer (Figura B7, Anexo B). O RAP é aquecido por condução térmica, sem contato com a chama do queimador.

- b) 2º Tambor – adição do RAP em um segundo tambor rotativo, sem sistema de aquecimento (Figura B8, Anexo B).

5.3.4.2.2. RAP frio em usina contínua com misturador pugmill

Usina contínua com secador de contrafluxo dedicado exclusivamente aos agregados virgens. Este conceito de usina apresenta misturador do tipo pugmill totalmente independente do sistema de secagem.

- a) Adição de RAP diretamente no misturador (Figura B9, Anexo B). O fenômeno de troca de calor predominante é o de condução térmica.
- b) Adição do RAP em um anel de reciclagem, não podendo ser exposto à chama do queimador a fim de evitar severo envelhecimento do material (Figura B10, Anexo B). O fenômeno de troca de calor predominante deve ser a condução térmica.

5.3.4.2.3. RAP frio em usina contínua com tambor duplo

A secagem dos agregados virgens ocorre em um secador de contrafluxo superaquecido. Estes agregados são descarregados por lâminas fixadas na parte externa do secador para um leito localizado entre o invólucro de secagem rotativo e o invólucro do misturador externo fixo.

O RAP é misturado com os agregados virgens aquecidos, o ligante, o fíler e outros aditivos, por determinado tempo, recebendo calor também do revestimento metálico quente do secador na área de combustão (Figura B11, Anexo B).

5.3.4.2.4. RAP quente em usina contínua com misturador pugmill

Usina contínua com secador de contrafluxo dedicado aos agregados virgens e misturador do tipo pugmill independente do sistema de secagem. Há uma fonte de calor exclusiva para aquecer o RAP, podendo ser aplicadas as seguintes soluções:

- a) Tambor secador de fluxo paralelo exclusivo para o RAP

Adição do RAP em um tambor secador de fluxo paralelo dedicado exclusivamente a este material (tambor secador adicional ao utilizado pelos agregados virgens) (Figura B12, Anexo B). Os fenômenos principais de troca de calor são condução, convecção e radiação. A radiação deve ser minimizada pelo projeto do tambor.

- b) Tambor secador de contrafluxo exclusivo para o RAP

Adição do RAP em um tambor secador de contrafluxo dedicado exclusivamente a este material (tambor secador adicional ao utilizado pelos agregados virgens) (Figura B13, Anexo B), com aquecimento indireto do RAP. Os fenômenos principais de troca de calor são condução, convecção e radiação.

5.3.4.2.5. RAP quente em usina contínua com tambor duplo

Processo semelhante ao do RAP frio em usina contínua com tambor duplo, mas neste caso há um secador exclusivo para aquecer o RAP.

No tambor duplo, o RAP é misturado com os agregados virgens aquecidos, o ligante, o fíler e outros aditivos, por determinado tempo, recebendo calor também do revestimento metálico quente do secador na área de combustão. A Figura B11, Anexo B, representa o tambor duplo, mas neste caso ele deve ser usado em conjunto com um secador exclusivo para o RAP.

5.3.5 Caminhões basculantes para transporte da mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico reciclado a quente devem atender às características descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

5.3.6 Equipamento para espalhamento e acabamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deve atender às características descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

5.3.7 Equipamento para compactação

O equipamento para a compactação deve atender às características descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

5.4 Execução

A execução do concreto asfáltico reciclado a quente ou morno deverá ser realizada conforme descrito na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente. A única alteração refere-se ao aquecimento do RAP conforme já detalhado anteriormente.

6 Manejo Ambiental

O uso do RAP pode reduzir o consumo de energia, as emissões de gases do efeito estufa, o uso de materiais virgens não renováveis e também diminuir os resíduos em aterros. Para execução de concreto asfáltico reciclado a quente ou morno no local são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, a preparação do RAP, o estoque e a operação da usina.

Deve ser evitada a utilização de RAP proveniente de local onde tenha ocorrido algum tipo de acidente ambiental que possa comprometer a mistura asfáltica no que se refere a danos ambientais.

Em relação ao manejo ambiental dos insumos que compõem a mistura asfáltica reciclada, assim como as instalações e operação da usina, devem ser seguidas as diretrizes descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

7 Inspeção

7.1 Controle dos insumos

Todos os materiais utilizados na fabricação de concreto asfáltico reciclado a quente ou morno na usina (Insumos) devem ser examinados em laboratório, obedecendo às especificações para controle de insumos da norma DNIT 031 – ES vigente,

às especificações em vigor no DNIT e orientações indicadas em projeto.

7.1.1 RAP

A gestão adequada do RAP irá promover os benefícios esperados na execução do concreto asfáltico reciclado. O controle do RAP, deve abordar ao menos os itens a seguir:

7.1.1.1 Transporte do RAP

É importante que os estoques sejam mantidos livres de contaminantes desde o início do processo. Os caminhões que transportam o RAP até o pátio de estocagem, devem estar com caçamba limpa, evitando contaminação e os motoristas devem ser instruídos sobre o local correto para descarga do material. O RAP deve estar coberto, durante o transporte.

Recomenda-se que sejam retiradas amostras ao longo do processo de construção dos estoques do RAP, de modo a garantir maior representatividade nos ensaios de caracterização do RAP.

7.1.1.2 Estocagem, fracionamento e peneiramento do RAP

Ao se estocar o RAP (mesmo de fontes diferentes), é comum ocorrer o aparecimento de “torrões” no material fresado, devendo-se promover o destorroamento, de forma a reduzir a existência de grumos que possam afetar a curva granulométrica do RAP no momento da usinagem. Esta ação deverá ocorrer em momento próximo da utilização do material para evitar a formação de novos grumos.

7.1.1.3 Controle de umidade

Devem ser efetuadas verificações da umidade do RAP antes do início da produção e ao longo do dia, para evitar problemas que afetem a mistura asfáltica reciclada.

