



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Relatório de Estágio

**Plano de Controlo de Qualidade – Pavimentos
Rodoviários Municipais**

Artur Jorge de Jesus Marques

Coimbra, setembro 2023

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Plano de Controlo de Qualidade – Pavimentos Rodoviários Municipais

Artur Jorge de Jesus Marques

Relatório de Estágio de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Especialização em Construções Civas, orientado pelo Professor Doutor António José Barreto Tadeu, coorientado pelo Eng.º António Jacinto Branco Moreira Guerreiro Diretor de Departamento das Obras Municipais da Câmara Municipal de Tomar e Apresentado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Coimbra, setembro de 2023

Dedicatória

À minha família, amigos e professores...

Agradecimentos.

Neste espaço do meu trabalho, desejo agradecer a todas as pessoas que dedicaram ao longo do meu percurso de formação académica, o seu apoio e ajuda, por vezes com muito esforço. Foram eles a estrutura de vida que permitiu chegar aqui, a eles dedico estas minhas palavras de agradecimento.

Quero agradecer em particular aos meus familiares próximos que estiveram sempre perto neste longo caminho comum, percurso de muito esforço e dedicação. Sem eles, não teria sido possível percorrer este caminho.

A todos os meus amigos e professores, o meu muito obrigado, tiveram todos eles um papel de relevo na minha formação, desde a importante e prestigiada escola primária do meu tempo, passando pelo ensino secundário até ao ensino superior de hoje. Guardo comigo uma amizade, gratidão e respeito por todos eles...

Agradeço a dedicação e paciência do Professor António Tadeu e do Eng.º António Guerreiro na orientação do estágio.

Ao meu País, agradeço as condições que me permitiram a formação académica, com o meu trabalho espero continuar a retribuir esse esforço ...

Muito Obrigado a Todos!!!

Resumo:

O presente Relatório de Estágio pretende refletir num único documento, o trabalho realizado ao longo tempo previsto para a unidade de curricular- "*Estágio em Engenharia Civil*". Este trabalho teve o objetivo reunir e conciliar a componente teórica associada aos pavimentos rodoviários flexíveis e a sua vertente prática de construção e reconstrução, de forma, a podermos desenvolver um *Plano de Qualidade para a Construção e Reconstrução de Pavimentos Rodoviários Flexíveis em Vias Rodoviárias Municipais*. Este plano pretende definir uma ferramenta de trabalho com critérios concretos e sistematizados de boas práticas ao nível do estudo das suas intervenções, em obra e posteriormente nas suas ações de verificação, manutenção e exploração, assim, obter a excelência dos pavimentos rodoviários para os seus utilizadores.

O estágio foi realizado no Departamento de Obras Municipais da Câmara Municipal de Tomar em parceria com a Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Como referido, o trabalho teve início com o desenvolvimento das temáticas teóricas associadas à construção/reconstrução de pavimentos rodoviários flexíveis, em vias de bitola municipal. Em simultâneo foi desenvolvida a componente prática do estágio, com a fiscalização de duas empreitadas de reabilitação de dois troços de vias rodoviárias, uma na Rua entre Freguesias, na localidade de Vale do Roxo e uma segunda em São Simão, freguesia de Carregueiros, ambas no concelho de Tomar. A terceira componente do estágio, focou-se no desenvolvimento de um plano de qualidade para pavimentos rodoviários, estruturado em três fases:

- Pré Obra – Estudo da Intervenção;
- Desenvolvimento de Obra;
- Pós Obra – Verificação, Manutenção e Exploração;

Palavras-chave: Plano de Controlo de Qualidade, Reabilitação de Pavimentos de Vias Rodoviárias Municipais

Abstract:

The present Internship Report intends to reflect in a single document, the work carried out over a long time foreseen for the curricular unit- “Internship in Civil Engineering”. This work aimed to bring together and reconcile the theoretical component associated with flexible road pavements and its practical aspect of construction and reconstruction, so that we could develop a Quality Plan for the Construction and Reconstruction of Flexible Road Pavements on Municipal Roads. This plan intends to define a working tool with concrete and systematized criteria of good practices in terms of the study of its interventions, on site and later in its verification, maintenance and operation actions, thus obtaining the excellence of road pavements for its users.

The internship was carried out at the Department of Municipal Works of the Municipality of Tomar in partnership with the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra.

As mentioned, the work began with the development of theoretical themes associated with the construction/reconstruction of flexible road pavements, on municipal gauge roads. At the same time, the practical component of the internship was carried out, with the supervision of two works for the rehabilitation of two sections of roadways, one on Rua entre Freguesias, in the town of Vale do Roxo and a second in São Simão, parish of Carregueiros, both in the municipality of Tomar. The third component of the internship focused on the development of a quality plan for road pavements, structured in three phases:

- Pre-Work – Intervention Study;
- Work Development;
- Post Construction – Verification, Maintenance and Exploitation;

Keywords: Quality Control Plan, Paving Rehabilitation on Municipal Road

Siglas e Abreviaturas

Siglas

Grandezas fundamentais do Sistema Internacional

Unidades SI – comprimento

M Metro

Unidades SI – tempo

S Segundo

Unidades SI – massa

Kg Quilograma

Unidades SI – temperatura

K Kelvin

Unidades SI – volume líquido

L Litro

Unidades SI – volume sólido

m³ Metro cúbico

Grandezas Derivadas do Sistema Internacional

Unidades SI – ângulos

rad Radiano (m/m)

Unidades SI – área

m² Metro quadrado

Unidades SI – volume

m³ Metro cúbico

Unidades SI – vazão

m³/s Metro cúbico por segundo

Unidades SI – velocidade

m/s Metros por segundo

Unidades SI – aceleração

m/s² Metros por segundo quadrado

Unidades SI – força

N Newton (Kg.m/S²)

KN Quilonewton

Unidades SI – pressão

Pa Pascal (N/m²)

Kpa Quilopascal (10³ Pa)

Mpa Megapascal (10⁶ Pa)

Gpa Gigapascal (10⁹ Pa)

Unidades SI – potência

W Watt (J/S)

Unidades SI – energia

J Joule (N.m)

Unidades SI – temperatura

°C Graus Celsius

Unidades SI – volume líquido

ml Mililitro

Unidades SI – volume sólido

ml Mililitro

Designações nas equações e expressões do trabalho

Mt Massa total

Ma Massa agregado

Mb Massa betume

Mv Massa vazios

T Temperatura de um material

t Variável genérica tempo

tc	Tempo de carregamento
Tar	Temperatura do ar
ΔT	Variação de temperatura
Va	Volume do agregado
Vb	Volume do betume
Vv	Volume de vazios
Vt	Volume total
VMA	Volume de vazios do esqueleto do agregado
n	Porosidade
W	Teor de água nas camadas granulares e fundação de um pavimento
q	Tensão deviatória
E	Módulo de elasticidade ou módulo de deformabilidade, traduz a proporcionalidade entre tensão e extensão
Vt	Velocidade média da corrente de veículos pesados de uma estrada
h	Altura de uma camada
FI	Índice de Achatamento
SI	Índice de Forma
LA	Coeficiente de Los Angeles
Aa	Altura de areia da “mancha de areia”
EA	Equivalente de areia
CBR	Californian Bearing Ration
CM	Coeficiente de Marshall
EM	Estabilidade de Marshall
DM	Deformação de Marshall
VAS	Valor do azul de metileno de um agregado ou solo
VASc	Valor do azul de metileno corrigido

Sb	Rigidez do betume
Sbt	Grau de saturação do betume
TAB	Temperatura de amolecimento dum betume asfáltico determinada pelo método do anel e bola
Tk	Tempo de atraso do modelo de Kelvin
TM	Tempo de relaxação no modelo de Maxwell
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
LR	Limite de retração
Tb	Teor de betume (coeficiente entre a massa de betume Mb coma massa do agregado. Ma)
Va	Percentagem volumétrica de agregado em relação ao volume total de uma mistura
vb	Percentagem volumétrica de betume em relação ao volume total de uma mistura
pa	Percentagem de agregado em relação à massa total duma mistura betuminosa
pb	Percentagem de betume em relação à massa total duma mistura betuminosa
IPen	Índice de penetração dum betume
pen 25°C	Penetração a 25.ºc dum betume asfáltico
N80	Número de eixos padrão de 80 KN
N	Tráfego acumulado ao longo do tempo de vida de um pavimento
Npes	Número de veículos pesado
np	Número de eixos de peso P
P	Carga de um pneu de um veículo
p	Pressão de um pneu de um veículo

f	Coeficiente de equivalência entre o dano no pavimento provocado pela passagem de um eixo-padrão e o dano provocado por um eixo de peso P
K	Módulo e riqueza em betume
K	Coeficiente de variação do tráfego suportado por um pavimento
C_c	Coeficiente de curvatura
C_u	Coeficiente de uniformidade
D_{eq}	Diâmetro equivalente comprimento do lado da malha quadrada
D_{10}	Diâmetro do agregado correspondente a 10% de passados
d_i/D_i	Fração granulométrica (diâmetro, inferior e superior)
R_i	Massa da fração granulométrica d_i/D_i
ϵ	Extensão
ϵ_t	Extensão radial ou horizontal entre camadas estabilizadas com ligante
σ	Tensão
σ_t	Tensão radial ou horizontal entre camadas estabilizadas com ligante
σ_z	Tensão vertical ou de compressão em camadas de pavimento ou fundação
ζ_t	Tensão tangencial à superfície do pavimento
δ	Assentamento reversível ou flexão
ν	Coeficiente de Poisson
η	Viscosidade ou módulo de viscosidade
α	Coeficiente de agressividade, fator de equivalência entre um veículo pesado e eixo-padrão
ρ	Massa volúmica
ρ_b	Massa volúmica do betume

ρ_a	Massa volúmica do agregado
$\rho_{máx}$	Massa volúmica máxima teórica de uma mistura betuminosa
ρ_t	Massa volúmica de uma mistura betuminosa
ϕ	Ângulo fase
%	Percentagem
μm	Micrómetro
\emptyset	Diâmetro

Abreviaturas

ISO	Norma Europeia da Organização Internacional para a Padronização
ISRM	Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas
ASHO	American Association of State Highways Officials
WASHO	Western Association of State Highways Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
CETUR	Centre d'Etudes des Transports Urbains
TRB	Transportation Research Board (EUA)
TRRL	Transportation and Road Research Laboratory (RU)
IQRN	Image Qualité du Réseau Routier Nacional
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
IPQ	Instituto Português da Qualidade
NP	Norma Portuguesa
EN	Norma Europeia
NP EN	Norma Portuguesa baseada em Norma Europeia
MACOPAV	Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional
JAE	Junta Autónoma de Estradas

IEP	Instituto de Estradas de Portugal
EP	Estradas de Portugal, EPE
IP	Infraestruturas de Portugal
CEIEP	Caderno de Encargos do IEP
BDR	Base de Dados Rodoviários
ICERR	Instituto para a Conservação e Exploração da Rede Rodoviária
SGC	Sistema Gestão da Conservação
MB	Macadame Betuminoso em camada base
MBBRD	Microbetão betuminoso rugoso em camada de desgaste
MBD	Mistura betuminosa densa em camada de regularização
MBFB	Mistura betuminosa a frio em camada base
MBR	Macadame betuminosa em camada de regularização
MF	Microbetão a frio com emulsão
BBDD	Betão betuminosa drenante em camada de desgaste
BBMD	Betão betuminosa muito delgada
BBUD	Betão betuminoso ultra delgado
BD	Betão betuminoso em camada de desgaste
BG	Base granular
BGE	Base granular de granulometria extensa
BP	Betão pobre
ECR-1	Emulsão betuminosa de rotura rápida
SbG	Sub-base granular em material britado sem recomposição – Tout-Venant
SPB	Macadame por Semi-penetração em camada base a frio
AGEC	Agregado betuminosa em camada de regularização
RTFOT	Rolling Trin-Film Oven Test (processo de endurecimento/envelhecimento do betume asfáltico)

TFOT	Thin-Film Oven Test (processo de endurecimento/envelhecimento do betume asfáltico)
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual
TMADAVP	Tráfego Médio Diário Anual de Veículos pesado

Identificação de Equações

Mecânica dos Solos

Eq.01- Módulo de distorção $G = E / (2 \times (1 + \nu))$

Eq.02 – Módulo de compressibilidade volumétrica $K = E / (3 \times (1 - 2 \nu))$

Eq.03 – Índice de Vazios $e = V_v / V_p$

Solo saturado

Eq.04- Índice de Vazios $e = G_s \times w$

Eq.05- Volume específico $v = 1 + e$

Solo não saturado

Eq.06- Grau de saturação $S = V_w / V_e$

Eq.07- Índice de vazios $e = (G_s \times w) / S$

Eq.08- Porosidade do solo $n = V_e / V_t$

Eq.09- Peso volúmico do solo $\gamma = ((G_s + e S) \times \gamma_w) / (1 + e)$

Eq.10- Tensão total no “ponto de cota z” $\sigma_z = \gamma z$

Estado do solo

Eq.11- Índice de Plasticidade de um solo $I_p = w_l - w_p$

Eq.12- Tensão total no ponto “A” $\sigma_z \text{ “A”} = \gamma_{sat} \times z_a + \gamma_w \times z_w + Q$

