

MISTURA ASFÁLTICA A QUENTE – CAMADA POROSA DE ATRITO - CPA

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Junho de 2018



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 028 Rev.3

Mistura Asfáltica a Quente – Camada Porosa de Atrito - CPA

Designação ARTERIS ES 028- Rev. 3 (Junho/2018)



1. RESUMO

Esta Especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de Mistura Afáltica a Quente do tipo Camada Porosa de Atrito - CPA para execução de camadas de revestimento (rolamento) em pavimentos flexíveis nas Rodovias do grupo ARTERIS.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração
- ARTERIS T-329 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, pelo Método de Torção - NLT 329
- ABNT NBR-15184 - Determinação da Viscosidade em temperaturas elevadas usando um Viscosímetro Rotacional
- ARTERIS T-001 - Cal Hidratada – Percentagem de óxido de cálcio (CaO).
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27
- ARTERIS T-11 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregado passante na peneira de 0,075mm (nº200), por lavagem - AASHTO T-11
- ARTERIS T-84 - Massa específica e absorção de agregado fino -AASHTO T-84
- ARTERIS T-85 - Massa específica e absorção de agregado graúdo - AASHTO T-85
- ARTERIS T-330 Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330.
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia
- ARTERIS TP 61 - Determinando a Porcentagem de Fratura em Agregado Graúdo - AASHTO TP- 61
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791
- ARTERIS T-304 - Porcentagem de vazios de agregados finos não compactados - AASHTO T-304
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104

- ARTERIS ET-30 - Condicionamento de Mistura Asfáltica a Quente (MAQ) - AASHTO R 30.
- ARTERIS T-209 - Determinação da Massa Específica Máxima de Misturas Asfálticas - AASHTO T-209
- ARTERIS T-164 - Determinação da Percentagem de Ligante Asfáltico em Misturas Asfálticas a Quente - AASHTO T-164
- ARTERIS T-30 - Granulometria com Amostras Utilizadas no Ensaio de Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30
- ARTERIS T-331 - Massa Específica Aparente e Densidade de Misturas Asfálticas Compactadas, usando Selagem Automática a Vácuo.
- ARTERIS T-269 - Porcentagem de vazios de misturas densas e abertas compactadas - AASHTO T-269
- ARTERIS T-003 - Resistência a tração por compressão diametral de misturas asfálticas compactadas.
- DNIT-ME 383 - Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero - ensaio Cantabro
- ARTERIS T-283 - Resistência de Misturas Asfálticas a Danos de Umidade Induzida - AASHTO T-283
- ARTERIS T 305 - Determinação das características de gotejamento de misturas asfálticas não compactadas
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços

3. ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS

- DNIT 0386-ES - Pavimentação – Pré-Misturado a quente com asfalto polímero – Camada Porosa de Atrito.
- ANP R-39/2008 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por borracha.
- ANP R-31/2007 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS.
- ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente.

Os documentos relacionados nos itens 2 e 3 serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

4. DEFINIÇÃO

4.1 Esta Especificação Particular define os procedimentos a serem empregados na execução de camadas asfálticas de pavimento produzidas em usina apropriada e com a utilização de ligante asfáltico modificado por polímero ou borracha, agregados minerais, material de enchimento (filler) e outros aditivos. Estabelece os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais empregados para aceitação e medição dos serviços.

4.2 A Mistura Afáltica a Quente do tipo Camada Porosa de Atrito - CPA só deve ser aplicada onde a camada subjacente for perfeitamente impermeável. Caso contrário, esta deve ser impermeabilizada previamente.

5. MATERIAL

5.1. LIGANTE ASFÁLTICO

O tipo de ligante asfáltico será Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha, e deve atender aos parâmetros fixados pela Tabela 1.

Tabela 1

Características do Ligante Modificado por Polímero SBS (CAP - M) Classe "M" 65PA / 80RE

Ensaio	Unidade	Especificação	
		Mínimo	Máximo
Penetração a 25°C (ABNT-NBR 6576)	0,1 mm	45	-
Ponto de amolecimento (ABNT-NBR-6560)	°C	65	85
Recuperação elástica por torção (NLT-329)	%	80	-
Ponto de fulgor	°C	235	-
Estabilidade ao armazenamento (DNIT ME-384) - Amostra de 500 g de CAP - M em estufa a 163°C, 5 dias	Unidade	Mínimo	Máximo
Diferença de ponto de amolecimento	°C	-	4
Diferença na Recuperação elástica por torção	%	-	3

Todo carregamento de Ligante Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha, que chegar à obra deve apresentar certificado de análise do fornecedor do produto com os resultados dos ensaios especificados na Tabela 1, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade.

A ARTERIS se reserva o direito de fazer testes aleatórios para conferir a confiabilidade dos resultados enviados. Caso haja distorções que não possam ser justificadas pelo fornecedor, o mesmo será vetado para novos fornecimentos de produtos para as obras em execução pela ARTERIS.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

5.2. ADITIVOS

É obrigatória a adição de Cal Hidratada CH-I ou Cimento Portland.

Na execução do projeto de mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) para verificar a compatibilidade do agregado com o asfalto.