Quanto maior a umidade, maior deverá ser o tempo e a temperatura de aquecimento dos agregados. A Tabela C1, no Anexo C, apresenta um exemplo das temperaturas necessárias do agregado virgem, com base em diferentes níveis de umidade do RAP e a temperatura final da mistura em uma usina do tipo

gravimétrica. Observa-se que quanto mais seco o RAP estiver, menor a temperatura necessária estimada para o agregado virgem e conseqüente menor o consumo de combustível utilizado para aquecimento dos agregados.

Sempre que possível, os estoques do RAP devem estar em locais cobertos e serem depositados sobre pisos pavimentados com declividade para permitir a drenagem. Não é recomendado cobrir as pilhas com lona ou plástico, pois poderá ocorrer condensação e aumentar a umidade do estoque do RAP.

7.1.1.4 Controle do ligante asfáltico do RAP

Se determinado em projeto, deve ser efetuada a verificação do teor de ligante do RAP.

Ao adotar porcentagens mais elevadas de RAP na mistura, deve-se verificar também as propriedades do ligante que o compõe, conforme descrito na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente para inspeção do cimento asfáltico ou as propriedades definidas em projeto.

7.1.2 Cimento asfáltico

O controle da qualidade do cimento asfáltico deve seguir as instruções descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente ou aquelas constantes em projeto.

7.1.3 Agregados

O controle da qualidade dos agregados deve seguir as instruções descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

7.1.4 Controle da produção

O controle de produção (Execução) do concreto asfáltico reciclado deve seguir as instruções descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente. É permitida a produção de misturas mornas para reduzir o envelhecimento do ligante e do RAP, desde que atendidos os parâmetros mecânicos definidos no projeto.

7.2 Verificação do produto

A verificação final da qualidade do revestimento de concreto asfáltico reciclado (Produto) deve seguir as instruções descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente ou aquelas definidas em projeto.

7.3 Plano de Amostragem - Controle Tecnológico

O Plano de Amostragem e o Controle Tecnológico devem seguir as instruções descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

7.4 Condições de Conformidade e Não Conformidade

Devem ser seguidas as instruções descritas na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

8 Critérios de Medição

Os serviços considerados conformes devem ser medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com o que se encontra definido na especificação de serviço DNIT 031 – ES vigente.

_____/Anexo A

Anexo A (Informativo) – Fluxograma com os tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas

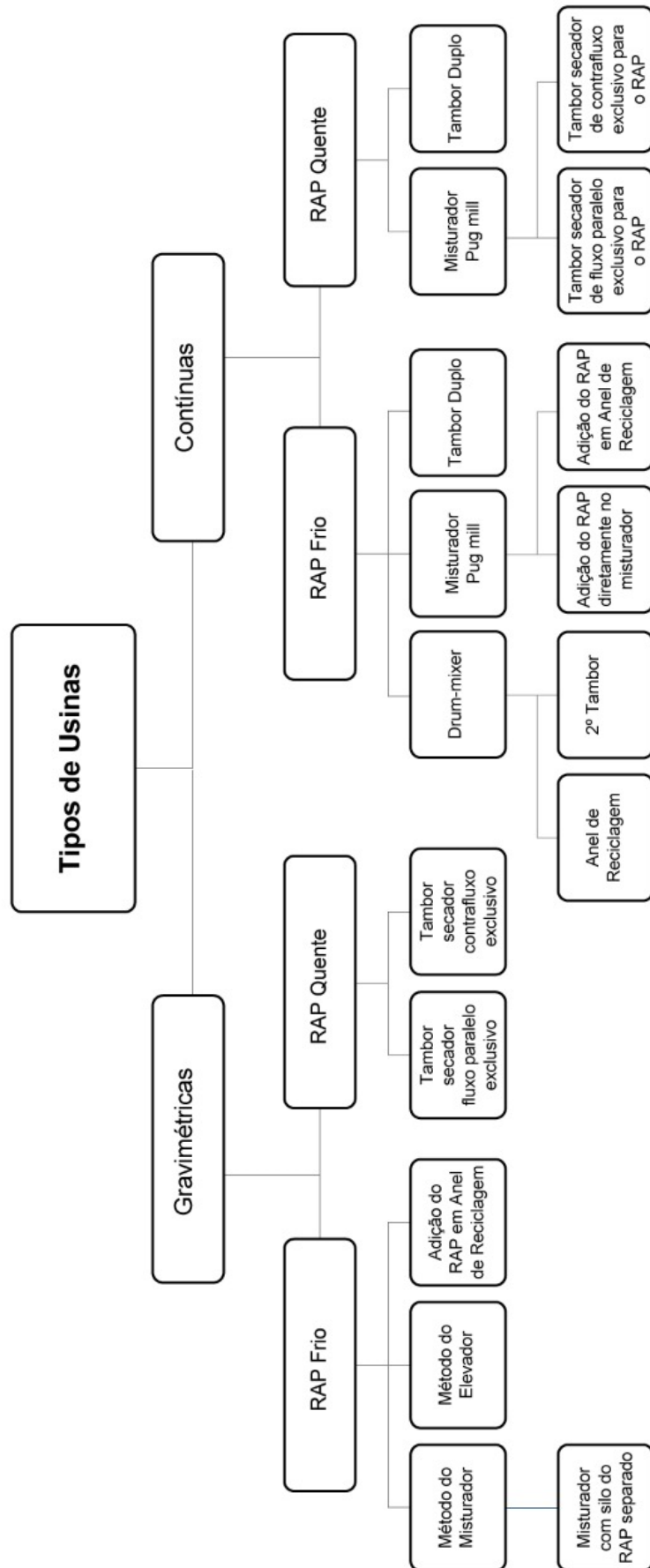


Figura A1 – Tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas

Anexo B (Informativo) – Exemplos de adaptações na usina para adição do RAP na produção de misturas asfálticas recicladas em usinas