Eq.13- Pressão intersticial ou pressão neutra $u = \gamma_w \times h_w \text{ (m)}$

Eq.14- Velocidade de percolação (Lei de Darcy) $v = k \times i \text{ (m/s)}$

Eq.15- Energia total ponto “A” $H \text{ “A”} = h_1 + h_2 + h_3 = z + u/\gamma_w + v^2/2g \text{ (m)}$

Eq.16- Energia total $H = z + u/\gamma_w \text{ (m)}$

Capacidade de suporte do solo

Eq.17- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = (2 * (1 - \nu^2) * p * r) / \delta \text{ (Mpa)}$

Eq.18- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 10 \times \text{CBR} \text{ (Mpa)}$

Eq.19- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 17,6 \times (\text{CBR})^{0,64}$ (Mpa)

Eq.20- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 5 \times \text{CBR}$ (Mpa)

Estudo da granulometria do agregado

Eq.21- Coeficiente de uniformidade $C_u = D_{60}/D_{10}$

Eq.22- Coeficiente de Curvatura $C_c = D_{30}/(D_{10} \cdot D_{60})$

Eq.23- Valor de azul de metileno $(V_{ASc} = V_{AS} \cdot (\%P_{\#200}/\%P_{\#10}) \cdot 100) < 25$ (%)

Eq.24- Valor de azul de metileno $(V_{ASc} = V_{AS} \cdot (\%P_{\#200}/\%P_{\#10}) \cdot 100) < 25$ (%)

Estudo das misturas betuminosas

Eq.25- Massa volúmica do agregado seco $\rho_s = M_a/V_a$ (g/cm³)

Eq.26- Massa volúmica de vários agregados secos
 $\rho_s = (p_1 + p_2 + p_3 + p_n)/(p_1/\rho_1 + p_2/\rho_2 + p_3/\rho_3 + p_n/\rho_n)$ (g/cm³)

Eq.27- Percentagem de betume relação entre a massa de betume e a massa total da mistura
 $p_b = 100 \cdot (M_b/M_t)$ (%)

Eq.28- Percentagem de agregado, relação entre a massa de agregado e a massa total da mistura
 $p_a = 100 \cdot (M_a/M_t)$ (%)

Eq.29- Percentagem de betume, relação entre a volume de betume e o volume total da mistura
 $v_b = 100 \cdot (v_b/v_t)$ (%)

Eq.30- Percentagem de agregado, relação entre a volume de agregado e o volume total da mistura
 $v_a = 100 \cdot (v_a/v_t)$ (%)

Eq.31- Teor de betume da mistura é a relação entre a massa do betume e a massa do agregado
 $T_b = 100 \cdot (M_b/M_a)$ (%)

Eq.32- Massa volúmica máxima da mistura betuminosa (teórica)
 $P_{m\acute{a}x} = 1 / (p_b/(100 \cdot \rho_b) + \sum(p_i/(100 \cdot \rho_i)))$ (g/cm³)

Eq.33- Volume de betume na mistura $v_b = (p_b \cdot \rho_t) / \rho_b$ (cm³)

Eq.34- Percentagem de betume $p_b = t_b/(100+t_b) \cdot 100$ (%)

Eq.35- Percentagem de saturação de betume = volume de vazios do agregado
 $S_{bt} = v_b/VMA \cdot 100$ (%)

Eq.36- Percentagem de vazios do esqueleto do agregado

$$(VMA = v_t - v_a) (\%)$$

Eq.37- Porosidade, volume de vazios da mistura betuminosa

$$n = (\rho_{\text{máx}} - \rho_t) / \rho_{\text{máx}} * 100 (\%)$$

Pavimentos Rodoviários flexíveis - Dimensionamento

Eq.38- Tensão em material com comportamento linear e elástico não linear (Lei de Hooke)- modo aproximado das misturas betuminosas $\sigma = E * \epsilon$

Eq.39- Tensão em material com comportamento viscoso (Lei de Newton) – modo aproximado das misturas betuminosas $\sigma = \delta \epsilon / \delta t$

Eq.40- Extensão em material com comportamento viscoso (Lei de Newton) – modo aproximado das misturas betuminosas $\epsilon = \sigma * t / \eta$

Eq.41- Extensão em material com comportamento viscoelástico (Modelo de Maxwell) $\epsilon = (\sigma / EM) * (1 + t / TM)$

Eq.42- Extensão em material com comportamento viscoelástico (Modelo de Maxwell) $\epsilon = (\sigma / Ek) * (1 - e^{-t / Tk})$

Eq.43- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 5 \text{ a } 6 * CBR \text{ (Mpa)}$

Eq.44- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 17,6 * CBR^{0,64} \text{ (Mpa)}$

Eq.45- Módulo de deformabilidade da camada base granular $E_g = k * E_f \text{ (Mpa)}$

Eq.46- Tensão repetida com frequência f $\sigma = \sigma_o * \text{sen}(\omega * t)$

Eq.47- Extensão sinusoidal $\epsilon(t) = \epsilon_o * \text{sen}(\omega * t - \phi)$

Eq.48- Módulo complexo da mistura $E_{\text{comp}} = (\sigma_o / \epsilon_o) * e^{i * \phi}$

Eq.49- Módulo de deformabilidade $E_m = (\sigma_o / \epsilon_o) \text{ (Mpa)}$

Eq.50- Rigidez do betume (relação tensão/deformação) Ullidtz e Peattie

$$S_b = 1,157 * 10^{-7} * t_c^{-0,308} * 2.718^{-I_{\text{Pen}}} * (T_{\text{ab}} - T)^{5} \text{ (Mpa)}$$

Eq.51- Índice de penetração do betume

$$I_{\text{Pen}} = ((20 * T_{\text{ab}} + 500 * \log(\text{pen } 25) - 1951,55) / (T_{\text{ab}} * 50 * \log(\text{pen } 25) + 120,15))$$

Eq.52 – Dimensionamento pelo Abaco de Van Der Poel – Método empírico-mecanicista dos pavimentos rodoviários flexíveis

$$\text{Pen}_{25t} = 0,65 * \text{pen } 25$$

Eq.53- Dimensionamento pelo Abaco de Van Der Poel – Método empírico-mecanicista dos pavimentos rodoviários flexíveis

$$Tabr = 99,13 - 26,35 * \log(\text{pen } 25t)$$

Eq.54- Dimensionamento pelo Abaco de Van Der Poel – Método empírico-mecanicista dos pavimentos rodoviários flexíveis

$$t_{tc} = 1/vt$$

Eq.55- Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (método empírico-mecanicista Shell)

$$Em = 10^A \text{ (Mpa)}$$

Eq.56- Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (método empírico-mecanicista da Shell)

$$Em = 10^B \text{ (Mpa)}$$

Eq.57- Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (método empírico-mecanicista da Ábaco Shell, adaptado por Picado Santos)

$$Em = Sb * (1 + (257,5 - 2.5 * VMA) / (n * (VMA - 3)))^n \text{ (Mpa)}$$

Eq.58- Relação entre a extensão radial ϵ_t e a vida útil N80 (Critério de ruína por fadiga – Método empírico-mecanicista de Nottingham)

$$\log \epsilon_t = (14,38 * \log Vb + 24,2 * \log Tab - c - \log N80) / (5,13 * \log Vb + 8,63 * \log Tab - 15,8)$$

Eq.59 – Relação entre extensão radial de compressão e a vida útil (método empírico-mecanicista da Shell – Critério de ruína por fadiga)

$$\epsilon_t = (0,856 * Vb + 1,08) * Em^{-0,36} * N80^{-0,2}$$

Eq.60- Relação entre extensão radial de compressão no topo da fundação a vida útil (método empírico-mecanicista de Nottingham)

$$\epsilon_{dp} = A / (N80/fr)^{cl}$$

Eq.61- Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação e a vida útil da fundação Método empírico-mecanicista da Shell

$$\epsilon_{dp} = Ks * N80^{-0,25}$$

Eq.62 – Cálculo da rigidez do betume para dimensionamento de pavimentos flexíveis (método empírico-mecanicista (expressão Pfeiffer e Van Dormal
 $IPen = ((20 * Tab + 500 * \log(\text{pen } 25) - 1951,55) / (Tab - 50 * \log(\text{pen } 25) + 120,15))$

Eq.63- Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (método empírico-mecanicista da Shell)

$$Em = 10^A \text{ (Mpa)}$$

Eq.64- Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (método empírico-mecanicista da Shell)

$$Em = 10^B \text{ (Mpa)}$$

Eq.65- Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (método empírico-mecanicista da Shell)

$$E_m = S_b * (1 + (257,5 - 2,5 * VMA) / (n * (VMA - 3)))^n \text{ (Mpa)}$$

Eq.66- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 5 \text{ a } 6 * CBR \text{ (Mpa)}$

Eq.67- Módulo de deformabilidade da fundação $E_f = 17,6 * CBR^{0,64} \text{ (Mpa)}$

Eq.68- Módulo de deformabilidade da camada base granular $E_g = k * E_f \text{ (Mpa)}$

Eq.69- Extensão radial- Método de Nottingham

$$\text{Log } \epsilon_t = (14,38 * \text{log} V_b + 24,2 * \text{log} T_{ab} - c - \text{log} N_{80}) / (5,13 * \text{log} V_b + 8,63 * \text{log} T_{ab} 15,8)$$

Eq.70 – Extensão radial- Método de Shell

$$\epsilon_t = (0,856 * V_b + 1,08) * E_m^{-0,36} * N_{80}^{-0,2}$$

Eq.71- Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação – Método de Nottingham $\epsilon_{dp} = A / (N_{80}/f_r)^{cl}$

Eq.72 – Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação – Método de Shell $\epsilon_{dp} = K_s * N_{80}^{-0,25}$

Eq.73 – Percentagem de resistência gasta no cálculo de um pavimento flexível – Método de Shell $D = (N_p/N_a) * 100$

Eq.74- Coeficiente de Permeabilidade de um pavimento betuminoso- Lei de Darcy $i = (K * M) / (D^2 * t)$

Pavimentos Rodoviários flexíveis - Classificação pela Qualidade

Eq.75- Classificação de qualidade de um pavimento rodoviário flexível (Paterson, 1987) $PSI = 5.03 - 1.91 * \text{log} (1 + SV) - 1.38 * RD - 0.01 * v(C + P)$

Eq.76 – Classificação de qualidade de um pavimento – Sistema de Gestão de Qualidade de Rede Viária de Washington

$$R = (100 - D) * [1 - 0.3 * (CPM / 5000)^2]$$

ÍNDICE

Agradecimentos.....	II
Resumo:.....	III
Abstract:	IV
Siglas e Abreviaturas	V
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 BREVE REFERÊNCIA À GEOLOGIA E AO COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS SOLOS EM OBRAS DE ENGENHARIA.....	3
3 TECNOLOGIA DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXIVEIS.....	23
4 FUNCIONAMENTO DE UMA CENTRAL DE FABRICO DE BETÃO BETUMINOSO E A IMPORTÂNCIA DA CERTIFICAÇÃO DE QUALIDADE.....	72
5 ENSAIOS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE MATERIAIS, NORMAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE REFERÊNCIA - PAVIMENTOS FLEXIVEIS	83
6 PATOLOGIAS ASSOCIADAS A PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXIVEIS .	129
7 ACOMPANHAMENTO DE OBRA.....	134
8 PLANO DE CONTROLO DE QUALIDADE - PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS MUNICIPAIS	144
9 SÍNTESE, CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTO FUTURO DO TRABALHO	178
10 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	182
11 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	183
12 ANEXOS – CONTROLO DE QUALIDADE EM OBRA	185
13 FOTOGRAFIAS DE OBRA.....	251

1 INTRODUÇÃO

1.1 Rede rodoviária nacional

Podemos considerar a rede de estradas em Portugal como a principal infraestrutura ao serviço do desenvolvimento económico do país, quer no transporte de pessoas, quer no transporte de mercadorias.

Trata-se, portanto, de uma infraestrutura cujo desenvolvimento tem acompanhado o desenvolvimento económico e técnico do país, a sua evolução teve início em meado do século XX com a falta de capacidade das vias rodoviárias da época em absorverem as necessidades dos seus utentes.

Com objetivo de resolver os prementes problemas das vias rodoviárias da época, surge em maio de 1945 o primeiro Plano Rodoviário para estradas nacionais e municipais e a abril de 1978 o primeiro Regulamento de Estradas Nacionais e os Planos Gerais das estradas da Madeira e Açores.

Com o desenvolvimento técnico, a implementação de Normas e Especificações Técnicas de Construção acompanhado com o desenvolvimento económico do país a rede viária nacional sofre um grande desenvolvimento, e surge em setembro de 1985 o Plano Rodoviário Nacional (PRN 85), na qual, considera já na sua estrutura viária a Rede Fundamental, os Itinerários Principiais (IPs) e Itinerários Complementares (ICs).