5.3. AGREGADOS

Os agregados devem ser provenientes de britagem. Agregados com absorção de água maior que 1,5% requerem cuidados especiais para evitar a saturação dos mesmos, como por exemplo, mantendo os depósitos de agregados cobertos, para evitar a heterogeneidade da massa em função da variação na absorção e teor de asfalto, provocada pela alternância de presença e ausência de água nos poros dos agregados.

5.3.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve apresentar além das Exigências da Tabela 2, as seguintes propriedades:

Suas partículas individuais, retidas na peneira # 10 (2,00 mm) deverão ser constituídas de fragmentos duros, são, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas.

Os agregados graúdos não poderão ser de origem calcária (reagente ao ácido clorídrico) devido à sua susceptibilidade de polimento pela ação do tráfego.

Tabela 2 – Exigências de Propriedades para o Agregado Graúdo

Face Fraturada, Agregado Graúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS TP-61)	Desgaste por Abrasão Los Angeles, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ABNT-NBR 6465)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 3:1 (ARTERIS D-4791)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 5:1 (ARTERIS D-4791)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T-104)
95	30	20	5	12

5.3.2 Agregado Miúdo

A Matriz da rocha do agregado miúdo deve ter as mesmas características da do agregado graúdo ou atender aos mesmos parâmetros, caso a origem seja diferente, além das Exigências da Tabela 3.

Tabela 3 – Exigências de Propriedades para o Agregado Miúdo

Teor de Vazios Não Compactado de Agregado Miúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS-T-304 Método A)	Adsorção de Azul de Metileno, Agregado Miúdo, Valor Máximo (ARTERIS-T-330)	Equivalente de Areia, Mistura de Agregados, Porcentagem Mínima (ABNT-NBR 12052)
45	7	60

5.4 MATERIAL DE ENCHIMENTO (FILLER)

Deve ser usado Cimento Portland ou Cal Hidratada CH-I, com no mínimo 45% de óxido de cálcio (CaO) e deve atender a seguinte granulometria (ARTERIS T-27):

Tabela 4

Peneira	% passa. Mínima
#40	100
#80	95
#200	65

A porcentagem de cal hidratada ou cimento na mistura deve ser, no mínimo 1,5%. A porcentagem mínima de cal é função da capacidade do sistema de alimentação manter um fluxo constante.

A cal hidratada ou cimento deve ser adicionada aos agregados antes da passagem pelo secador da usina.

5.5 PARÂMETROS PARA O PROJETO DE DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA

O projeto de dosagem da mistura asfáltica será elaborado pela Construtora, sob sua inteira responsabilidade e verificado em laboratório indicado pela concessionária.

Para a elaboração do projeto da mistura deve ser adotada a Especificação Técnica “ET-001 para projeto de misturas asfálticas a quente”.

A Construtora deve enviar o projeto de mistura e materiais a serem utilizados com antecedência mínima de 15 dias antes do início dos serviços para aprovação.

O projeto de mistura deve ser revisado sempre que a Densidade Efetiva do Agregado variar mais que 0,040g/cm³ em relação à do traço aprovado.

A dosagem adequada da mistura deve atender aos parâmetros da Tabela 5.

Tabela 5

Parâmetro	Unidade	Especificação	
		Mínimo	Máximo
Porcentagem de vazios – ARTERIS ME T-269	(%)	18,0	22,0
Desgaste por abrasão ao Cantabro DNIT ME 383	(%)	-	20,0
Resistência a tração por compressão diametral – ARTERIS ME T-003	(MPa)	0,55	-
Danos por umidade induzida – ARTERIS ME T-283	(%)	80,0	-
Escorrimento – ARTERIS ME T- 305	(%)	-	0,3
Cal hidratada CH I na mistura	(%)	1,5	-
Porcentagem de ligante modificado por polímero ou borracha	(%)	4,0	-

Os requisitos granulométricos devem atender a uma das faixas apresentadas na tabela 6. A faixa granulométrica a ser utilizada será definida no projeto.

Tabela 6

Peneira		Porcentagem que passa pela peneira								Faixa de Trabalho
		CPA Faixa II		CPA Faixa III		CPA Faixa IV		CPA Faixa V		
ASTM	mm	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
3/4"	19	100	100	100	100	100	100	100	100	± 7
1/2"	12,5	100	100	100	100	100	100	70	100	± 7
3/8"	9,5	70	100	80	90	70	90	50	80	± 7
Nº 4	4,8	20	40	40	50	15	30	18	30	± 5
Nº 10	2,0	5	20	10	18	10	22	10	22	± 5
Nº 40	0,42	3	12	6	12	6	13	6	13	± 5
Nº 80	0,18	2	8	4	8	4	9	4	9	± 3
Nº 200	0,075	0	4	3	6	3	6	3	6	± 2

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para o traço em uma dada peneira. Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

6. EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e aprovado por pessoal qualificado, indicado pela ARTERIS, devendo possuir todos os recursos para atender esta Especificação.

Qualquer equipamento que não seja aprovado deve ser ajustado ou substituído por outro que atenda as condições exigidas. A ARTERIS pode aceitar, provisoriamente, equipamentos que não atendam alguns dos requisitos desta Especificação. A aceitação de equipamento com deficiências será por prazo definido e aprovado pelo Gestor do Contrato.

6.1. DEPÓSITO PARA LIGANTE ASFÁLTICO

Os depósitos para o ligante Asfáltico devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta especificação. O aquecimento dos tanques deve ser feito com óleo térmico e a caldeira deve atingir a uma temperatura de, no mínimo, 205°C.