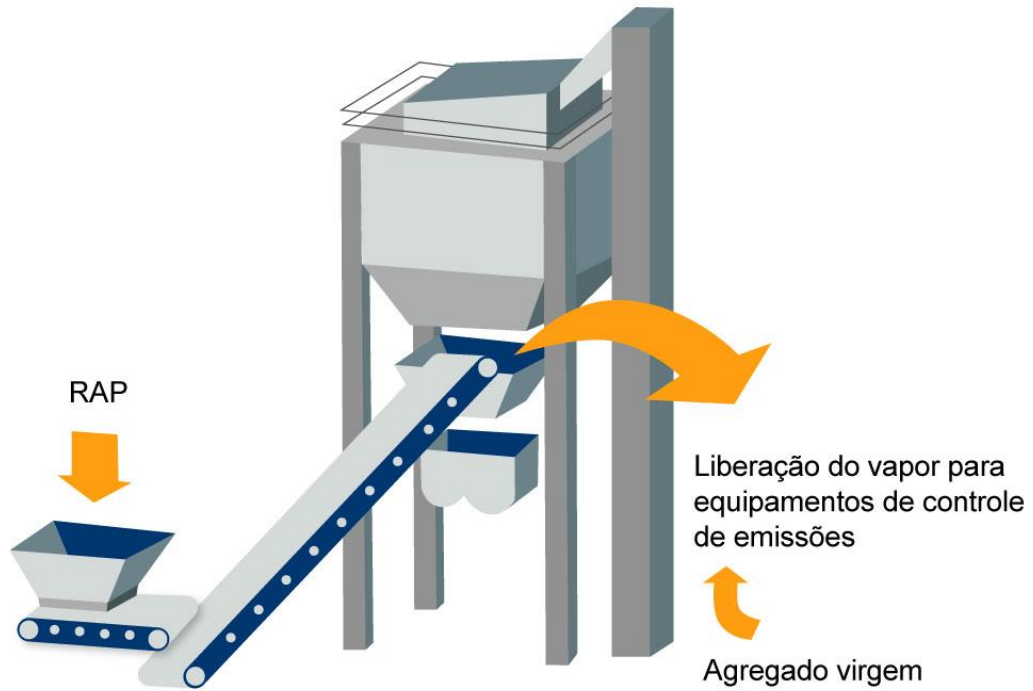


Figura B1 – RAP Frio em Usinas Gravimétricas - Método do Misturador

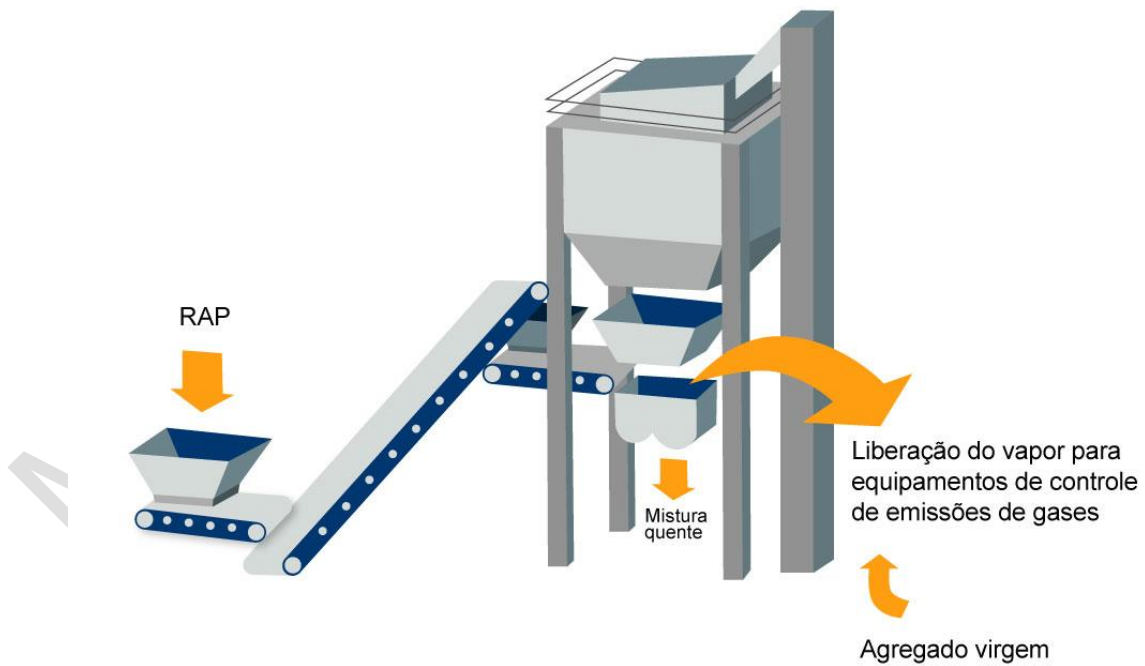


Figura B2 – RAP Frio em Usinas Gravimétricas – Método do misturador com adição de silo



Figura B3 – RAP Frio em Usinas Gravimétricas – Método do elevador



Figura B4 – RAP Frio em Usinas Gravimétricas – Adição de RAP em um anel de reciclagem