No ano 1998 foi aprovado o Plano Rodoviário o atual (PRN 2000 – JAE 1998) com ajustamentos ao plano anterior, para corrigir problemas de acessibilidades a zonas fronteiriças e zonas urbanas e estabelecer alternativas a estradas com portagens. Por outro lado, atribui uma nova valorização à Rede Fundamental e reclassifica a rede viária atribuindo uma nova classificação de estrada, a Estrada Regional de nível intermédio entre a rede nacional e a rede municipal, provisoriamente sob responsabilidade do poder central.

1.2 Enquadramento

O presente relatório de estágio “Plano de Controlo de Qualidade – Construção e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários Flexíveis em Vias Municipais” reflete o trabalho final da Unidade Curricular Dissertação/Projeto/Estágio do Curso de Mestrado Integrado de Engenharia Civil – Construções Civas, lecionado no Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

O estágio curricular desenvolveu-se no Departamento de Obras da Câmara Municipal de Tomar com objetivo desenvolver um plano de controlo de qualidade aplicável a quaisquer obras de construção ou reconstrução de pavimentos rodoviários de vias municipais. O trabalho inicia-se com um enquadramento teórico enquadrável na temática, define a estrutura do plano de qualidade a desenvolver em quaisquer obras construção/reconstrução de pavimentos rodoviários de bitola municipal e por descreve os dois procedimentos de fiscalização e acompanhamento técnico de obra pública desenvolvido no estágio.

1.3 Objetivo

A definição de um Plano de Controlo de Qualidade genérico para a construção e reabilitação de pavimentos rodoviários flexíveis em vias municipais foi o objetivo base para a unidade curricular “Estágio Curricular” do Mestrado em Engenharia Civil.

O desenvolvimento do trabalho permitiu ainda consolidar conhecimentos teóricos, aperfeiçoar práticas de obra, desenvolver e estruturar procedimentos desde o estudo da construção/reconstrução e de impacto ambiental, passando pelas questões de obra, até às questões de exploração e manutenção dos pavimentos ao longo da sua vida de forma garantir a sua qualidade de utilização para os seus utentes.

1.4 Metodologia

O estágio foi planificado de forma definir um plano genérico de controlo de qualidade na construção ou reconstrução em vias rodoviárias municipais. Para esse efeito, seguiu-se a seguinte metodologia de trabalho:

- Enquadramento teórico da temática;
- Aperfeiçoar em obra boas práticas ambientais e de construção;
- Definição do Plano Genérico de Controlo de Qualidade;
- Relatório de estágio.

1.5 Organização do relatório

O presente relatório de estágio encontra-se estruturado em treze capítulos que, refletem os seguintes temas:

- Capítulo 1 – Introdução;
- Capítulo 2 – Breve referência à geologia à mecânica dos solos em obras de engenharia;
- Capítulo 3 – Tecnologia dos pavimentos rodoviários flexíveis;
- Capítulo 4 – Funcionamento de uma central de fabrico de betão betuminoso e a importância da sua certificação de qualidade;
- Capítulo 5 – Ensaios de controlo de qualidade de materiais, normas e especificações técnicas de referência - pavimentos rodoviários flexíveis;
- Capítulo 6 – Patologias associadas a pavimentos rodoviários flexível
- Capítulo 7 – Acompanhamento de Obra;
- Capítulo 8 - Plano de Controlo de Qualidade Construção e Reconstrução de Pavimentos Rodoviários Flexíveis em Vias Municipais
- Capítulo 9 – Síntese, conclusão e desenvolvimento futuro do trabalho;
- Capítulo 10 – Referência Bibliográfica;
- Capítulo 11 – Legislação aplicável;
- Capítulo 12 – Anexos – Controlo qualidade em obra
- Capítulo 13 – Fotografias de obra

1.6 Referências bibliográficas

- Fernando Branco, Paulo Pereira, Luís Picado Santos, (2020). “Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;

2 BREVE REFERÊNCIA À GEOLOGIA E AO COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS SOLOS EM OBRAS DE ENGENHARIA

2.1 Considerações geológicas – Portugal

As obras de construção de vias rodoviárias pela sua natureza implicam o conhecimento do solo de fundação onde irão ser implantadas, de forma, mais ou menos elaborada e aprofundada em função da dimensão da via a construir será necessário termos um estudo geotécnico do solo em zona de função e evolvente. Este estudo geotécnico visa essencialmente o conhecimento de:

- Natureza e características dos terrenos que serviram de solo de função, escavados, reutilizados em aterros expostos em taludes ou em fundações do pavimento das vias;
- Existência de aquíferos com interesse, condições de percolação dos maciços e de escoamento das águas superficiais;
- Localização, natureza, características e quantidade dos solos disponíveis para zonas de empréstimos, para aterros e camadas de pavimentos.

A realização de estudos geotécnicos em Portugal por norma segue em traços gerais a seguinte metodologia de trabalho:

- Identificação geral dos complexos geológicos existentes na zona de estudo, recorrendo à carta geológica, estudos anteriores, horto-foto mapas, etc.;
- Com base nos elementos técnicos referidos no ponto anterior e na planta e perfis do projeto da via rodoviária definir a realização da campanha de prospeção ao longo do traçado, em especial em zonas de construção de obras de arte, zonas de empréstimo, zonas aluvionares importantes, e outros pontos de interesse geológico;
- Realização de ensaios de caracterização dos materiais das amostras em função do desempenho que pretendemos deles;
- Interpretação da informação recolhida e elaboração de relatório de recomendações para a conceção da obra.

2.2 Classificação dos solos

2.2.1 Elementos básicos sobre o comportamento dos materiais

2.2.1.1 Escolha dos parâmetros para tensão e deformação

O estudo da mecânica dos solos apresenta duas diferenças na definição de tensão e deformação:

- A unidade de área tem que ter dimensão suficiente para incluir um número representativo de partículas de solo;

- Por norma, o solo não permite a instalação de tensões de tração, as tensões de compressão são positivas ao contrário do que acontece no estudo da resistência dos materiais.

Os conceitos de rigidez e resistência são propriedades importantes: a primeira determina os deslocamentos provocados pelas ações aplicadas, a segunda determina à máxima ação que a estrutura pode suportar.

No estudo dos solos o conhecimento da relação entre tensão e deformação depende muito da realização de ensaios para que se possa ser preciso na sua análise, pois ao contrário do que acontece com outros materiais da construção civil, o betão e o aço por exemplo, o seu comportamento não é linear, poderá acontecer esse comportamento linear quanto muito a baixas tensões.

Assim para o conhecimento da relação tensão-deformação de um solo serão necessários realizar os seguintes ensaios (ensaios de estudo da mecânica dos solos):

- Ensaio triaxial;
- Ensaio de corte

Determinação das variações de volume durante a compressão e o corte, deformações volumétricas e deformações distorcionais (de corte) bem como a resposta a tensões normais ou hidrostáticas e de tensões de corte (ou tensões deviatóricas) tanto em situações de carga como descarga.

2.2.1.2 Comparação quantitativa do comportamento dos solos e outros materiais

Para análise mecânica dos solos em termos da relação tensão-deformação é importante verificar o comportamento mecânico de outros materiais empregues na construção civil que por norma é bastante constante:

- O aço – O aço tem uma resistência e rigidez muito elevada e a relação entre a tensão de tração e deformação axial tem um comportamento linear e as tensões de confinamento é nula no ensaio de tração axial e no seu comportamento não é relevante;
- O betão – O betão quando submetido ao ensaio de compressão axial tem uma relação entre tensão de compressão e deformação quase linear, assume resistência ao corte na ordem dos 9 Mpa e as tensões de confinamento assumem neste material a resistência do betão aumenta à medida que aumentam as tensões de confinamento;
- A areia – O estudo do comportamento mecânico da areia, seja, o estudo da relação tensão-deformação só é possível com aplicação de tensões de confinamento através do ensaio triaxial. A sua resistência aumenta com o aumento da tensão de confinamento embora o seu comportamento não seja linear, embora a resistência e a rigidez sejam muito menores que a dos materiais anteriores.

Em conclusão podemos salientar que os solos têm resistência e a rigidez muito dependente da tensão confinante (tensão média) e logo o comportamento tensão-deformação não linear.

2.2.1.3 Equações constitutivas

Na mecânica dos meios contínuos as equações constitutivas estabelecem a relação entre a causa e o efeito, um bom exemplo, é o estudo da relação tensão-deformação na mecânica dos solos.

Quando aplicadas ações no terreno (estrutura de solo), as tensões de corte e normais podem variar simultaneamente e resultarem variações volumétricas e distorcionais, respetivamente. No entanto, a cada incremento de tensão em materiais isotrópicos elásticos-perfeitamente plásticos e elásticos lineares não resulta de deformação linear, esta deformação pode variar a cada incremento de tensão – conclui-se que o solo tem comportamento tensão-deformação não linear.

2.2.1.4 Resistência

A resistência de um material transmite a sua capacidade de suportar estados de tensão e deformação resultante das ações que lhe são impostas. A resistência fundamental inclui como um elo de ligação entre todas as resistências, à tração, compressão, corte, etc.

Este elo de ligação entre todas as resistências é a máxima resistência ao corte, ou seja, o maior diâmetro do círculo de Mohr compatível com um determinado material.

Podemos concluir que o material tem resistência pode suportar tensões deviatóricas e que o valor da sua resistência é atribuído pela máxima tensão deviatórica que suportam, ou seja, máxima resistência ao corte.

A máxima resistência ao corte de um determinado material pode ser obtida pelos critérios de rotura de Tresca e o Mohr-Colomb.

- O método de Tresca permite encontrar a máxima tensão de corte, através do ensaio de corte direto, onde a tensão de corte e a tensão normal são instalados no plano de corte. A tensão de Corte é igual ao raio do círculo de Mohr.;
- O método de Mohr-Colomb estabelece que a resistência ao corte cresce linearmente com o aumento da tensão normal e o material rompe quando a tangente ao círculo de Mohr é obtida pela equação:

Tensão de corte = Resistência ao corte (tensão normal nula) + Tensão normal x Tangente γ (sendo γ o angulo de resistência ao corte)

Nos solos a resistência ao corte com tensão normal nula = 0

2.2.1.5 Comportamento elástico

Diz-me que um material tem um comportamento elástico quando sujeito a forças externas assume deformações sobre esse efeito e recupera o seu estado inicial quando deixa de estar sob ação dessa ação externa. Isto é, recupera todas as deformações após descarga das forças externas.

Assim, para materiais isotrópicos e elásticos com sob efeito de uma carga q , temos:

▪ **Materiais de comportamento linear ideal:**

- Tensão deviatória (resistência ou corte) – Temos a Distorção
- Módulo de distorção G = tensão deviatória/deformação distorcional de engenharia;
- $G = q/3e$, sendo e = Deformação normal de corte.
- Compressão (tensão normal) – Temos a Expansão
- Módulo de compressibilidade volumétrica K

▪ **Materiais de comportamento não linear:**

Os materiais embora assumam um comportamento elástico, a variação entre as tensões-deformações não tem um comportamento linear sob o efeito da carga q nem depois na descarga.

Os parâmetros mais usados na teoria da elasticidade são:

- **Módulo de Young E = Tensão normal/deformação axial**

- **Coefficiente de Poisson ν = - (deformação de confinamento/deformação axial)**

Para os solos e fazendo uso do equipamento de ensaio triaxial é possível relacionar os módulos E , G , K com o coeficiente de Poisson ν da seguinte forma:

Eq.01
$$G = E / (2 \times (1 + \nu))$$

Eq.02
$$K = E / (3 \times (1 - 2 \nu))$$

2.2.1.6 Plasticidade perfeita

Quando colocamos uma tensão que ultrapassa o ponto limite de elasticidade de um determinado material (ponto de cedência), entramos no comportamento plástico desse material e passamos a ter deformações plásticas associadas à tensão aplicada. Se continuarmos a incrementar tensão, o trabalho realizado para produzir deformação plástica é dissipado e as deformações já não são recuperadas com a descarga, passam a ser permanentes. Se continuarmos a incrementar tensão atingimos o estado último de tensão e todas as deformações de rotura não são recuperáveis, atingimos o ponto de tensão de rotura ou estado último.

2.2.1.7 Elastoplasticidade

Como referido nos pontos anteriores o material tem um comportamento elástico até ao ponto de cedência, perfeitamente plástico a partir do ponto de rotura ou estado último. Entre os pontos de cedência e o ponto de rotura o material assume comportamento elástico e plástico de deformação.

2.2.2 Constituição do solo

Se considerarmos o termo solo inserido num termo técnico de uma qualquer obra de engenharia civil, neste caso vias rodoviárias, podemos dizer que solo é um conjunto natural de partículas minerais que podem ser separadas por agitação de água, entre as partículas sólidas existe água e ar separado ou em conjunto. As partículas resultam de ações físicas e químicas atuantes sobre as rochas.