Não será permitido de forma alguma o uso de maçaricos de fogo direto.

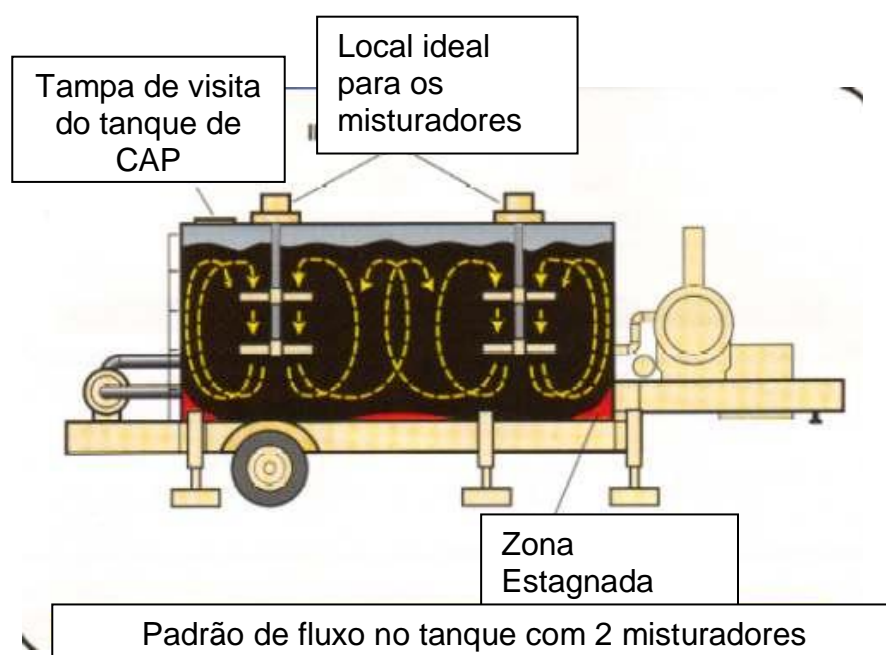
Os depósitos devem possuir um sistema, mecânico, de agitação contínua para garantir a estabilidade e homogeneidade do ligante.

A seguir é mostrado um modelo do sistema acima mencionado.



Modelo dos misturadores para serem utilizados nos tanques

Posição dos Misturadores no Tanque de Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero ou borracha.



Devem possuir também um sistema de recirculação para o ligante Asfáltico, de modo a garantir a circulação desembaraçada e contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação.

A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, 3 dias de operação.

6.2. DEPÓSITO PARA AGREGADOS

O local onde serão depositados os agregados a serem utilizados na confecção da mistura deve estar limpo, preferencialmente coberto, com as pilhas identificadas e bem separadas para evitar mistura ou contaminação dos mesmos. Se for constatada qualquer contaminação em qualquer pilha, esta deve ser imediatamente removida da área de estoque.

Caso haja contaminação das pilhas, os trabalhos na usina devem ser paralisados até que o problema seja sanado.

6.3. USINA PARA MISTURAS ASFÁLTICAS

Usinas de fluxo paralelo não devem ser utilizadas para misturas asfálticas com asfaltos modificados. Deve ser homologada previamente pela ARTERIS.

A usina de asfalto deve ser capaz de preparar uma massa uniforme, sem segregação e na temperatura determinada pelas especificações. Deve estar equipada com os seguintes equipamentos:

6.3.1 Silos de entrada de materiais (FRIO)

Os silos frios devem ser divididos em compartimentos identificados, dispostos de modo a separar e estocar adequadamente as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivo adequado de dosagem e descarga, que permita uma dosagem das quantidades de materiais de acordo com o projeto de mistura (traço) aprovado pela ARTERIS.

Deve também ter um silo adequado para a adição de Cal hidratada CH-I que permita sua incorporação à mistura sem perdas. Este silo deve estar conjugado com o sistema de dosagem automática da usina.

A Cal Hidratada CH-I deve ser adicionada aos agregados na correia transportadora, junto aos silos frios.

6.3.2 Secador

O secador da usina deve estar equipado com dispositivos para aquecer a mistura seca de agregados até a temperatura recomendada. A chama do maçarico não pode em hipótese nenhuma entrar em contato com o ligante.

Deve possuir um dispositivo de medição de temperatura, com informações dentro da cabina de comando, de maneira a permitir ao operador da usina monitorar a temperatura da mistura.

Caso esta condição não seja atendida, a usina deve ser paralisada até que a empresa promova os ajustes necessários.

6.3.3 Sistema de recuperação de finos

A usina deve ter um sistema de recuperação de finos adequado que permita a devolução dos mesmos à mistura.

6.4. CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte da mistura asfáltica a quente tipo CPA, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com nata de Cal hidratada (3 x 1) ou água e sabão ou óleo de soja diluído em água, ou outro produto previamente aprovado, de modo a evitar a aderência da mistura ao fundo ou parede do mesmo.

Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis para dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina, etc.).