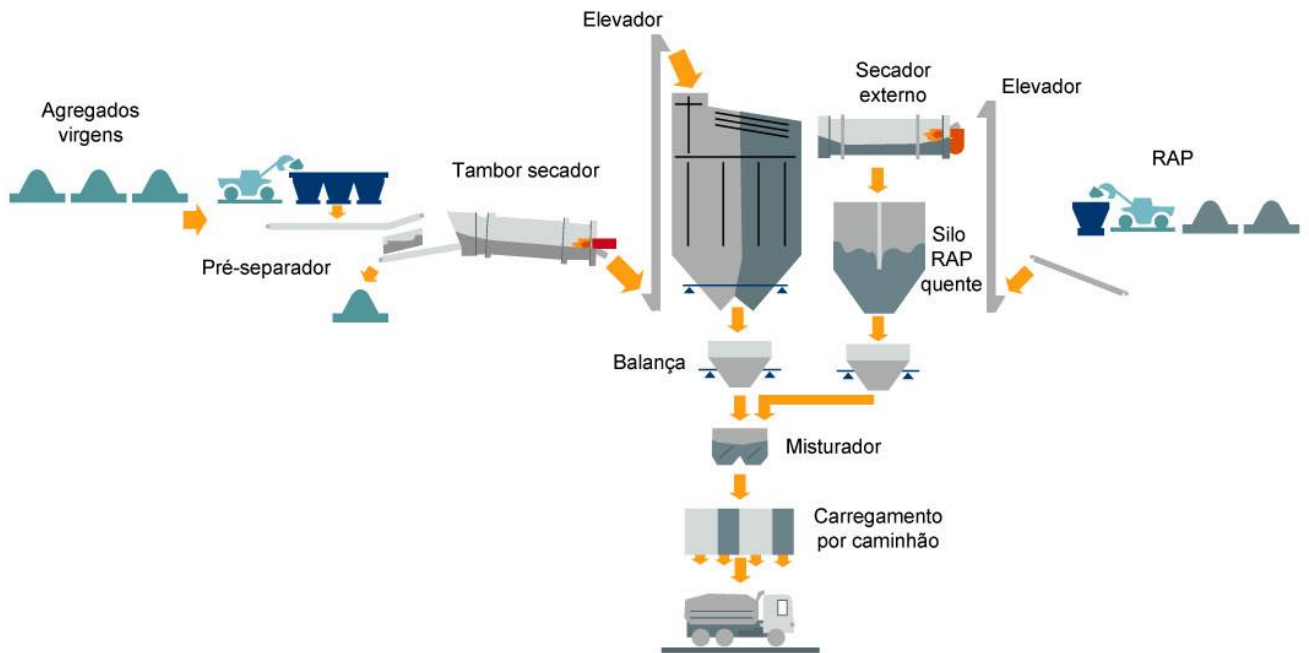


Figura B5 – RAP Quente em Usinas Gravimétricas com Tambor Secador de Fluxo Paralelo Exclusivo

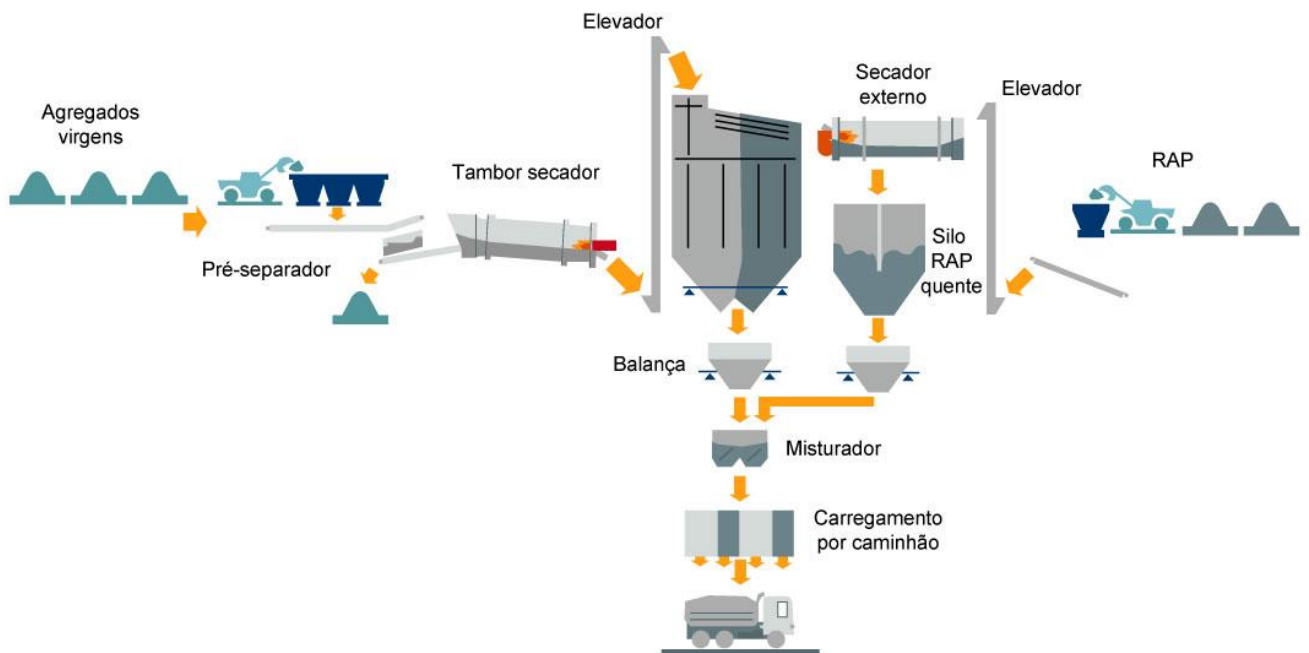


Figura B6 – RAP Quente em Usinas Gravimétricas com Tambor Secador de Contrafluxo Exclusivo

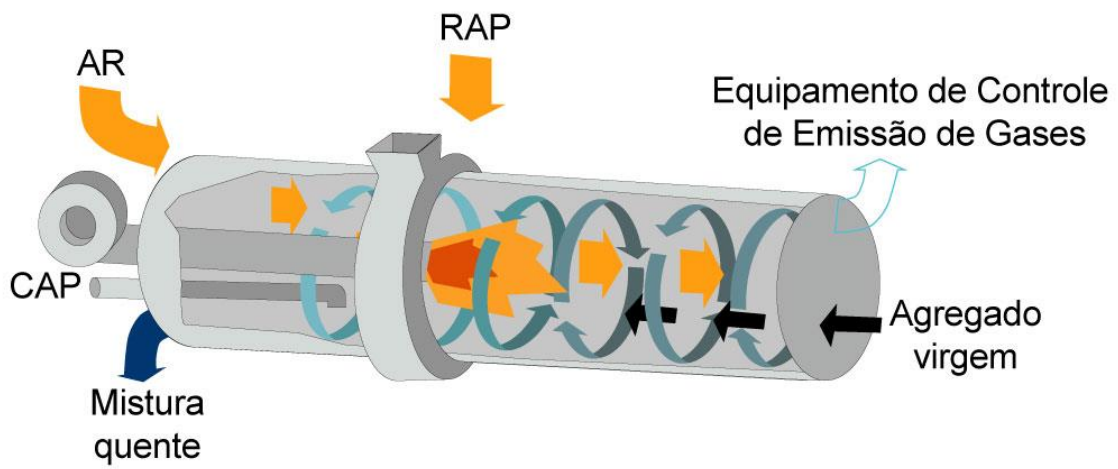


Figura B7 – RAP Frio em Usina Contínua Drum-mixer – Adição de RAP em um anel de reciclagem