A primeira grande classificação do resulta da origem das partículas do solo:

- Quando as partículas se encontram junto à rocha que lhe deu origem trata-se de um solo residual ou eluvial;
- Quando as partículas são arrastadas de um local e depositadas noutra sobre ação do vento, água, gelo, designamos esse solo por “transportado”.

Estamos perante o solo natural que pode ser usado diretamente no local da obra como fundação e camadas de aterro ou transformado em material de construção.

2.2.2.1 Dimensão das partículas

O solo natural é constituído por partículas minerais de várias dimensões e formas mais ou menos padronizado em função da forma como foram formadas pelos elementos da natureza.

Para determinar a dimensão existem duas técnicas:

- Por peneiração para partículas maiores que 0,06mm;
- Por sedimentação para partículas de menor dimensão.

A análise granulométrica do solo inicia-se com a peneiração do solo onde a amostra do solo é passada através de uma série padronizada de peneiros com rede progressivamente mais apertada e assim determinar a percentagem de partículas retidas em cada peneiro em função da sua dimensão. A dimensão da quadricula da rede de cada peneiro está associada a um modelo de partícula esférica de diâmetro equivalente “d”, independentemente da forma da partícula o que é medido no peneiro é a dimensão da partícula “d” que passa nesse peneiro. Para os peneiros de valores menores “d” o peneiro é designa-se o peneiro “número” pelo número de aberturas quadradas por polegada de comprimento (25,40mm), isto é, por exemplo o peneiro n.º 200 tem 200 quadrados por polegada quadrada o que corresponde a um valor “d” de 0,075mm.

A avaliação da granulometria do solo por peneiração determina-se com o peso de solo retido em cada peneiro e calcula-se a percentagem acumulada de peso de material retido em cada peneiro, se o solo tiver partículas finas (partículas de dimensão abaixo de 0,06mm), a análise granulométrica desta parte da amostra deve ser tratada por um anti floculante, seguindo-se a lavagem através dos peneiros (peneiração por via húmida).

A análise granulométrica de solo fino, isto é, solo com partículas com dimensão d abaixo do peneiro n.º 200 (d=0,075mm), o método do ensaio hidrométrico é o mais usado. Este ensaio inicia-se com a preparação de uma solução aquosa de pequena porção de solo e observar como a suspensão das partículas assenta com o tempo.

Após a limpeza da matéria orgânica do solo com a passagem do solo por tratamento de água oxigenada, prepara-se uma suspensão com água destilada e um agente anti floculante (normalmente hexametáfosfato de sódio) de modo que as partículas assentem individualmente. A solução é colocada numa proveta onde as mais pesadas assentam em primeiro e assim sucessivamente. Quando se introduz hidrómetro na suspensão este afunda-se até que a força de impulsão equilibre o seu peso, o comprimento do hidrómetro acima da solução aquosa é função da sua massa volúmica que depende da massa volúmica das partículas em suspensão no tempo em que se efetua a medição. Assim pela Lei Stokes obtém-se o “d” das partículas no tempo “td”:

$$d = ((18 \times \text{viscosidade da água}) / ((\text{Densidade das partículas do solo} - 1) \times \text{peso volúmico da água} \times \text{td}))^{1/2}$$

Os resultados dos ensaios de caracterização granulométrica do solo são apresentados normalmente de forma gráfica pois permite de forma rápida analisar a sua granulometria. Se for indicada a percentagem em peso retido em cada peneiro obtém-se um histograma de frequências, no entanto, a forma mais usual na geotécnica é de somar os incrementos de solo em cada peneiro do material mais fino para o mais grosso e obter um diagrama de distribuição cumulativa de dimensão.

2.2.2.2 Forma, textura superficial e cor das partículas

Como podemos concluir anteriormente os diferentes tipos de solos apresentam diferentes tipos de formas das partículas minerais, os solos arenosos apresentam partículas mais ou menos de esférica, do lado oposto, temos os solos argilosos cujas partículas assumem formas lamelares. Os conhecimentos da forma das partículas assumem alguma importância para o conhecimento do comportamento mecânico em obras de construção civil, a textura superficial e a cor das partículas pela sua dimensão não tem grande relevo.

2.2.2.3 Composição mineralógica das partículas

O conhecimento mineralógico das partículas assume importância para a engenharia pela relação entre a composição mineralógica e o comportamento mecânico dos solos. Este conhecimento acentua-se mais nos solos finos (argilosos), embora, também o seja em solos grosseiros uma areia de origem calcária é mais compressível do que uma areia siliciosa um enrocamento de argilite é menos resistente que um enrocamento granítico. Este conhecimento ajuda mineralógico dos solos a compreender o comportamento dos solos em obras de engenharia, mas não quantifica esses comportamentos.

A composição mineralógica das partículas dos solos finos assume-se como um fator explicativo do seu comportamento, neste tipo de solos, desenvolvem-se forças entre partículas importantes que dependem da sua estrutura atômica e molecular dos minerais que as compõem, estas por sua vez, são influenciadas pela distância entre partículas e pela sua posição relativa.

As propriedades mecânicas e hidráulicas dos solos finos são muito influenciadas pelas forças que desenvolvem entre partículas pelas suas propriedades mineralógicas. Em solos grosseiros estas forças entre partículas deixam de ter significado face às forças gravíticas, neste caso, a composição mineralogia serve para uma análise de resistência dos materiais.

2.2.2.4 Estrutura do solo (argilas)

As partículas minerais lamelares da argila encontram-se no solo posicionadas segundo arranjos espaciais, a essa disposição relativa das partículas chamam-se fábrica, estas por sua vez podem gerar ligações que se denomina de estrutura.

O ambiente de disposição tem grande influência na estrutura do solo, por exemplo, podem-se formar por sedimentação dois tipos de estruturas:

- Floculada;
- Dispersa.

As estruturas floculadas são geradas por sedimentação em meio marinho (água salgada) onde muitas partículas arranjam-se paralelamente umas às outras, por sedimentação em meio hídrico de água doce a tendência é as partículas se colocarem perpendicularmente umas em relação às outras.

As estruturas dispersas ocorrem quando as partículas se colocam paralelamente umas às outras.

Quando as partículas minerais argilosas são sujeitas a carregamentos naturais ou impostas vai alterar o arranjo estrutural (fábrica e ligações) de uma forma única e efetuar o registo histórico destas cargas na estrutura do solo argiloso.

2.2.3 Classificação dos solos e a relação entre as fases dos solos

2.2.3.1 Principais índices físicos dos solos

Os solos são constituídos por partículas minerais e por vazios entre partículas preenchidos por ar e água. Nas obras de engenharia a água e as partículas minerais são consideradas incompressíveis para as cargas em causa, no entanto, o solo é compressível quando sujeito a cargas de compressão.

- A diminuição do volume deve-se ao rearranjo das partículas minerais por força da diminuição do volume de vazios de ar. A este arranjo estrutural das partículas minerais resulta em importantes alterações nas características mecânicas e hidráulicas dos solos, com o aumento da rigidez, resistência e a diminuição da permeabilidade do solo.
- A água também tem importância no comportamento dos solos nomeadamente em argilosos que só são moldados com determinada quantidade de água, isto é, tem um comportamento plástico sob ação de uma carga, pois assume uma deformação e permanece constante. Se adicionarmos uma quantidade de água reduzida ao solo, este fica seco e tende a fracionar-se quando o tentamos moldar, se por outro lado, adicionarmos muita quantidade de água ao moldarmos esse solo ele fica viscoso.

- Ao adicionarmos um estado de tensão a uma porção solo é também um fator importante na alteração do comportamento mecânico desse solo.

Índice de Vazios “e” para um determinado volume de solo:

Eq.03
$$e = V_v / V_p$$

Para um solo saturado:

Volume de vazios = volume de água

O índice de vazios não pode ser medido diretamente, mas pode ser determinado de forma indireta:

- Teor de água “w”
- Densidade das partículas “Gs” (pode-se considerar 2,70)

Sendo,

$w = \text{Peso da água} / \text{Peso das partículas sólidas}$

$G_s = \text{Peso das partículas} / (\text{volume das partículas} \times \text{peso volúmico da água} = 9,8 \text{ KN/M}^3)$

Eq.04
$$e = G_s \times w$$

É frequente operar o conceito de volume específico em alternativa ao de índice de vazios, sobretudo no cálculo de deformações volumétricas, ou seja, o volume específico, representa a razão de determinado volume de solo por volume de partículas sólidas.

Eq.05
$$v = 1 + e$$

Para um solo não saturado:

Quando o solo não está saturado, parte do volume de vazios é preenchida por ar e outra por água, neste caso será necessário determinar o grau de saturação “S”:

Eq.06
$$S = V_w / V_e$$

Num solo saturado $S=1$; num solo seco $S=0$; num solo não saturado o:

Eq.07
$$e = (G_s \times w) / S$$

Porosidade “n” para um determinado volume de solo:

Eq.08
$$n = V_e / V_t$$

Peso volúmico “Y” para um determinado volume de solo:

$Y = \text{Peso total do solo} / \text{volume total do solo}$

Eq.09

$$\gamma = ((G_s + e S) \times \gamma_w) / (1 + e)$$

Determinação tensão vertical num determinado ponto do solo a profundidade “z”, através do peso volúmico do solo:

Eq.10

$$\sigma_z = \gamma z$$

2.2.3.2 Limites de consistência

Solos grossos (areias e cascalhos) o seu comportamento depende da sua granulometria, no caso dos solos finos (siltes e argilas) o seu comportamento é influenciado pelo tipo de mineralogia, isto é, pelo tipo de argila.

Para termos uma ideia do comportamento da argila (solos finos) sem conhecermos a sua composição mineralógica é importante conhecermos os limites de Atterberg, ou limites de teor de água no solo:

Os principais limites de consistência a ter em consideração no estudo da mecânica dos solos são:

- **Limite de liquidez** – teor em água no solo a partir da qual se comporta como líquido;
- **Limite de plasticidade** – teor em água no solo abaixo do qual o solo se comporta como rocha branda e quebrável;
- **Índice de plasticidade** – teor de água no solo que determina o comportamento plástico de um solo (argiloso). Este índice permite relacionar a máxima variação de volume do solo, isto é, com a sua compressibilidade,

Eq.11

$$I_p = w_l - w_p$$

2.2.3.3 Estado do solo

O conceito de estado do solo define as condições tensões instaladas e pelo seu respetivo índice de vazios (ou volume específico). Sabendo-se que o solo é um material compreensível, os respetivos estados de rigidez, resistência, e de volume específico dependem das tensões correntemente instaladas., o histórico de cargas e descargas de estados de erosão, etc.

2.2.3.4 Classificação dos solos

Se pretendermos definirmos um determinado solo como um material podemos iniciar essa caracterização recorrendo a uma descrição técnica ou usando um esquema teórico de classificação.

Podemos pegar numa determinada amostra de solo e descrever -la com base em alguns fatores de caracterização, a sua cor, dimensão e forma das partículas, moldagem etc., trata-se de uma simples descrição técnica do solo. Este procedimento é utilizado noutros países e permite caracterizar o tipo de solo em cada região, em Portugal, esta prática não é normalizada.

O uso de um sistema de classificação de solo permite classificar um solo por grupos de características semelhantes adequadas para a um determinado tipo de utilização. Para utilização

em obras de engenharia civil recorre-se a classificações de solos com comportamento mecânico e hidráulico.

Por exemplo o sistema Classificação Unificada de Solos – USCS, concebida para aplicação em construção de aeroportos foi alterada para ter uso generalizado, razão pela qual, hoje de uso predominante em Portugal.

2.2.4 Solos saturados, secos e não saturados

2.2.4.1 Tensões verticais no terreno

O solo de forma genérica tem na sua composição as partículas minerais e os espaços vazios entre partículas é preenchido por água e ar. A tensão vertical num ponto do terreno é obtida por todo o peso do material que está a cima desse ponto (partículas, água e ar), incluindo eventuais cargas que estejam em cima desse terreno. Conclui-se desde logo que as tensões crescem com a profundidade do ponto estamos a estudar.

No cálculo das tensões verticais é importante saber se o solo em estudo tem comportamento elástico, plástico ou elásplástico. Embora os solos estejam longe de terem comportamento elástico, quando as tensões aplicadas no solo são baixas e estamos a considerar um solo consolidado ou denso é aceitável considerar um comportamento elástico no cálculo de tensões verticais e horizontais.

- Assim podemos considerar o cálculo da tensão num ponto A, num solo saturado “ γ_{sat} ”, a uma profundidade de “ z_a ”, com uma altura de água “ z_w ” e uma carga Q, da seguinte forma:

Eq.12

$$\sigma_z \text{ “A”} = \gamma_{sat} \times z_a + \gamma_w \times z_w + Q$$

2.2.4.2 Água no terreno e a pressão nos poros

A pressão da água “ u ” nos poros em solos saturados ou pressão intersticial ou pressão neutra é normalmente quantificada pela altura “ h_w ” lida num piezómetro e é dada por:

Eq.13

$$u = \gamma_w \times h_w \quad (\text{m/s})$$

A pressão intersticial à superfície é nula ou igual à pressão atmosférica, o que corresponde à definição de nível freático. Abaixo da superfície da água a pressão neutra é positiva.