6.5. EQUIPAMENTO PARA ESPALHAMENTO

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, nas cotas e abaulamentos requeridos. Deve ser equipada com rosca sem-fim para espalhar a mistura sem segregação, possuir dispositivo rápido e eficiente de direção, além de marcha para frente e para trás. Deve ser equipada com sistema de vibração que permita uma pré-compactação na mistura espalhada e com dispositivo de aquecimento da mesa para evitar que a mistura agarre na mesma e prejudique o acabamento. Deve estar equipada com sistema de controle de nível (espessura) eletrônico nos dois lados da mesa.

A mesa não deve deixar marcas longitudinais na massa espalhada, devendo estar bem ajustadas as emendas das extensões.

No início da jornada, a mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura definida pela Especificação para temperatura de descarga.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas devem ser removidas. Não se admite correção da camada por meio de ancinhos e rodo metálicos (rastelos).

Caso no espalhamento, se constate pontos segregados, tanto finos como grossos, ondulações transversais e/ou riscos longitudinais, resultados da má operação da pavimentadora, o serviço deve ser paralisado até a sua correção.

6.6. EQUIPAMENTO PARA COMPRESSÃO

O equipamento para a compressão deve ser rolo tandem liso vibratório e deve vibrar, no mínimo, 2.400 VPM.

7 EXECUÇÃO

7.1 SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR

A superfície a ser pavimentada deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Deve estar seca e limpa, sem presença de pó ou materiais soltos.
- Imediatamente antes de pavimentar deve ser feita uma pintura de ligação com emulsão RR-1C ou RR-2C na taxa, aproximadamente:

Pavimento novo:	0,15 - 0,3 l/m ² (resíduo)
-----------------	---------------------------------------

Pavimento antigo, em cima de camadas já oxidadas	0,2 - 0,4 l/m ² (resíduo)
--	--------------------------------------

- Caso o caminhão espargidor não tenha condições de espargir esta taxa, a emulsão pode ser recortada com 50% de água.
- Devem ser coletadas amostras da emulsão no caminhão espargidor e feita uma determinação expedita do resíduo antes da aplicação. A taxa deve ser ajustada em função da porcentagem de resíduo encontrada.
- A pintura de ligação deve ser feita obrigatoriamente com a barra espargidora. A caneta só deve ser usada para correção de pontos falhos ou de difícil acesso.
- O tráfego de caminhões sobre a pintura só é permitido após o rompimento e cura da emulsão.

7.2 CONFECÇÃO DA MISTURA

A mistura asfáltica deve ser confeccionada em uma usina de asfalto conforme Especificada no Item 6 e obedecer aos seguintes critérios:

- Os agregados devem ser homogeneizados com a carregadeira antes de serem colocados nos silos frios,
- As aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria do traço e dos agregados,
- Estar de acordo com o projeto de mistura aprovado, tanto na granulometria quanto teor de ligante,
- Obedecer aos parâmetros definidos para a temperatura da mistura,
- A cal hidratada CH I deve estar dispersa no meio dos agregados, principalmente graúdo, antes de entrar em contato com o ligante.
- Não apresentar deficiências de mistura, apresentando agregados não misturados (Massa carijó),
- Não apresentar variações bruscas de temperatura de mistura, demonstrando falta de controle de alimentação ou secador desregulado.
- A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba (1º à frente, 2º a traseira e depois o meio).

- A mistura só pode ser estocada ou mantida de um dia para outro se houver silos apropriados na usina ou se as caçambas tiverem proteção contra o resfriamento da massa. Para isto deve ser feita a correção do teor de asfalto devido à absorção do agregado, dado o tempo de estocagem.

7.3 TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO

O concreto asfáltico deve ser transportado em caminhões basculantes e atender aos requisitos Especificados no Item 6. Além disto, devem ser observados os seguintes critérios:

O Caminhão carregado deve estar coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura, sobrepassando a caçamba nas laterais e na traseira. Deve estar bem fixada na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura asfáltica.

O tempo máximo admissível entre a carga do caminhão na usina e a descarga na pista é de 3 horas. Misturas que excederem este tempo deverão ter permissão especial do Engenheiro Fiscal da Obra, para descarga.

A troca de caminhões deve ser rápida, de maneira a reduzir o tempo de parada da acabadora.

7.4 DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

A distribuição da mistura deve ser feita em pavimentadoras automotrizes e atender à Especificação do Item 6.

Além disto, deve apresentar os seguintes requisitos:

- A temperatura ambiente e do piso deve estar acima de 10° C.
- Na partida da acabadora, devem ser colocadas 2 a 3 réguas com a espessura da camada mais o empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.
- A mistura deve apresentar uma textura uniforme, sem pontos segregados. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação, devendo essas serem consideradas como exceção. Caso a correção seja freqüente, a pavimentadora deve ser ajustada ou substituída por outra.
- A mesa da pavimentadora deve ter uma superfície lisa, sem riscos que deixem marcas de arraste de material. Caso se constate este arraste, os serviços devem ser paralisados e o defeito sanado imediatamente.
- Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela pavimentadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.
- A velocidade da acabadora deve ser definida em função da capacidade de produção da usina, de maneira que a mesma esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões, acima de 15 minutos. A velocidade da acabadora deve estar sempre, entre 2,5 e 10,0 m/minuto. A velocidade de trabalho deve ser determinada em função da espessura e largura a espalhar e produção da usina acrescida de 20%, para evitar paralisações prolongadas.
- A acabadora deve trabalhar com sistema eletrônico de nível, com esqui de comprimento mínimo de 6,00 m.
- Se a acabadora parar mais de 15 minutos, deve ser removida da pista, e dar um novo início na chegada do caminhão.