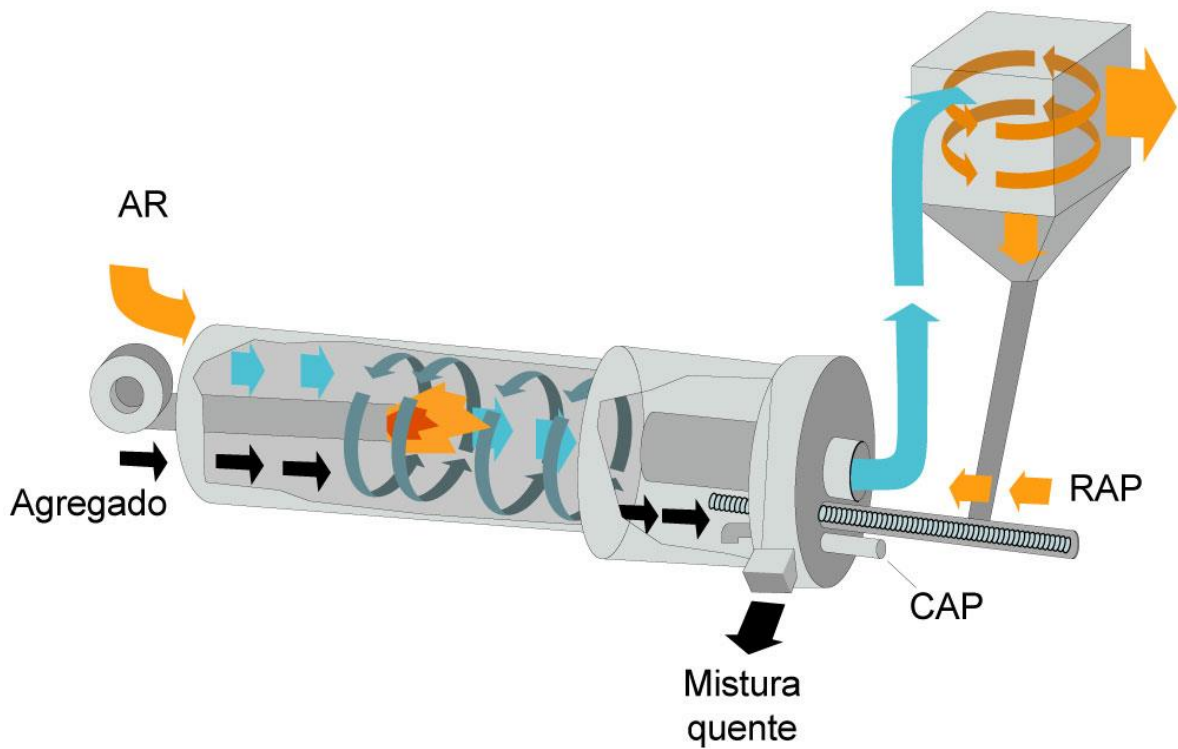


Figura B8 – RAP Frio em Usina Contínua Drum-mixer – Adição do RAP em um segundo tambor rotativo

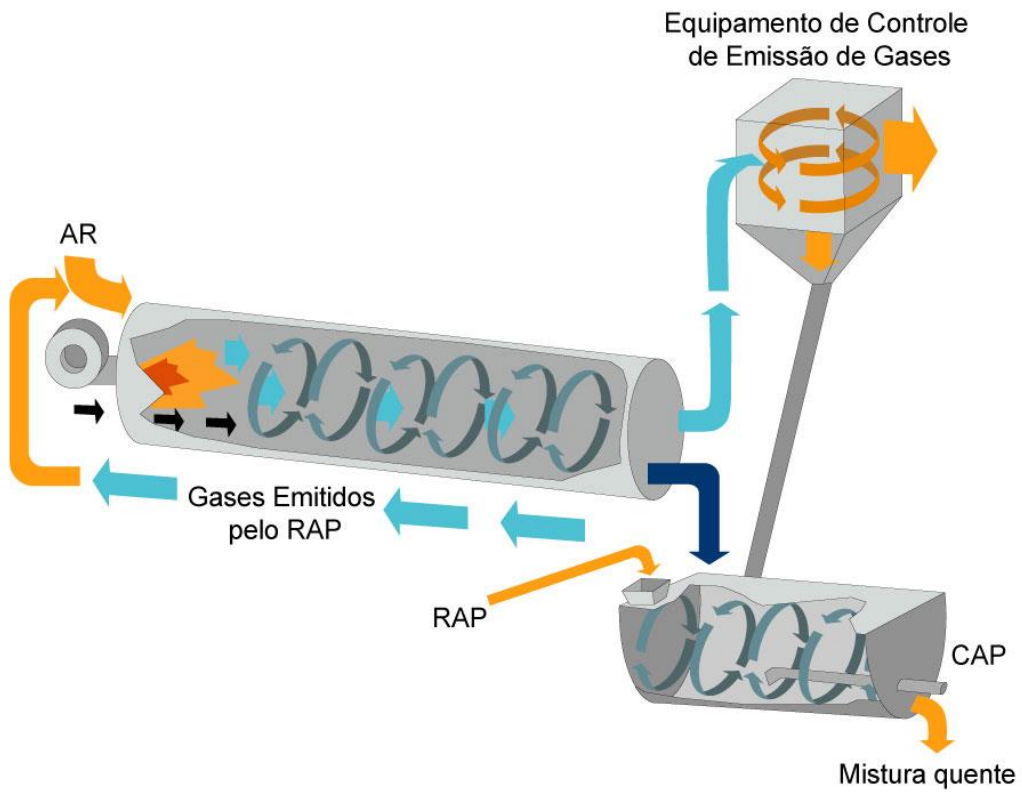


Figura B9 – RAP Frio em Usina Contínua com misturador pugmill – Adição do RAP diretamente no misturador