2.2.4.3 Pressões negativas na água intersticial em solos saturados e não saturados

As pressões negativas na água intersticial ocorrem num terreno entre o nível freático e a superfície do terreno, no entanto, a zona de solo junto à superfície normalmente solos secos não tem condições para gerarem pressões de água intersticiais negativas nem para o acesso do ar aos vazios. A superfície dos solos é influenciada pelas condições climatéricas secas ou húmidas.

O solo abaixo nível freático encontra-se saturado e sujeito a pressões intersticiais de água positivas. Acima do nível freático, entre o estrato da superfície e a linha do nível freático, podemos ter dois estratos de solos, um saturado e outro não saturado:

▪ **No estrato saturado**

Podem existir pressões de água intersticiais negativas e a água sujeita a tensões de tração.

Esta altura da zona saturada depende da dimensão dos poros, isto é, depende da granulometria do solo, quanto mais finos forem mais sob a camada saturada por ascensão capilar.

▪ **No estrato não saturado**

Se as pressões de água intersticiais negativas aumentarem no estrato saturado acima do nível freático, gera-se um novo estrato acima deste (saturado ou não), o ar penetra nos vazios sob ação das pressões negativas da água e à medida que nos aproximamos da superfície do terreno as pressões da água intersticiais tendem a neutralizarem e o estrato torna-se não saturado.

Como exemplo são os aterros compactados de barragens de terra ou estradas em que os solos estão colocados em condições de teor de água que corresponde a um estado de não saturação.

2.2.4.4 Solos saturados

Quando se aplica uma determinada tensão no solo, essa tensão é transmitida às partículas, água e ar, estes por sua vez interagem entre e geram tensões entre si, a esta relação denominamos por princípio das tensões efetivas num meio contínuo composto pelo esqueleto sólido e água.

Num solo saturado as variações tensão depende apenas da diferença entre a tensão total e a pressão da água, condição esta, que se verifica em termos de resistência e deformação.

Tensão efetiva = Tensão total – tensão intersticial

Sendo a tensão total = força total exercida / área.

O comportamento do solo saturado é apenas influenciado pela tensão efetiva.

Em suma, das tensões efetivas num solo saturado, pode-se concluir:

- Tensão efetiva representa a tensão média suportada pelas partículas do solo;
- O princípio das tensões efetivas aplica-se a tensões normais e não de corte;
- As deformações do solo são provocadas pelas tensões efetivas e não pelas tensões totais;
- Os solos podem ser afetados por fenómenos de capilaridade (areias);
- Os fenómenos de capilaridade dão origem a pressões neutras negativas e logo aumento das tensões efetivas.

2.2.4.5 Solos secos

Só podemos considerar solos perfeitamente secos no caso das areias, as tensões efetivas são iguais às tensões totais, considerando a pressão intersticial igual à pressão atmosférica e considero esta igual a zero.

2.2.4.6 Solos não saturados

Quando o solo tem fase sólida e uma fase líquida (água) ou uma fase sólida e uma fase gasosa (ar) estamos perante um solo não saturado, com partículas sólidas, líquidas e ar. O regime de tensões é determinado pela teoria da mecânica dos solos.

2.2.5 Drenagem, permeabilidade e variação volumétrica

2.2.5.1 Drenagem de variação de volume

Um solo quando sujeito a diferentes forças implica normalmente variação de tensões efetivas e com isso resultar variações de volume, resultante da variação do volume de vazios.

A solos com tensões efetivas corresponde a solos com maiores índices de vazios, os chamados solos soltos ou pouco compactos, solos arenosos. Se por outro lado temos um solo com tensões efetivas elevadas o volume entre partículas é baixo, estamos perante solos compactos, neste caso, normalmente solos argilosos, e densos no caso de solos arenosos.

Em solos saturados sob efeito de carregamentos, as variações de volume resultam da percolação de água no solo, isto é, sob efeito da compressão a água evacua por percolação no solo e reduz o volume do solo saturado, com a redução do espaço de vazios onde se encontrava a água.

A expulsão da água para zonas de fronteira do solo saturado assume um papel de relevo nesta temática. Se assentarmos uma camada de solo argiloso sobre uma camada de solo arenoso (zona de fronteira) e o nível freático coincidente com a superfície do terreno.

Se quisermos transformar este solo em fundação de uma obra, colocamos-lhe uma tensão total, aumentando logo a tensão da água intersticial (neutra), existindo a camada de fronteira do solo arenoso, a água tende a evacuar para essa fronteira por percolação, diminuindo as tensões neutras e aumentando as tensões efetivas, com isso a redução de volume no estrato do solo de fundação.

2.2.5.2 Carregamento drenado e não drenado

O tempo de aplicação das tensões totais e as condições de percolação são fatores importantes na determinação do comportamento mecânico dos solos.

- Carregamento não drenado surge quando atribuímos ao solo um acréscimo de tensões totais de forma muito rápido, esse acréscimo tensões totais é transferido para as tensões de água intersticial, as tensões efetivas mantem-se e não há redução do volume do solo.
- À medida que o tempo decorre, o excesso de pressão neutra vai provocar o escoamento da água por percolação no solo, reduzindo o volume do solo, a tensão da água e aumentando as tensões efetivas – A este processo dá-se o nome consolidação do solo.

- Após um longo período de carregamento o solo considera-se consolidado e as tensões totais e tensões efetivas são iguais, o volume mantém-se.

2.2.5.3 Taxa de carregamento e drenagem

A distinção entre carregamento drenado e não drenado, importante é considerar a taxa de carregamento (carga por unidade tempo) e a velocidade de percolação da água no solo e não valor absoluto da carga aplicada ao solo.

Logo é importante determinar a velocidade de percolação da água no solo que depende diretamente da granulometria do solo, ou melhor, da dimensão do espaço de vazios onde se verifica o escoamento da água e também da condutividade hidráulica “k”.

A condutividade hidráulica “k” é a velocidade de percolação de água no solo para um gradiente hidráulico “i”, unitário. A condutividade é também chamada coeficiente de permeabilidade.

A velocidade de escoamento de percolação pode ser obtida pela equação constitutiva básica da Lei de Darcy

Eq.14
$$v = k \times i \quad (\text{m/s})$$

O importante é sabermos em cada uma das obras a relação entre taxas de carregamento e as condições de drenagem, isto é, saber se o tempo de carregamento é suficiente para as condições de escoamento e em obra ter a noção de que lado estamos, se numa situação drenada ou numa situação não drenada.

2.2.5.4 Medição da condutividade hidráulica “k”

A condutividade hidráulica de um solo pode ser determinada em laboratório pelos seguintes ensaios:

- Ensaio de carga constante em solos de permeabilidade elevada (solos granulares) → Determinação da velocidade de percolação “k” em regime de escoamento permanente;
- Ensaio de carga variável em solos de baixa permeabilidade (solos argilosos) → Neste ensaio as tensões totais variam e logo as tensões efetivas também variam.

A determinação da condutividade hidráulica em laboratório não produz resultados “k” idêntico ao terreno, pela dificuldade de reproduzir em laboratório as condições do campo, uma das razões é a dimensão da amostra.

2.2.5.5 Percolação em regime permanente

No estudo da mecânica dos solos o movimento de água apresenta-se em três situações fundamentais:

- Superfície freática horizontal → Pressão neutra num ponto do solo é dada por $= \gamma_w \times h_w$;
- Escoamento em regime permanente → A superfície freática não é horizontal e o escoamento permanente movimenta-se segundo linhas de corrente em que as partículas de água se deslocam de cotas mais baixas para cotas mais altas.

- Nota: O regime de escoamento permanente no solo não varia as pressões na água nem os caudais percolados com o tempo por um lado, nem as pressões efetivas nas partículas, consideram-se que estão estacionárias com o movimento da água nos poros do solo.
- Solo consolidado com pressão da água variável, pressões efetivas e volume do solo com o tempo → Trata-se do comportamento do solo não drenado. Este processo associa lei de escoamento de Darcy e com o processo de consolidação do solo (compressão e expansão).

Percolação em regime permanente:

O escoamento permanente movimenta-se de um ponto com uma energia (potencial + cinética) para outro de energia (potencial + cinética) inferior. A energia potencial está associada à sua posição relativa a uma cota de referência e a cinética associada à velocidade de escoamento da água.

Por exemplo, as componentes da energia total de um ponto “A” em alturas:

- Altura 1 - Energia de posição “z” – energia da sua elevação relativa a uma cota de referência;
- Altura 2 - Energia hidrostática ou de pressão “ u/γ_w ” – energia devida à pressão u da água;
- Altura 3 – Energia cinética “ $v^2/2g$ ” – energia devida à velocidade (g aceleração da gravidade e v velocidade de escoamento)

Eq.15
$$H \text{ “A”} = h_1 + h_2 + h_3 = z + u/\gamma_w + v^2/2g \text{ (m)}$$

A velocidade de escoamento em solos é muito reduzida na ordem 10^{-2} m/s e a energia devida à velocidade de escoamento (altura 3) é na ordem de 10^{-6} m, o que normalmente se considera a carga devida à velocidade de percolação da água no solo 0 m. Logo a energia total de um ponto “A” em solos com escoamento de percolação é dada por:

Eq.16
$$H = z + u/\gamma_w \text{ (m)}$$

O gradiente hidráulico entre dois pontos “A” e “B” a uma distância L é dado por:

$i = - (Z_B - Z_A) / L$, sendo sinal “-” “é de o fazer positivo no sentido do escoamento.

2.2.6 Compressibilidade do Solo

2.2.6.1 Compressão expansão isotrópica

Os solos quando submetidos a variações de tensão efetiva, comprimem-se ou expandem-se com rearranjo das partículas e em solos saturados resulta a percolação da água entre partículas.

Um solo inicialmente solto e com comportamento drenado, submetido sucessivas cargas de compressão, vai sendo sucessivamente comprimido por força do rearranjo das partículas nos espaços vazios, aos primeiros patamares de carregamentos os assentamentos são superiores e à medida que o volume de vazios vai se reduzindo e a um novo patamar de carga os assentamentos vão sendo cada vez menores. Podemos concluir que o módulo de compressibilidade volumétrico do solo nestas condições não é constante.

Se continuarmos a colocar carga iremos atingir o ponto de cedência, e o valor da tensão de cedência. Estamos perante a passagem de um comportamento elástico para um comportamento elástoplástico, onde, a partir da qual parte das deformações já não são recuperáveis.

Concluindo, o módulo de compressibilidade de um solo com comportamento drenado não é constante, pelo que as linhas de compressão e expansão isotrópicas não tem um comportamento linear.

2.2.6.2 Sobre consolidação

Um solo drenado quando sujeito a um primeiro carregamento, as pressões neutras diminuem e as pressões efetivas aumentam, se descarregamos as tensões neutras e efetivas iniciais não se voltam a registar, temos novas tensões no solo por força do primeiro carregamento. Diz-se que o solo, pelo efeito do primeiro carregamento sofre uma primeira sobre consolidação. Se continuarmos a aplicar novos carregamentos o solo continuará a sofrer novas consolidações até atingir a tensão média efetiva de cedência (p_y') e assim, atingirmos a o grau de sobre consolidação de cedência ou crítico ($R_p = p_y'/p_o'$), em que a p_o' tensão média efetiva inicial.

Os solos são ligeiramente sobre consolidados quando temos $R_p < 2$ e fortemente consolidados quando temos $R_p > 3$.

O grau de sobre consolidação crítico depende fundamentalmente da natureza dos solos e pode-se obter pelo ensaio triaxial. As argilas e os solos arenosos podem ser não consolidadas (NC), ligeiramente ou fortemente consolidadas (OC).

2.2.6.3 Estado do lado seco e do lado húmido em relação ao ponto crítico

O estado de sobre consolidação de um solo é definido pela combinação do volume específico (ou índice de vazios) com a tensão média efetiva.

Assim, podemos concluir que a resistência mecânica de um solo pode ser definida pela sua posição relativamente à linha crítica de um solo, ou seja, argilas são NC ou ligeiramente OC e as areias denominam-se do lado húmido do estado crítico e os solos tem comportamentos contráteis. Por outro lado, argilas OC e areias densas estão do lado seco da linha crítica e são solos com comportamento dilatantes.

Trata-se de um conceito importante, pois solos que estão inicialmente num lado ou de outro do estado crítico tem comportamentos muito diferentes quando submetidos a tensões de corte.

Lembre-se que o termo húmido e seco não tem a ver com estado físico do solo, o solo está sempre saturado ou seco. O conceito húmido nesta análise apenas quer dizer volume específico da água (v) é maior que o volume específico do solo no estado crítico (v_c). O lado seco é significa que volume específico v é menor que v_c do solo.