7.5 COMPRESSÃO DA MISTURA

Esquemas alternativos de rolagem poderão ser adotados, desde que previamente aprovados pela ARTERIS.

Prioritariamente deve ser adotado o descrito abaixo:

A compressão da mistura deve ser iniciada imediatamente após o espalhamento (menos de 1 minuto) e o equipamento deve atender à Especificação do Item 6.

A rolagem deve ser somente com rolo tandem sem vibrar logo após o espalhamento.

- A compressão deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista.
- Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto.
- Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente.
- A água no rolo tandem deve estar pulverizada, não se permitindo o escorrimento da mesma por gravidade pelo tambor e empoçamento na superfície da camada.
- A mistura compactada na pista deve apresentar teor de vazios (ARTERIS T-269) mínimo de 20 % da Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) determinada em 9.3.e.
- Os critérios de avaliação e aceitação da compactação estão discriminados no item 9.4.a
- A abertura ao trânsito de veículos só é permitida após o completo resfriamento da camada espalhada.

8 MANEJO AMBIENTAL

O manejo ambiental deve seguir na íntegra o disposto no item 6 da especificação DNIT 0386-ES - Pavimentação – Pré-Misturado a quente com asfalto polímero – Camada Porosa de Atrito.

9 CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL

O controle de qualidade da obra é de total responsabilidade da Construtora Contratada para execução dos serviços.

Todos os materiais a serem empregados na obra devem ser testados em laboratório obedecendo à metodologia indicada no item 2.

A quantidade de ensaios, no início dos serviços, deve ser determinada pelo REPRESENTANTE DA ARTERIS e será reduzida à frequência mínima depois de constatada a homogeneidade na execução dos serviços.

Esta quantidade mínima também deve ser aumentada sempre que se constate variações abruptas nos resultados dos ensaios ou visualmente na aparência da mistura, indicando uma falta de controle na execução dos serviços.

Os materiais devem satisfazer às Especificações em vigor e frequência mínima indicada a seguir.

9.1 LIGANTE ASFÁLTICO

O controle de qualidade do ligante asfáltico constará do seguinte:

- a) 1 Ensaio Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados, pelo Método de Torção (ARTERIS T-329) para todo carregamento de Asfalto Modificado que chegar à obra.
- b) 1 Ensaio de Ponto de Amolecimento (ABNT – NBR 6560) para todo carregamento que chegar à obra.

- c) 1 Ensaio de Penetração (ABNT- NBR 6576) para todo carregamento que chegar à obra.

Se, nos ensaios acima realizados, de aceitação do carregamento, houver algum valor que não atenda às especificações da obra, o material está recusado e não pode ser descarregado.

9.2 AGREGADOS

Os ensaios de controle de qualidade dos agregados devem ser os seguintes:

- a) Na aprovação do traço ou quando se perceber alteração da matriz do agregado na pedreira deverão ser feitos todos os ensaios previstos no item 5.3,
- b) 1 Ensaio de Granulometria de cada agregado (ARTERIS T-27) (coletado dos silos frios) por dia de trabalho.
- c) 1 Ensaio de Equivalente de Areia - ABNT-NBR 12052 por dia.
- d) 1 Ensaio de Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - ARTERIS T-330 por semana.
- e) 1 ensaios de Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ARTERIS D-4791 por semana.

9.3 MISTURAS ASFÁLTICAS

- a) 2 Ensaios (mínimo) de teor de asfalto pelo método Rotarex (ARTERIS T-164 método A) e granulometria (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto a cada jornada de 8 horas (A quantidade mínima de material para cada ensaio deve ser de 1.500 g).
- b) 1 Ensaio de teor de asfalto pelo método Soxhlet (ARTERIS T-164 método F ou G) e granulometria (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto (A quantidade mínima de material para cada ensaio deve ser de 1.500 g).por dia para ajuste do desvio do ensaio no Rotarex.
- c) 1 Ensaio de Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas usando Selagem Automática a Vácuo (ARTERIS T-331), por jornada de 8 horas.
- d) 1 Ensaio de danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) por semana – Se a amostra ensaiada não for aprovada, corpos de prova devem ser extraídos da pista relativos ao período de execução, e devem ser testados por este método de ensaio.
- e) 1 Ensaio de Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) por dia, no mínimo.

9.4 PISTA

a) Devem ser realizados ensaios de Densidade (ARTERIS T-331) de corpos de prova extraídos via sonda rotativa. Estes corpos de prova deverão ser enviados imediatamente ao Laboratório de Controle indicado pela Concessionária. A construtora pode a seu critério, extrair corpos de prova em duplicata para seu controle. A frequência dos Ensaios de Densidade será sempre aumentada no início dos serviços ou quando houver falhas e/ou variação nos ensaios anteriores, a critério do REPRESENTANTE DA ARTERIS. Este ensaio será feito com o objetivo de se determinar o Índice de Vazios da Mistura Compactada (ARTERIS T-269), conforme descrito no item 7.5. A comparação será feita com a média dos 2 resultados de Massa Específica Máxima (ARTERIS T-209) do dia da aplicação da massa (item 9.3.f).