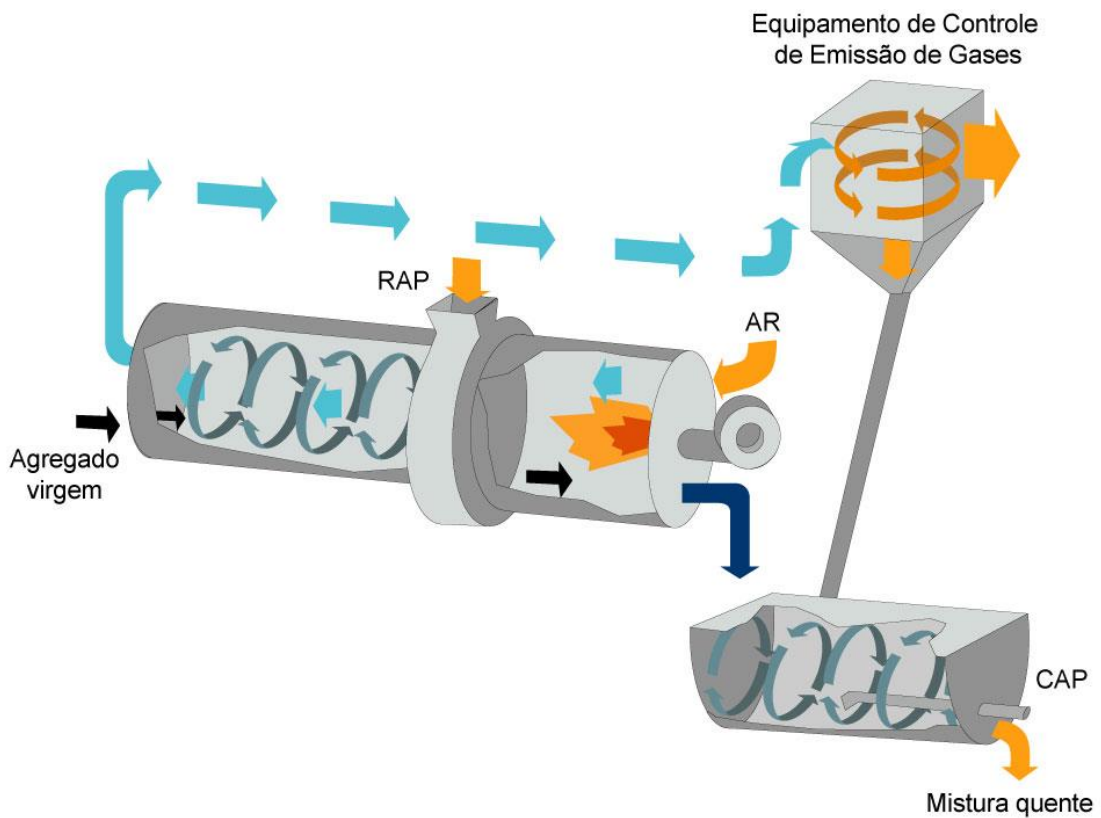


Figura B10 – RAP Frio em Usina Contínua com misturador pugmill – Adição do RAP em um anel de reciclagem