2.2.6.4 Carga e descarga com deformação unidimensional

Por vezes existem situações em que as cargas transmitidas ao solo não dão origem a deformações horizontais. Trata-se de uma deformação unidirecional que pode ser reproduzida em laboratório por realização do ensaio edométrico ou no ensaio de corte direto no seu estado de consolidação, antes da aplicação da tensão de corte. Estas condições de tensão e de deformação podem ser obtidas no ensaio de corte em compressão triaxial, modalidade de ensaio K_0 .

2.2.7 Solos estabilizados

A estabilização dos solos visa garantir ao solo original características mecânicas que garantam a estabilidade dos pavimentos rodoviários. Podemos garantir a estabilização dos solos pelos seguintes métodos:

- Compactação Mecânica – com aplicação de uma energia ao solo vou gerar alterações da parte sólida, líquida e gasosa do solo. Pelo rearranjo das partículas sólidas os vazios existentes entre as partículas reduzem-se, parte da parte líquida é expulsa e a gasosa será muito reduzida. Com ação da compactação mecânica, reduzimos o efeito de percolação da água no solo e logo a erosão provocada, aumentamos a densidade do solo e a sua resistência;
- Correção granulométrica – O objetivo deste método é garantir um material homogêneo, bem graduado, entre as partículas maiores e menores de forma a reduzir o índice de vazios.
- Correção química – O solo no seu estado natural encontra-se estruturado em função do seu tipo. No entanto, essa estrutura natural entre partículas nem sempre garantem a resistência que necessitamos para a fundação dos pavimentos rodoviários. Será necessário em certas circunstâncias a adição de estabilizadores aos solos naturais, estes, alteram a estrutura nativa do solo por reações químicas, preenchendo vazios e logo a resistência do solo (exemplo: adição de cimento, cal, betumes, etc.).

Para chegarmos ao método que melhor poderá garantir a estabilidade do solo é aconselhável conhecermos o solo de função em laboratório e testes de campo. Permitem avaliar a eficácia de cada um deles, na prática, são usados em simultânea, com o estudo da granulometria, compactação e níveis de humidade ótimos necessários para atingir a maior resistência, durabilidade, permeabilidade, compressibilidade das camadas resistentes de um pavimento rodoviário.

2.2.8 Ensaios de laboratório para caracterização mecânica dos solos

2.2.8.1 Planos principais de tensão e deformação coincidem e não podem sofrer rotação

2.2.8.1.1 Ensaio triaxial

O ensaio triaxial realizado por um equipamento que permite quantificar os parâmetros de resistência dos solos e o comportamento de tensão/deformação. A amostra cilíndrica de altura dupla do diâmetro é submetida a acréscimos de deformação axial controlados, por acréscimos de tensão axial e radial.

A amostra é confinada numa membrana impermeável envolvida pela água que se encontra na câmara, por aumento de pressão na água incrementamos as tensões radiais na amostra. As tensões axiais são transmitidas verticalmente por carregamento de um êmbolo.

- Se a força de compressão do êmbolo for superior às forças radiais o solo comprime-se segundo a vertical e o ensaio denomina-se ensaio de compressão triaxial;
- Se a tensão vertical é inferior à tensão radial o solo é comprimido lateralmente e o ensaio é designado de extensão triaxial;

No ensaio triaxial são aplicadas as principais tensões axial e radial e as condições de carregamento são em axissimetria. Nos ensaios de compressão as tensões axiais são denominadas σ_1 e as radiais σ_3 , nos ensaios de extensão as tensões radiais σ_1 e as axiais σ_3 .

As tensões e deformações médias numa amostra de solo num ensaio de compressão triaxial são:

- Tensão axial total $\sigma_1 = N/A + \sigma_3$
- Tensão deviatória $\sigma_1 - \sigma_3 = N/A$
- Deformação axial $\delta\xi_1 = \Delta z/H_0$
- Deformação radial $\delta\xi_3 = \Delta r/H_0$
- Deformação volumétrica $\xi_v = \Delta v/V_0 = \xi_1 + 2\xi_3$
- Deformação distorcional $\xi_0 = 2/3 * (\xi_1 - \xi_3)$

O ensaio triaxial permite controlar de forma independente a tensão axial e a tensão radial, efetuar ensaios em condição drenada ou de drenagem impedida e controlar deslocamentos ou tensões e suma permite simular em laboratório muitos dos problemas geotécnicos típicos, como:

- **Ensaio de compressão não confinada (ensaio uc)**

Ensaio que permite determinar a resistência não drenada das argilas saturadas. É aplicada uma carga axial muito rápida sem aplicação de carga axial até o solo romper, o carregamento é rápido que a mostra não tem tempo de drenar e é levada à rotura por corte.

A resistência não drenada das argilas saturadas é de $\delta u = N/2A = \sigma_1/2$

▪ **Ensaio consolidado drenado (ensaio cd)**

É um ensaio realizado em duas fases, a primeira fase na consolidação isotrópica, isto é, o solo é consolidado para uma determinada tensão efetiva através de incremento de tensão na câmara deixando a amostra drenar até anular a pressão intersticial – fase de compressão hidrostática.

A segunda fase do ensaio é fase de corte, a pressão da câmara mantém-se e aplica-se tensão de compressão axial até atingir a rotura do solo. É medido o volume da amostra. Nota-se que dependendo do tipo de solo um ensaio pode demorar vários dias (argilas de baixa permeabilidade).

▪ **Ensaio consolidado não drenado (ensaio cu)**

Este ensaio é realizado de forma semelhante ao anterior, a primeira fase de consolidação isotrópica é igual, a segunda fase do ensaio é realizada em condições não drenadas, isto é, a carga axial é aplicada de forma rápida e é medido o acréscimo de pressão neutra por força da aplicação da carga axial. A trajetória das tensões efetivas não é linear, durante a cedência do solo, não aumenta de forma linear provocando uma curvatura nas tensões efetivas. ~

Neste ensaio:

- Não existe variação de volume da amostra;
- Existem deslocamentos axiais;
- Existe deformação distorcional;
- Medem-se parâmetros de resistência e módulos de rigidez não drenada;

O ensaio CU é a modalidade do ensaio triaxial mais usado pois permite determinar a resistência ao corte não drenado, mas também ângulos de resistência ao corte efetiva de pico e rotura, na maioria dos casos em solos argilosos.

▪ **Ensaio não consolidado, não drenado (ensaio uu)**

Este ensaio permite determinar a resistência ao corte não drenada de um solo saturado, submete-se amostra a uma carga radial sem drenagem da água intersticial seguindo-se incrementos de tensão axial. Trata-se, portanto, de um ensaio rápido de realizar, mantém a pressão na câmara e acresce-se a pressão axial.

Neste ensaio mede-se a resistência ao corte não drenada e os módulos elásticos de rigidez, tem uma vantagem relativamente aos ensaios anteriores de as pressões laterais simularem as pressões “in situ”.

2.2.8.1.2 Ensaio edométrico

O ensaio é realizado num edómetro com uma amostra de solo em forma de disco contido no interior de um anel metálico rígido, carregada a partir de uma placa metálica superior. O anel é impermeável não permite deformações laterais apenas verticais (deformação unidirecional) e as placas são permeáveis o que só permite o movimento da água no sentido vertical (circulação da água unidirecional).

As pressões neutras junto à placa são nulas e no interior da amostra podem ter valores variáveis e as tensões axiais são colocadas por alavanca e são medidas as deformações.

2.2.8.2 Os limites da amostra não são necessariamente os planos principais de tensão ou de deformação e em que os planos principais podem rodar

2.2.8.2.1 Ensaio de corte direto

Realiza-se o ensaio de corte direto com uma caixa metálica dividida horizontalmente em duas partes (caixa de corte), coloca-se o solo nessa caixa, deslocando-se de seguida, por aplicação de uma tensão vertical, numa das caixas em relação a outra segundo o plano horizontal.

Neste ensaio medem-se deslocamentos verticais e horizontais e determina-se a tensão instalada no plano de corte.

2.2.8.2.2 Ensaio de corte simples

O ensaio de corte simples NGI (Norwegian Geotechnical Institute) a amostra de solo consiste num disco de 80mm de diâmetro e 10mm de espessura envolvido lateralmente com uma membrana de borracha reforçada e um fio metálico de forma a evitar deformações horizontais permitindo, no entanto, rotação dos lados da amostra.

Nos ensaios de corte simples as deformações horizontais são nulas, as deformações verticais e distorcionais podem ser calculadas a partir da medição dos deslocamentos e rotação, recorrendo-se ao círculo de Mohr das deformações.

2.2.8.2.3 Ensaio torcional com cilindro oco

O ensaio torcional com cilindro oco, realiza-se com uma amostra de solo cilíndrica oca a uma carga axial N e um momento M através de uma placa rígida superior e outra inferior e a pressões interiores e exteriores através de membranas de borrachas que contêm a amostra.

Pode obter-se deste ensaio o ângulo de resistência ao corte efetiva de pico e de rotura, a resistência ao corte não drenada e o módulo de distorção.

2.2.8.2.4 Ensaio triaxial verdadeiro

O ensaio triaxial verdadeiro é realizado por células cúbicas que permitem a aplicação e o controlo independente das três principais tensões e dos respetivos incrementos de deformações. São usados tradutores de pressão fixados no interior das placas de modo a medir as tensões principais (permitem impor tensões ou deformações).

2.3 Referências bibliográficas

- Fernando E.F. Branco, Memória, N.º 700, (1988). “A Geotecnia nas Vias de Comunicação”, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Emanuel Maranha das Neves, (2016). “Mecânica dos Estados Críticos – Solos Saturados e Não Saturados”, Lisboa: IST Press;
- Especialização e Aperfeiçoamento CPP 524, (2011).” Ensaios para Controlo de Terraplanagens”, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

3 TECNOLOGIA DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXIVEIS

3.1 CONSTITUIÇÃO E COMPORTAMENTO

3.1.1 Constituição dos pavimentos

O pavimento tem duas funcionalidades uma estrutural desempenhada pelo corpo do pavimento e outra funcional desempenhada pela camada superficial do pavimento. A função estrutural com o próprio nome indica tem a função de absorver as solicitações para que foi dimensionado mantendo a integridade do pavimento superficial (sem fendilhação, depressões, outras), a função funcional refere-se à parte superficial do pavimento que permite a circulação automóvel em segurança e com conforto.

Em função do seu dimensionamento (considerado o propósito da via rodoviária e as condições do seu local de implantação), o pavimento é um sistema multiestratificado com várias camadas de espessura mais ou menos finas desde o terreno natural de fundação até à camada betuminosa de desgaste.

As cargas são transmitidas ao pavimento na camada de desgaste, sendo transmitidas, às camadas subjacentes do pavimento até à sua fundação. No entanto, as cargas diretamente transmitidas à camada de desgaste vão sendo absorvidas gradualmente e diminuindo à medida que nos aproximamos da fundação. Assim, a qualidade e resistência de cada camada vai diminuindo à medida que nos aproximamos da fundação do pavimento, cada uma delas tem a função essencial de prestar apoio eficaz à camada subjacente.

- Pavimento inicia-se com a sua fundação com o seu solo “natural”, quando este não tem as características desejadas, colocamos uma nova camada de solo de melhores características pretendidas ou efetuamos um tratamento ao solo “natural” com ligantes (cimento, cal, betumes, etc.). A esta camada designamos por “leito do pavimento”;
- Sobre a fundação é construída a “camada sub-base” construída por materiais granulares devidamente compactadas por meios mecânicos ou por solo tratado com cimento – é chamada a parte inferior do corpo do pavimento;
- Acima da camada “sub-base” são construídas as camadas betuminosas:
 - Camada base – Camada betuminosa de suporte construída sobre a sub-base, com betume menos flexível e com granulometria mais grossa que o da mistura betuminosa de desgaste;
 - Camada desagaste ou de regularização – camada betuminosa de apoio à circulação automóvel.

3.1.2 Construção de pavimentos

O pavimento de uma via rodoviária é composto em função da resistência do solo de fundação, tipo de materiais disponíveis para a sua construção e o volume e natureza de tráfego a que vai estar sujeita. Ou seja, no estudo prévio de uma via será necessário considerar a classe de tráfego a considerar T_i , $i= 1, 2, i$, sendo T6 a classe de tráfego menos intenso, a classe da plataforma resistente (deformabilidade da fundação) F_i , $i= 1, 2, i$, sendo F4 a classe de fundação mais resistente e por fim os materiais disponíveis (considerar a variável económica da sua aquisição).

Por regra, os pavimentos rodoviários flexíveis são construídos por camadas estruturais e de funcionamento, construídas sobre os solos de fundação (nativos, selecionados ou agregados), seguindo-se as camadas sub-base, base e camada de desgaste. As camadas são construídas com espessuras e materiais diferentes em função do seu dimensionamento e coladas entre si com betumes previamente estudados para as respetivas colagens de forma a funcionarem estruturalmente como única camada.