O cálculo dos valores máximo e mínimo de vazios será conforme descrito abaixo:

$$X_{\max} = \bar{X} + Kd \quad \text{e} \quad X_{\min} = \bar{X} - Kd$$

Onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}, \quad d = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{e K é dado em função do número "N" de amostras, pela}$$

Onde:

X – média de resultados dos corpos de prova na análise estatística;

Xi – valor individual de um corpo de prova;

σ - desvio padrão dos corpos de prova na análise estatística;

k – coeficiente multiplicador em função do número de amostras.

Critério de aceitação (Para faixas granulométricas de camadas de Rolamento):

Tipo de Análise (Determinística):

O segmento será aceito se todos os corpos de prova apresentar-se dentro dos limites de $18\% < Xi < 22\%$. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tipo de Análise (Estatística):

O segmento será aceito se “X min” > 18% e “X max” < 22%. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

b) O controle de espessura será feito pela medição dos corpos de prova extraídos na pista (idem, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura). Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nos corpos retirados da pista.

O cálculo do valor mínimo de espessura será conforme descrito abaixo:

$$X \text{ min} = \bar{X} - Kd, \quad \bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}, \quad d = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{e K é dado em função do número}$$

“N” de amostras, pela Tabela 5:

Critério de aceitação

O segmento será aceito se: $X \text{ min} \geq 0,95P$

Onde:

P= Espessura de projeto

Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tabela 7 - Amostragem Variável

		Número N de amostras																	
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21	
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00	

k = coeficiente multiplicador

c) O controle de espessura será feito pela medição dos corpos de prova extraídos na pista (item 9.4.a), ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nos corpos retirados da pista ou pelo nivelamento topográfico.

O cálculo do valor mínimo de espessura será conforme descrito abaixo:

$$X \text{ min} = \bar{X} - Kd \quad , \quad \bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \quad , \quad d = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{e } K \text{ é dado em função do número}$$

“N” de amostras, pela Tabela 7:

Critério de aceitação

O segmento será aceito se: $X \text{ min} \geq 0,95P$

Onde:

P= Espessura de projeto

Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Em caso de rejeição poderá ser adotado, em consenso entre a ARTERIS e a Construtora, o pagamento pelo valor de “x min”, desde que atendidas as condições estruturais e de deflexões de projeto.

Tabela 8 - Amostragem Variável

		Número N de amostras																	
N		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K		1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

k = coeficiente multiplicador

d) O controle de deflexões deve ser executado pelo contratado e acompanhado pelo representante da ARTERIS e obedecer aos parâmetros fixados no projeto de restauração ou construção. A sua frequência, se não definida no projeto, deve ser de 20 m de faixa, no mínimo. Para a medida de deflexão pode ser usada viga Benkelmann ou outro equipamento previamente aprovado pelo representante da ARTERIS;

e) O controle de acabamento da superfície do revestimento deve ser feito com auxílio de duas régua, uma de 4,00m e outra de 0,90m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das régua. Este ensaio deve ser realizado imediatamente após a compactação e antes da abertura da pista ao tráfego. Todas as áreas que não atenderem a estes parâmetros devem ser corrigidas pela Empresa Construtora.

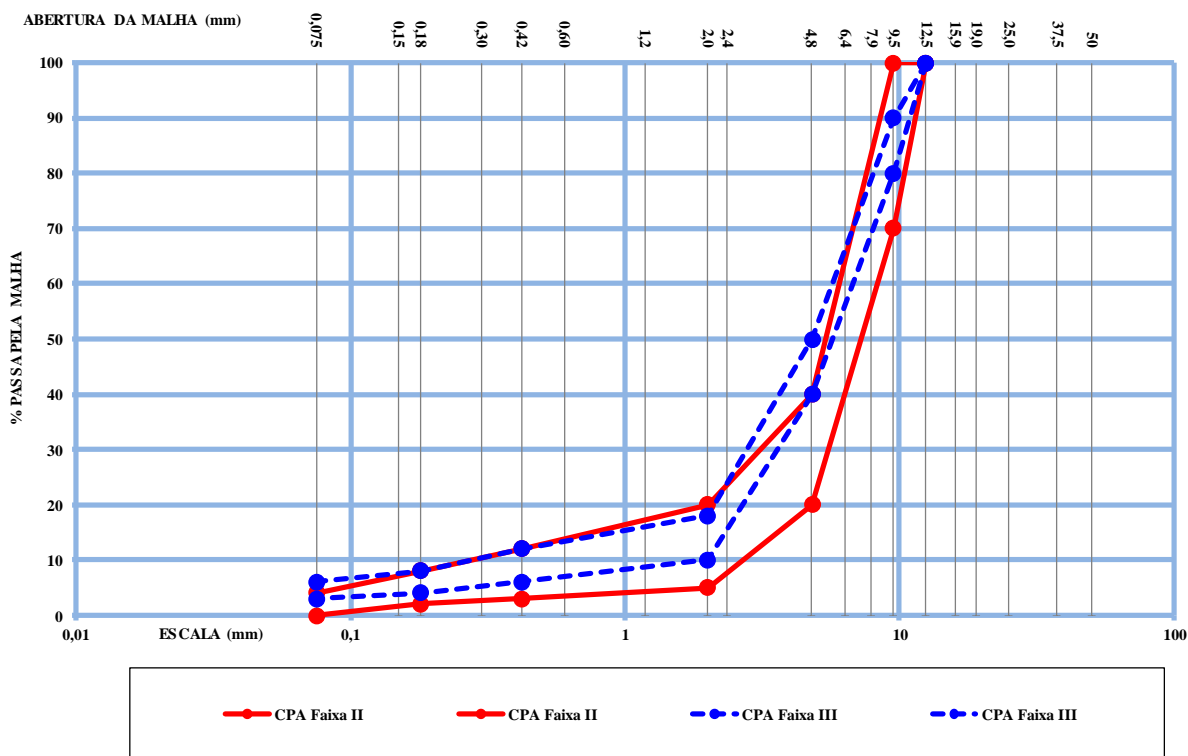
f) Avaliação de superfície, expressa pela irregularidade longitudinal, pelo parâmetro QI - (contagens/km), ao longo do trecho recuperado, deve atender aos seguintes requisitos no cálculo estatístico:

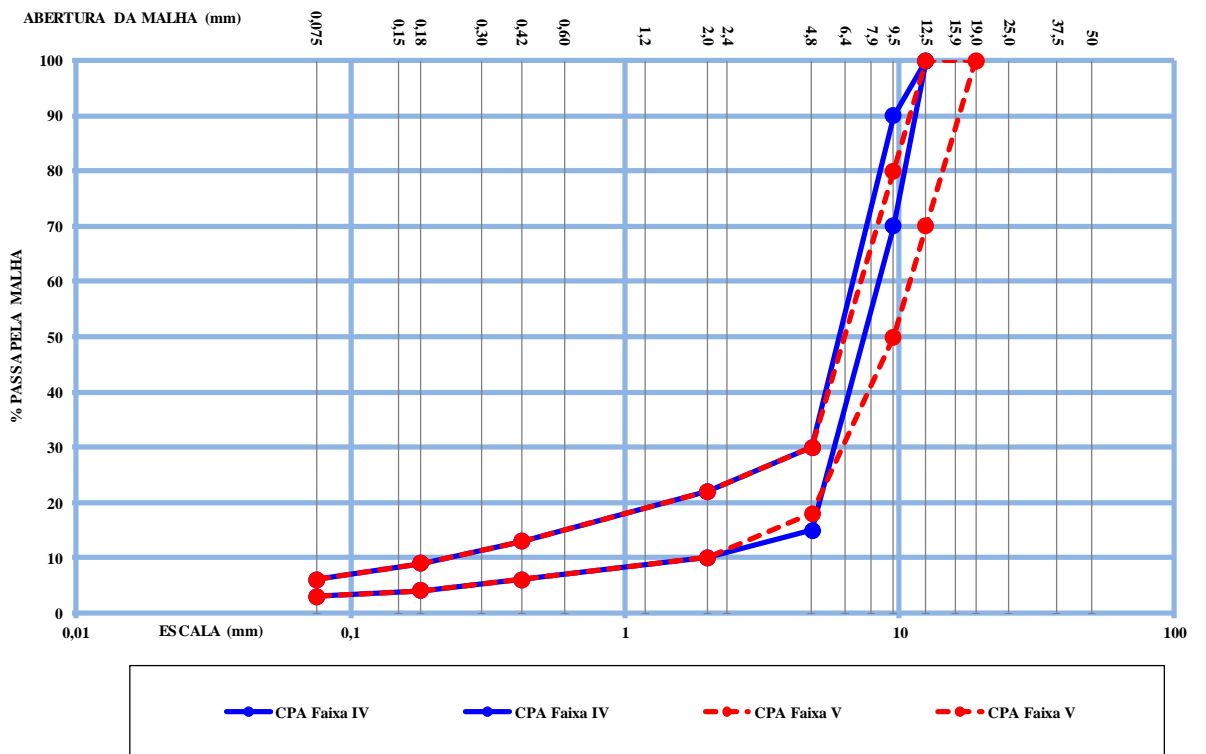
- A média das medidas de QI do segmento executado deve apresentar valor inferior a 26. O segmento considerado deve ser sempre superior a 1 quilometro de faixa;
- O valor de QI, calculado estatisticamente para 80% das leituras feitas no segmento executado, deve ser inferior a 26;
- No segmento não poderá apresentar nenhum valor individual acima de 35.

Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada.

A medição da área executada só será feita depois de verificado o atendimento aos parâmetros acima Especificados.

10 COMPARAÇÃO DAS FAIXAS GRANULOMETRICAS





11 APÊNDICE

Tabela 9 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade de pista

Frequência (1 dia de serviço)	Amostragem		Parâmetros de análise					Tipo de análise	Critério de aceitação			
			Extensão dos segmentos	Número de CP's para ensaio	Número de CP's para contra prova*	Volume de Vazios (%)	Teor de ligante (%)			Espessura (cm)	IRI (Condição construtiva)	
											Fresagem e recomposição	Construção ou recuperação de base, sub-base e/ou subleito
<= 20 m	1	1	3% < Xi < 7% (Rolamento) 3% < Xi < 8% (Binder)	± 0,2 Teor de Projeto	Xmin ≥ 0,95 Espessura de Projeto	-	-	Determinístico	Se algum parâmetro não atende = rejeição			
20 < X <= 50m	2	2				-	-	Determinístico				
50 < X <= 100m	3	3				-	-	Determinístico				
>100 m	Mínimo 5 CP's	Mínimo 5 CP's	X +σk <7% (Rolamento) X-σk>3% (Rolamento) X +σk < 7% (Binder) X-σk> 3% (Binder)	± 0,2 Teor de Projeto	Xmin ≥ 0,95 Espessura de Projeto	≤1,9 (IRI) ≤25 (QI)	≤1,6 (IRI) ≤21 (QI)	Estatística	Se algum dos parâmetros for reprovado, encaminhar para análise do CDT			
	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais										