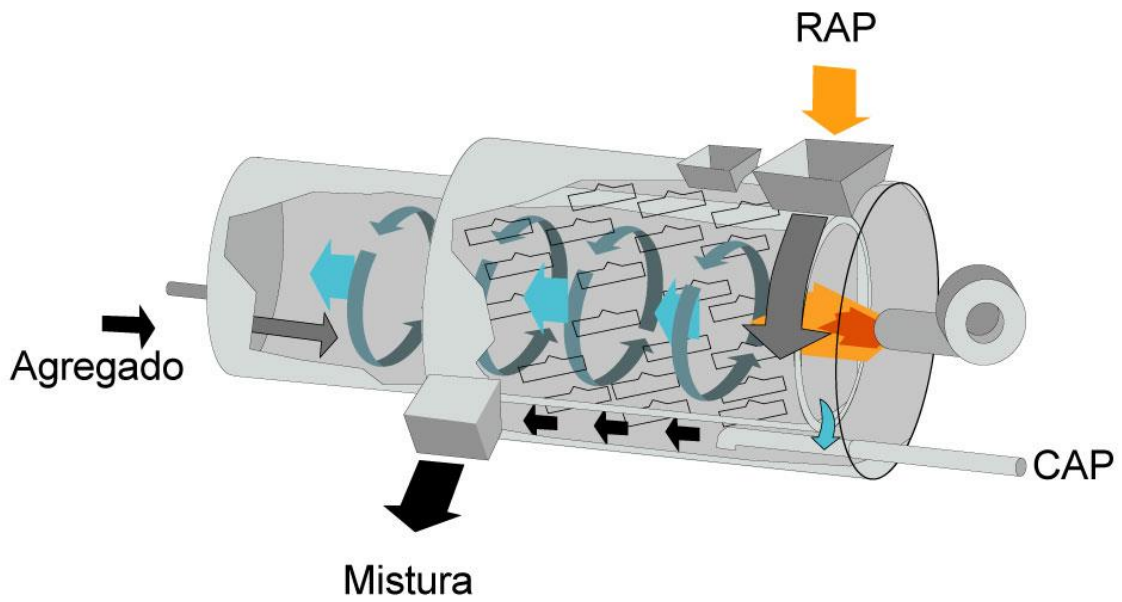


Figura B11 – RAP Frio ou Quente em Usinas Contínuas com tambor duplo

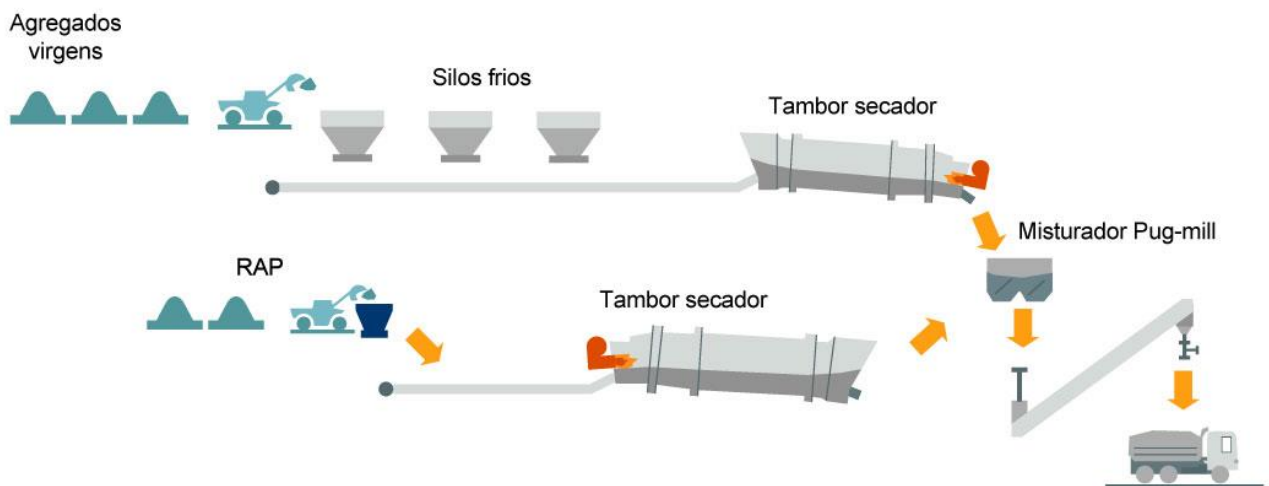


Figura B12 – Processo produtivo de RAP Quente em Usinas Contínuas com misturador Pugmill – Tambor secador de fluxo paralelo exclusivo para o RAP

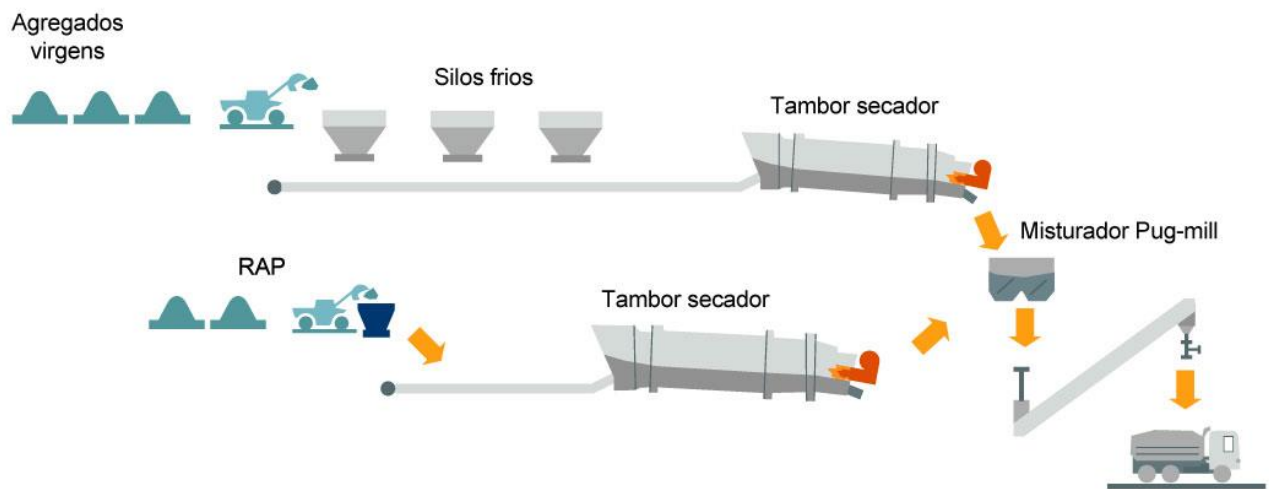


Figura B13 – Processo produtivo de RAP Quente em Usinas Contínuas com misturador Pugmill – Tambor secador de contrafluxo exclusivo para o RAP

_____ /Anexo C

Anexo C (Informativo) – Exemplos de temperatura de usinagem necessária para aquecimento dos agregados do RAP**Tabela C1 – Temperatura de usinagem necessária para aquecimento dos agregados do RAP**

Teor do RAP + AGREGADO (%)	Teor de umidade do RAP (%)	Temperatura de descarga da mistura reciclada			
		104°C	115°C	127°C	138°C
10 % RAP + 90 % AGREGADO	0	121	138	152	163
	1	127	143	154	168
	2	132	146	157	171
	3	138	149	163	174
	4	141	152	166	177
	5	193	157	168	182
20 % RAP + 80 % AGREGADO	0	138	154	168	182
	1	146	160	177	191
	2	154	168	182	196
	3	163	177	191	204
	4	171	185	199	213
	5	179	193	207	221
30 % RAP + 70 % AGREGADO	0	157	179	191	207
	1	168	185	202	218
	2	182	199	216	232
	3	196	213	229	246
	4	210	227	243	260
	5	224	241	257	274
40 % RAP + 60 % AGREGADO	0	179	199	218	138
	1	199	218	238	257
	2	218	238	257	277
	3	243	260	279	299
	4	260	279	299	321
	5	285	302	321	341
50 % RAP + 50 % AGREGADO	0	210	235	257	282
	1	240	268	288	310
	2	271	293	318	243
	3	302	327	349	374
	4	338	360	379	409
	5	365	390	413	438