Assim, cada camada da estrutura do pavimento corresponde:

- Uma espessura;
- Um material;
- Características específicas de deformabilidade (módulo deformabilidade de Coeficiente de Poisson);
- Quando as camadas que formam o pavimento são coladas entre si com betume funcionam como única camada;
- No plano vertical a tensão máxima à compressão é máxima na camada de desgaste e tensão máxima de tração na última camada do pavimento;

Normalmente as camadas de um pavimento rodoviário de estrutura flexível são construídas:

- Camada de desgaste – Betão Betuminoso (BB);
- Camada de regularização – Mistura Betuminosa Densa (MBD);
- Camada base – Macadame Betuminoso (MB);
- Camada base – Base Granular (BG);
- Camada sub-base – Material Granular Britado sem Recomposição (Tout-Venant) ou com recomposição em central (SbG);
- Fundação ou leito do pavimento – Solos.

3.1.3 Comportamento dos pavimentos

3.1.3.1 Deformações superficiais, permanentes e reversíveis

Os pavimentos rodoviários flexíveis são por norma estruturas estratificadas compostas por camadas inferiores de natureza estrutural construídas em material granular sobre o terreno de fundação e por camadas superiores construídas com misturas betuminosas com funções de transmitir segurança e conforto aos utilizadores destas vias.

Este tipo de estrutura rodoviária, pelas suas características tem tendência à formação de grandes depressões nas camadas betuminosas em zonas de passagem dos rodados. A resolução do problema destas deformações nestas estruturas passa por tornando-as mais rígidas. Em fase do seu dimensionamento, conhecer as tensões máximas admissíveis do solo de fundação sob determinada carga de roda, estudar composições mais densas das camadas granulares, das misturas betuminosas em função do tipo de tráfego da via e das condições climáticas do local e por fim estudar o eventual aumento a espessuras das camadas da estrutura do pavimento.

O comportamento do conjunto solo de fundação e estrutura estratificada do pavimento não tem um comportamento perfeitamente elástico, aproxima-se por vezes do comportamento viscoelástico. No entanto, dado ao comportamento elástico dos materiais que compõe a estrutura dos pavimentos aos carregamentos de curta duração e ao intervalo entre elas, não justifica, o comportamento da parte viscoelástica. Estes pavimentos rodoviários quando sujeitos às cargas rodoviárias características e mantendo-se o teor de água nas camadas, comportam-se com deformações quase exclusivamente reversíveis e a deformação permanente a cada aplicação de carga tende a ser nula. Só com materiais com comportamento plástico ou de viscosidade normal poderão dar lugar a deformações permanentes, neste caso, a tendência será o pavimento atingir o estado de ruína.

Podemos concluir que a estrutura de pavimentos rodoviários flexíveis tem comportamento elástico ao longo da maior parte da sua vida, as deformações tendem a ser nessa fase da vida do pavimento nulas. No entanto, elas poderão existir, deverão ser estudadas de forma autónoma do comportamento elástico da estrutura do pavimento, realizando para o efeito, o estudo reológico dos materiais e posteriormente os ensaios de carga com placa.

3.1.3.2 Influência da velocidade de deslocamento da carga

Os métodos de dimensionamento dos pavimentos rodoviários flexíveis, por norma não consideram o fator velocidade da aplicação das cargas, considera sim, a carga fixa que não traduz a realidade prática.

Por diversos autores internacionais e nacionais estudaram o efeito de velocidade na transmissão das cargas dos rodados aos pavimentos das vias, concluindo-se desses estudos que as deformações reversíveis são semelhantes às da aplicação da carga fixa, quando são consideradas velocidades baixas e distintas para velocidades elevadas. Relativamente à análise das tensões os estudos não foram tão conclusivos devido à principalmente à dificuldade de medição das tensões ao nível da fundação e camadas estruturais do pavimento.

De qualquer forma, a velocidade não altera significativamente o peso das rodas do pavimento, o efeito velocidade reduz o peso das rodas sobre o pavimento à medida que a velocidade aumenta. Se considerarmos no dimensionamento a carga fixa estamos a garantir um grau de segurança ao dimensionamento do pavimento. As deflexões reversíveis sob o efeito da velocidade medidas à superfície do pavimento são semelhantes ao carregamento de carga fixa com tendência para serem menores à medida que aumentamos a velocidade de circulação independente se estamos a falar de tráfego ligeiro ou pesado.

3.1.4 Principais causas da ruína dos pavimentos rodoviários flexíveis

O conceito de ruína dos pavimentos rodoviários está associado ao seu comportamento funcional, ou seja, a qualidade da superfície do pavimento ao rolamento do tráfego em condições de segurança e conforto.

Podemos dividir em três grupos as principais causas de ruína dos pavimentos:

- **Cargas excessivas**

As cargas excessivas estão associadas ao valor do peso por eixo e ao número de repetições da carga. Provocam o efeito:

- Tensões excessivas;

Efeito de corte por insuficiente coesão por imbricamento interno ou espessura da camada;

- Fadiga ou martelamento

Pelo número de repetições da carga, espessura insuficiente da camada;

- **Condições climáticas e ambientais**

- Variações de temperatura

Provocam variações de volume e resistência de alguns materiais;

- Variações de teor de água

Por evaporação, permeabilidade das camadas, capilaridade e drenagem, provocam variações de volume e resistência dos materiais.

- **Alteração das condições de dimensionamento**

Fragilidade estrutural ou degradação das características dos materiais resultante da fadiga e do envelhecimento

Inclui-se ainda neste grupo técnicas construtivas deficientes ou controle de qualidade deficiente de construção como:

- Qualidade dos materiais de construção;
- Excesso de teor de água nas camadas de fundação;
- Etc.

Inclui-se ainda falta de operações de conservação do pavimento:

- Selagem de juntas de fendilhação;
- Bermas malcuidadas;

Inclui-se ainda os critérios de dimensionamento do pavimento:

- Aplicação de um método de dimensionamento menos próprio;
- Não considerar algumas variáveis de dimensionamento;
- Etc.

3.2 FUNDAÇÃO

3.2.1 Funções

Como foi anteriormente referido, a estrutura das vias rodoviárias é composta por camadas de vários materiais sobre a fundação. Existem as camadas funcionais e as camadas estruturais, a qual, a fundação pertence com as seguintes funções:

- A curto prazo: assegurar a capacidade de suporte e a regularidade da superfície do pavimento;
- A longo prazo: capacidade de suporte às solicitações da via para assegurar o funcionamento estrutural do pavimento;
- Drenagem das águas pluviais em tempo de construção da via.

3.2.2 Capacidade de suporte

Para o dimensionamento do pavimento é necessário ter o conhecimento da capacidade de suporte da fundação. Esta capacidade de suporte do solo começou por ser obtida com a determinação do índice californiano de capacidade de carga CBR (obtido pela força necessária para penetrar um cilindro de 50mm de diâmetro a uma velocidade de 1mm/min, num provete de solo compactado num molde e sujeito a imersão em água durante 4 dias). No entanto, este índice californiano de capacidade de carga CBR, não traduz o efeito das cargas provocadas pelo tráfego ao pavimento de cargas aplicadas rapidamente, distribuídas em maiores áreas e a deformação por adensamento e em grande parte recuperável.

Assim, a capacidade de suporte dos solos de fundação passou a ser obtida pela determinação do “módulo de deformabilidade” que melhor traduz a relação pressão aplicada deformação ou entre tensões e extensões instaladas. Para obter o valor do módulo de deformabilidade são realizados ensaios de laboratório:

- Ensaio de compressão triaxial com vários ciclos de carregamento – Neste ensaio existe a dificuldade de transpor para obra os resultados obtidos em laboratório;
- Ensaio de carga com placa “in situ” – Carregamento hidráulico da placa flexível;
- Ensaio de carga com pneu “in situ” – Carregamento com os pneus dos veículos;
- Ensaio de carga com placa com defletómetro de impacto “in situ” – Ensaio de queda de uma massa, trata-se de um ensaio dinâmico ou ensaio com defletómetro de impacto.

O módulo de deformabilidade E_f (Mpa) obtém-se a partir dos resultados dos ensaios com placa estáticos ou dinâmicos com a seguinte expressão:

Eq.17
$$E_f = (2 * (1-\nu^2) * p * r) / \delta$$

Sendo,

p – pressão uniforme aplicada na placa Kpa;

r – raio da placa em milímetros;

δ – assentamento reversível, ou deflexão, em micrómetros;

ν – Coeficiente de Poisson (é usado com frequência 0,45).

Nesta expressão admite-se um maciço ensaiado elástico e homogêneo, isótropo e semi-indefinido (modelo de Boussinesq). Como a rigidez do solo de fundação aumenta com a profundidade no estudo da capacidade de suporte do solo de função são consideradas duas camadas:

1.º Camada – camada superficial com 1,0 de espessura, com menor resistência e a que serve de base para o dimensionamento;

2.º Camada – camada inferior mais rígida com módulo de deformabilidade cinco a dez superior à camada superficial.

Pelo elevado conhecimento do comportamento dos solos com base nos valores do CBR, procurou-se relacionar os valores do “módulo de deformabilidade” com os valores CBR. Várias correlações empíricas foram obtidas para encontrar a resistência do solo da fundação:

- Shell (1985)

Eq.18
$$E_f = 10 \times \text{CBR} \text{ (Mpa)}$$

sendo CBR – Índice CBR em percentagem;

- Powell (1984) –

Eq.19
$$E_f = 17,6 \times (\text{CBR})^{0,64} \text{ (Mpa)}$$

sendo CBR – Índice CBR em percentagem para valores entre 2 e 12%;

- Caroff (1994)

Eq. 20
$$E_f = 5 \times \text{CBR} \text{ (Mpa)}$$

sendo CBR – Índice CBR em percentagem para valores a longo prazo, ou seja, estradas em serviço;

3.2.3 Leito do pavimento, funções, materiais e classe de fundação

3.2.3.1 Definição de leito do pavimento

No terreno natural onde se pretende implantada a via rodoviária ocorre com muita frequência ao longo do seu percurso longitudinal apresentam-se terrenos de natureza litológica diferente. Com o trabalho das terraplanagens para o encontro da rasante da via vamos ter zonas de aterro e escavação com diferentes profundidades, por norma, as zonas mais profundas com solos melhor qualidade.

Para eliminar os inconvenientes da variabilidade dos solos é prática colocar uma camada de solos selecionados sobre a zona dos aterros para melhor a qualidade dos solos provenientes da movimentação das terras nativas, por vezes, existe mesmo a necessidade de fazer o mesmo na zona de escavação. Chama-se a esta camada uniforme de solos de boa qualidade para fundação da via “o leito do pavimento”.

3.2.3.2 Funções do leito do pavimento

O leito do pavimento tem as seguintes funções:

- Capacidade de resistência uniforme da fundação ao longo do perfil longitudinal mesmo com condições climatéricas variáveis;
- Garantir regularidade da superfície do leito do pavimento para construção da camada seguinte;
- Suportar a circulação do equipamento em obra;
- Assegurar a capacidade drenante da estrutura do pavimento.

3.2.3.3 Classes de fundações

Na construção do leito do pavimento são normalmente utilizados os seguintes materiais em função do tipo de solo de fundação (capacidade de suporte):

- Solos selecionados obtidos na escavação da obra ou de zonas de empréstimo (seguem características especificadas);
- Solos melhorados com adição mistura de ligantes hidráulicos (cal, cimento);
- Materiais granulares não britados;
- Materiais granulados britados não recompostos a partir de frações separadas “Tout-Venant”.

Os solos selecionados devem ter as seguintes características:

- $D_{máx} = 75\text{mm}$;
- Material de granulometria menor que $0,075\text{mm} = 20\%$ máximo;
- Limite de liquidez (LL) = 25% máximo;
- Limite de plasticidade (LP) = 6% máximo;
- Equivalente de areia (EA) = 30% mínimo;

- Valor de azul de metileno (VA) dos finos ($<0,075\text{mm}$) = 2g/100g máximo;
- CBR (a 95% baridade máxima, compactação pesada) = 10% mínimo;
- Expansão no ensaio de CBR = 1,5% máxima;
- Matéria orgânica = 0% máximo;

Existem quatro classes de fundações F1; F2; F3 e F4, definidas pelo módulo de deformabilidade nominal com valores 30 Mpa (F1), 60 Mpa (F2), 100 Mpa (F3) e 150 Mpa (F4). Valores estes como base para o dimensionamento.

Os solos de fundação são do tipo S1, S2, S3, S4 e S5.

3.3 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Como referido anteriormente, os pavimentos de vias rodoviárias são constituídos por camadas desde o leito do pavimento até à camada de desgaste. Cada uma destas camadas são construídas por materiais em função das características de dimensionamento que pretendemos (tipologia da via rodoviária) e das condições locais do terreno. O corpo do pavimento com função estrutural é composto por materiais granulares de granulometria extensa obtidos a partir de rocha sã, por vezes com solos selecionados ou tratados com aglutinantes (cimento ou cal), isto para a camada sub-base, para a camada base e desgaste são compostas por misturas betuminosas de agregado aglutinado com betume asfáltico com variadas características que determinam o tipo de mistura betuminosa.