Tabela 10 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para controle de qualidade geral

	ENSAIO	FREQÜÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM	DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA	15 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES-028	ARTERIS ET-001
	DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 15%	ARTERIS T-104
AGREGADOS	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	≤ 45%	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	Máximo 20% na Relação 1 : 3	ARTERIS D- 4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÊCA	1 ensaio por semana	≥ 60%	ABNT NBR-12052
	GRANULOMETRIA AGREGADOS (BRITAGEM)	1 ensaio por dia	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. FINOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-84
	MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. GRAUDOS	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-85
	AZUL DE METILENO	Na dosagem ou material mudar	< 8 mg/g	ARTERIS TP-330
	ASFALTO	VISCOSIDADE	Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 192 s
SAYBOLT-FUROL 135°C		Em toda carreta (CAP 50-70)	≥ 141 s	
VISCOSIDADE		Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 90 s	ABNT NBR-14950
SAYBOLT-FUROL 150°C		Em toda carreta (CAP 50-70)	≥ 50 s	
VISCOSIDADE		Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 40 s	ABNT NBR-14950
SAYBOLT-FUROL 175°C		Em toda carreta (CAP 50-70)	≥ 30 s	

RELAÇÃO VISCOSIDADE X TEMPERATURA	Com os resultados dos ensaios de controle 135 - 150 e 175°C	Temperatura de mistura-> 85 ± 10 s Temperatura de compactação-> 140 ± 15 s	ABNT NBR-14950
Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação, devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.			
RECUPERAÇÃO ELÁSTICA POR TORÇÃO	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 65 %	ARTERIS T-329
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	> 45 %	
PENETRAÇÃO	Em toda carreta (CAP 30-45)	30 a 45	ABNT NBR-6576
	Em toda carreta (CAP 50-70)	50 a 70	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	40 a 70	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	30 a 70	
PONTO DE AMOLECIMENTO °C	Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 52	ABNT NBR-6560
	Em toda carreta (CAP 50-70)	≥ 46	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	≥ 60	
	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	≥ 55	
ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE TÉRMICA	Em toda carreta	-1,5 a + 0,7	-

	ESPUMA A 175°C	Em toda carreta	Não espumar	-
USINA	GRANULOMETRIA SILOS QUENTES	1 ensaio por dia	Projeto	ARTERIS T-27
	UMIDADE PONDERADA DOS AGREGADOS	1 ensaio por dia	≤ 2% Recomendação	"método expedito da frigideira"
	TEMPERATURA AGREGADOS SILOS QUENTES	Regularmente	< 187°C	verificar termômetro dos silos
	TEMPERATURA CAP	Regularmente	Temperatura correspondente a Viscos. 85 ± 10 s	verificar termômetro dos tanques
	TEMPERATURA DA MASSA NA USINA	Em todo caminhão	Temperatura correspondente a Viscos. 85 ± 10 s	-
	PORCENTAGEM DA CAP	3 ensaios por dia	Teor ótimo de Projeto ± 0,2 %	ARTERIS T-164
	GRANULOMETRIA DA MASSA	3 ensaios por dia	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS T-30
	DENSIDADE MAXIMA DA MISTURA- RICE	2 ensaio por dia	Projeto	ARTERIS T-209
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	≥ 10 kgf/cm ²	DNIT ME-138
	ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS	1 ensaio por semana	RRT ≥ 80% (DUI)	ARTERIS T-283
	MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA (Marshall)	1 ensaio (3 CPs) por cada 4 hs de trabalho	75 golpes soquete Marshall / face	ARTERIS T-166
	DENSIDADE APARENTE DA MISTURA COMPACTADA	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Projeto	ARTERIS T-166
	TEOR DE VAZIOS (LABORATÓRIO)	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5	ARTERIS T—269
	VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5	ARTERIS ET-35
	VAZIOS DO AGREGADO MINERAL	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 5	ARTERIS ET-35
PISTA	TEMPERATURA DA MASSA	Em todo caminhão	minimo 145 graus centígrados	Medir
	EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Extrair com máquina Rotativa
	COMPACTAÇÃO	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	ARTERIS T-331
	VAZIOS DE PISTA	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 9	ARTERIS T-269

	MEDIDA DE IRREGULARIDADE	a cada km	< 26 contagens por km	ARTERIS ET-008
	MEDIDA DE ATRITO	A cada 100m	GN > 0,30	Grip Number
	DEFLEXÕES - VIGA BENKELMAN	Projeto define ou mínimo cada 20 m de faixa	$D_c = X + \sigma_x K \leq D_{proj.}$	DNIT-ME 24
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	de acordo com a extração de CP's na pista	± 5 % da espessura de Projeto em segmentos de 1000 m por faixa. Em pontos isolados + - 10%	Fazer média de 4 medidas diametralmente opostas