_____/Anexo D

Anexo D (Informativo) - Bibliografia

- a) ASPHALT INSTITUTE. (2014). Asphalt mix design methods. Manual Series n. 2 (MS-2). NAPA. (1996). Recycling Hot Mix Asphalt Pavements. Lanham.
- b) AUDREY, C. (2011). Report No.FHWA-HRT-11-02. Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mixtures: State of the Practice. i) _____. NAPA. (2015). Best Practices for RAP and RAS management, Quality Improvement Series 129. Lanham.
- c) BERNUCCI, L. B. (2006). Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, ABEDA. j) _____. NAPA. (2018). Asphalt Pavement Industry Survey on. Lanham.
- d) BROCK, J. D., & RICHMOND, J. L. (2007). Milling and Recycling. [S.l.]. (Technical paper T-127). k) SUZUKI, K. (2019). Avaliação de misturas asfálticas recicladas a quente com diferentes teores de material fresado. São Paulo.
- e) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 159 – ES: Pavimentos asfálticos – Fresagem a frio – Especificação de serviço. l) SUZUKI, K. et al. (2018). Adaptações em usinas de asfalto para reciclagem a quente ou morna de material fresado (RAP).
- f) KANDHAL, P. S., & MALLICK, R. B. (1997). Pavement Recycling Guidelines for State. Federal Highway Administration, Report N° FHWASA-. m) WEST, R. C . (2010). Reclaimed asphalt pavement management: best practices. Alabama.
- g) LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. LNEC. (2009). Guia para a Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central. Lisboa. n) ZAUMANIS, M. &. (2014). 100% recycled hot mix asphalt: A review and analysis. Elsevier.
- h) NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION - o) ZUBARAN, M. (2014). Avaliação do comportamento de misturas asfálticas. Rio de Janeiro.

Índice geral

Abstract.....	1	Figura B4 – RAP Frio em Usinas Gravimétricas - Adição de RAP em um anel de reciclagem.....	11
Aditivo para Misturas Mornas.....3.5;5.1	2,3	Figura B5 – RAP Quente em Usinas Gravimétricas com Tambor Secador de Fluxo Paralelo Exclusivo.....	12
Agente de reciclagem.....3.4;5.1.2.....	2,3	Figura B6 – RAP Quente em Usinas Gravimétricas com Tambor Secador de Contrafluxo Exclusivo.....	12
Agregados.....5.1.4;7.1.3.....	3,7	Figura B7 – RAP Frio em Usina Contínua Drum-mixer - Adição de RAP em um anel de reciclagem.....	13
Agregado graúdo	5.1.4.1.3	Figura B8 – RAP Frio em Usina Contínua Drum-mixer - Adição do RAP em um segundo tambor rotativo.....	13
Agregado miúdo.....	5.1.4.2.3	Figura B9 – RAP Frio em Usina Contínua com misturador pugmill - Adição do RAP diretamente no misturador...	14
Anexo A (Informativo) – Fluxograma com os tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas	9	Figura B10 – RAP Frio em Usina Contínua com misturador pugmill - Adição do RAP em um anel de reciclagem.....	14
Anexo B (Informativo) - Exemplos de adaptações na usina para adição do RAP na produção de misturas asfálticas recicladas em usinas.....	10	Figura B11 – RAP Frio ou Quente em Usinas Contínuas com tambor duplo.....	15
Anexo C (Informativo) – Exemplos de temperatura de usinagem necessária para aquecimento dos agregados do RAP.....	17	Figura B12 – Processo produtivo de RAP Quente em Usinas Contínuas com misturador Pugmill - Tambor secador de fluxo paralelo exclusivo para o RAP	15
Anexo D (Bibliografia)	18	Figura B13 – Processo produtivo de RAP Quente em Usinas Contínuas com misturador Pugmill - Tambor secador de contrafluxo exclusivo para o RAP.....	16
Caminhões basculantes para transporte da mistura	5.3.5...6	Fresadora.....	5.3.2 ...4
Cimento asfáltico.....	7.1.2 ...7	Fresagem.....	3.12
Composição da mistura.....	5.23	Índice Geral.....	19
Concreto asfáltico reciclado em usina a quente.3.3.....	2	Inspeção.....	7.....6
Condições de Conformidade e Não Conformidade	7.4.....8	Ligante asfáltico	5.1.1 ...1
Condições Gerais.....	41	Manejo Ambiental.....	66
Condições Específicas.....	51	Material	7.27
Controle da produção.....	7.1.4 ...7	Material de enchimento (fíler).....	5.1.6 ...3
Controle de umidade.....	7.1.1.3 7	Melhorador de adesividade	5.1.7 ...3
Controle do ligante asfáltico do RAP.....	7.1.1.4 7	Objetivo.....	12
Controle dos insumos.....	7.1.....6	Plano de amostragem - Controle Tecnológico ...	7.38
Critérios de Medição	7.1.4 ...8	Prefácio	1
Definições	32	RAP.....	3.2;5.1.5;7.1.1..2,3,7
Depósito para ligante asfáltico	5.3.1 ...4	RAP frio em usina contínua com misturador pugmill.....	5.3.4.2.2.....
Equipamento para compactação.....	5.3.7 ...65	
Equipamento para espalhamento e acabamento	5.3.6...6	RAP frio em usina contínua com tambor duplo ..	5.3.4.2.3
Equipamentos	5.3.....45	
Estocagem, fracionamento e peneiramento do RAP	7.1.1.2 7	RAP frio em usina contínua drum-mixer..	5.3.4.2.1.....5
Execução	5.4.6	RAP frio em usinas gravimétricas.....	5.3.4.1.1.....4
Figura A1 - Tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas	3.11	RAP quente em usina contínua com misturador pugmill.....	5.3.4.2.4
Figura B1 - RAP Frio em Usinas Gravimétricas - Método do Misturador.....	106	
Figura B2 - RAP Frio em Usinas Gravimétricas - Método do misturador com adição de silo.....	10		
Figura B3 – RAP Frio em Usinas Gravimétricas - Método do elevador.....	11		

RAP quente em usina contínua com tambor duplo.....5.3.4.2.5	6	Tipos de usinas utilizadas para misturas asfálticas recicladas	5.3.4 ... 4
RAP quente em usinas gravimétricas.....5.3.4.1.2.....5		Transporte do RAP.....7.1.1.1.7	
Referências Normativas	2	Usinas contínuas.....5.3.4.2.5	
Resumo..... 1		Usinas gravimétricas	5.3.4.1.4
Silos para agregados e para o RAP	5.3.3 ... 4	Verificação do produto	7.2 8
Sumário..... 1			
Tabela C1 – Temperatura de usinagem necessária para aquecimento dos agregados do RAP..... 17			