3.3.1 AGREGADOS

O tipo de pavimento rodoviário que pretendemos estudar determina em função das características funcionais e mecânicas necessitamos a natureza dos materiais a usar, desde, os chamados pavimentos de “terra batida” onde usamos solos selecionados ou agregados provenientes de rocha são de granulometria extensa aos pavimentos aos pavimentos construídos por camadas sub-base, base e desgaste com mistura de agregado e ligantes hidráulicos e chegamos aos chamados pavimentos de estrutura semi-rígida ou rígida dependendo da qualidade da mistura dos materiais.

A construção de pavimentos rodoviários mais usual são os pavimentos construídos por misturas betuminosas na camada de regularização e desgaste. Estas misturas são classificadas em função da composição do agregado e do tipo de ligante em função das características funcionais e mecânicas que pretendemos para o pavimento a construir.

A classificação das misturas betuminosas são:

- **Em função do agregado empregue:**
 - Argamassa - ABR – Argamassa betuminosa em camada de regularização;
 - Macadame – MBB – Macadame betuminoso em camada base;
 - Macadame – MBR – Macadame betuminoso em camada regularização;
 - Macadame – SPBR – Macadame por semi-penetração em camada de base a frio;
 - Betão – BD – Betão betuminoso em camada de desgaste;
 - Betão – MBD – Mistura Betuminosa densa em camada de regularização;
 - Betão – AMB – Mistura betuminosa de alto módulo em base;
 - Betão – BBDD – Betão betuminoso drenante em camada de desgaste;
 - Betão – MBFB – Mistura betuminosa a frio em camada base;
 - Betão – MBBRD – Micro-betão betuminoso rugoso em camada de desgaste.
- **Temperatura de execução:**
 - A quente: BD; MBD; AMB; BBDD; MBBRD; MBB; MBR e ABR.
 - A frio: MBFB e SPBF.
- **% de vazios na mistura (n-porosidade):**
 - Mistura fechada ($n < 5\%$): ABR; BD; MBD; AMB e MBBRD.
 - Mistura semi-fechada ($5\% < n < 10\%$): MBB e MBR.
 - Mistura semi-aberta ($10\% < n < 15\%$): MBFB e SPBF.
 - Mistura aberta ($n > 15\%$): BBDD.
- **Granulometria:**
 - Contínuas: ABR; BD; MBD; AMB; MBBRD; MBB e MBR.
 - Descontínuas: BBDD e SPBF

Tratamentos superficiais dos pavimentos rodoviários:

- **Regas (só ligante):**
 - Anti-Pó;
 - Impregnação;
 - Colagem;

- Cura.
- **Revestimentos superficiais (ligante mais gravilha):**
 - Simples;
 - Dupla;
 - Simples com duplo espalhamento de gravilha.
- **Misturas betuminosas em camadas delgadas:**
 - Lama asfáltica;
 - Micro-Aglomerado betuminoso a frio.

Os agregados que compõe as misturas de betão hidráulico ou betuminoso para construção das camadas dos pavimentos constituem a sua camada resistente por imbricamento entre grãos. Constituem 90 a 95 % do peso total da mistura e 75 a 85 % do volume total.

3.3.1.1 Tipos de Agregados

Os agregados podem ser classificados quanto:

- **Natureza petrográfica:**
 - Calcário;
 - Sílica;
 - Granito;
- **Massa volúmica;**
- **Baridade;**
- **Modo como é obtida:**
 - Partículas roladas de origem aluvionar;
 - Britadas
- **Dimensão das partículas:**

Pelo conceito de diâmetro equivalente = “deq”:

- Brita por partículas “deq” entre 30 mm e 150 mm;
 - Gravilha por partículas “deq” entre 5 mm e 15 mm;
 - Filler, agregado fino “deq” menor que 0,075mm.
- Pelo conceito de diâmetro equivalente = “deq” e de dois números separados por um traço (d/D), representando o “d” a menor dimensão do agregado e “D” a maior dimensão do agregado, podendo o agregado ter 10% de partículas acima de “D” e 5% de partículas abaixo de “d”, por exemplo, gravilha 8/12 mm.

3.3.1.2 Propriedades físicas

No fabrico misturas betuminosas para construção das camadas betuminosas dever-se-á conhecer as características físicas das partículas dos agregados da mistura:

- **Granulometria – Análise granulométrica por peneiração das partículas secas por peneiros NP EN 933-2 (IPQ 1999)**

A análise granulométrica de um agregado seco por peneiração determina a massa retida em cada um dos peneiros expressa em percentagem relativamente à massa total da amostra. Dos valores obtidos definem a chamada “curva granulométrica” num sistema de coordenadas retangulares entre a percentagem de material passado em cada peneiro e o logaritmo da abertura do respetivo peneiro.

Ao analisarmos a forma da curva granulométrica podemos caracterizar o agregado quanto á sua composição granulométrica:

- Coeficiente de uniformidade:

Eq.21 $C_u = D_{60}/D_{10}$

sendo D60 – 60% do material passado;

D10 – 10% do material passado;

Para valores de Cu de 4 a 5 temos: - Agregados bem graduados ou de granulometria extensa. Para valores próximos de 1, temos agregados uniformes.

- Coeficiente de curvatura:

Eq.22 $C_c = D_{30}/(D_{10}*D_{60})$

sendo D60 – 60% do material passado;

D30 – 30% do material passado;

D10 – 10% do material passado;

Para valores de Cc entre 1 e 3 temos agregados bem graduados ou de granulometria extensa.

A análise granulométrica a partículas inferiores a 0,063mm, não é feita por peneiração, mas por processo de sedimentação em que o tamanho das partículas é determinado pela velocidade de sedimentação em solução aquosa. Não tem muito interesse para obras de pavimentação rodoviária.

Os tipos de misturas betuminosas estão perfeitamente definidos em função do tipo de pavimento que pretendemos construir, umas das principais características que define a mistura betuminosa é a curva granulométrica do agregado. O agregado funciona como “esqueleto” da mistura, logo, a função de distribuir de forma uniforme a cargas transmitidas ao pavimento ao longo da sua estrutura por imbricamento das suas partículas. Por esta razão devemos ter agregados de granulometria extensa para maior imbricamento e distribuição de cargas.

▪ **Resistência – Desgaste de Los Angeles;**

A dureza dos inertes que formam o agregado é outra das propriedades importantes na determinação das características dos inertes para uso na construção dos pavimentos rodoviários. Resistência ao choque, o atrito entre partículas e principal ao desgaste produzido pela passagem dos automóveis é determinado pelo ensaio de desgaste de Los Angeles (NP EN 1097-2, IPQ, 2002e).

O ensaio de desgaste de Los Angeles consiste em uma amostra de determinada granulometria é colocada em conjunto com um determinado número de esfera de aço dentro do cilindro da máquina de ensaio de Los Angeles que, roda em torno de um eixo horizontal o número de voltas predefinido. Neste processo de ensaio as partículas do agregado vão desgastando e partindo. Da amostra submetida a ensaio considera-se material desgastado o material que passa no peneiro 1,6mm e a sua massa é expressa em percentagem relativamente à massa total do inerte ensaiado e significa a perda de material por desgaste. Este valor não deve ser superior ao definido no caderno de encargos dos procedimentos de aquisição ou de empreitadas.

Para o inerte usado em camadas de desgaste por vezes é solicitado o ensaio de polímero acelerado (CPA), determina a perda de rugosidade superficial das partículas do agregado quando sujeitas às ações do polímero que reproduz o efeito da passagem dos pneus das viaturas. Para medir o coeficiente do polímero acelerado, usa-se o Pêndulo Britânico ao inerte, antes do início do ensaio, durante o ensaio e depois do ensaio.

▪ **Forma – Índices de forma;**

A forma dos inertes a usar na construção deve ser aproximadamente cúbica, inertes de forma alongada ou lamelar são mais frágeis quando submetidas a cargas. Os inertes são caracterizados pela sua forma, pela determinação do seu índice de forma:

- Índice de lamelação:

- Conceito 1 – Para uma fração granulométrica compreendida entre “d” e “D” considera-se partículas lamelares aquelas cujas espessuras são inferiores a $0,60 * (d + D) / 2$;

- Conceito 2 (NP EN 933-3, IPQ, 2002a) – Índice de achatamento é semelhante ao índice de lamelação;

- Índice de alongamento:

Conceito 1 – Para uma fração granulométrica compreendida entre “d” e “D” considera-se partículas alongadas cujo comprimento é superior a $1,50 * (d + D) / 2$;

Conceito 2 (NP EN 933-4, IPQ, 2002b) – É medida as partículas com paquímetro, tanto o comprimento como a espessura, se a razão entre o comprimento e espessura 3 medida em percentagem da massa total da amostra seca.

▪ **Limpeza – Equivalente de areia e Azul de Metileno.**

Os agregados devem ser limpos de impurezas de argilas, solos, matéria orgânica, etc., estas a existirem, reduzem o atrito entre partículas, produzem variações volumétricas por adição de água, reduzem da adesividade do ligante ao inerte.

O estado de limpeza dos inertes pode ser obtido pela realização dos seguintes ensaios:

- Equivalente de areia (NP EN 933-8, IPQ, 2002c):

O parâmetro “equivalente de areia (EA)” permite determinar avaliar a quantidade de matéria fina associada ao material grosseiro e determinar se o agregado está ou não limpo.

O ensaio consiste em colocar uma determinada quantidade de agregado numa proveta com uma solução aquosa, agitar a proveta com o material num determinado tempo e deixar repousar. O material grosseiro deposita-se rapidamente no fundo da proveta e o fino fica em suspensão no meio aquoso.

$EA = h2/h1 * 100$, sendo h1 a altura na proveta dos materiais finos em suspensão e h2 a altura dos materiais grosseiros na proveta. Quando temos:

- $EA > 30$ – temos materiais não plásticos;
- $EA < 20$ – temos materiais plásticos, devemos usar ensaios complementares como “os limites de Atterberg” ou a determinação do “azul de metileno”.

- Azul de metileno (solos e agregados):

A determinação do “valor de azul de metileno (VAS)” de um solo ou agregado consiste em adicionar quantidades crescentes de azul de metileno a uma amostra, por doses sucessivas até que a superfície das partículas do agregado esteja coberta com capacidade de adsorção. Quando isto sucede, existe um excesso de azul de metileno na preparação, todas as partículas estão envolvidas não existe necessidade de juntar mais azul de metileno.

O VAS é o valor de azul de metileno por 100 g de solo ou agregado. É determinado apenas para a fração fina (que passa no peneiro ASTM 200) e depois é atribuído à totalidade do solo ou agregado por proporção (NP EN 933-9, IPQ, 2022d). Este valor VAS define de forma eficaz a maior ou menor sensibilidade à água e logo a maior ou menor grau de limpeza ou de existência de matérias sensíveis à água no seio do agregado.

Podemos classificar os solos quanto à sua sensibilidade à água pelos valores de VAS (SETRA, 1992):

- Solos insensíveis à água – $VAS < 0,1$;
- Solos muito pouco sensíveis à água – $0,10 < VAS < 0,20$;
- Solos com sensibilidade à água - $0,20 < VAS < 1,50$;

- VAS = 1,5 – Valor que distingue os solos areno-siltosos dos areno-argilosos;
- VAS = 2,5 – Valor que distingue os solos siltosos pouco plásticos dos medianamente plásticos;
- VAS = 6,0 – Valor que distingue os solos siltosos dos argilosos;
- VAS = 8,0 – Valor que distingue os solos argilosos dos solos muito argilosos.

▪ **Adesividade**

Os inertes que formam o agregado para misturas betuminosas devem ter boa adesividade ao betume da mistura, ou seja, a maior sensibilidade química entre o betume da mistura e a superfície do agregado.

Para medir a adesividade do inerte ao betume em condições severas (com água) são usados dois métodos:

- Inspeção visual do agregado revestido com o ligante para verificar a percentagem do agregado que ficou sem ligante após um determinado tempo de imersão de acordo com condições normalizadas (CEN, 2002);
- Ensaiar à compressão provetes cilíndricos de mistura betuminosa imersos em água durante um período de tempo e comparando o mesmo ensaio a provetes não sujeitos a imersão. A “resistência conservada”, ou seja, a diferença entre a resistência dos provetes secos e a resistência dos provetes imersos não deve ser superior a 25%.

3.3.1.3 Solos para sub-bases

Os solos que possam reunir as características para constituir as sub-bases de estradas nacionais e municipais devem reunir as seguintes características:

- Solos selecionados
 - Isentos de detritos, matéria orgânica, ou outras matérias capazes de reduzir as suas capacidades de suporte;
 - Limite de liquidez, máximo 25%;
 - Limite de plasticidade, máximo 6%;
 - Equivalente de areia, mínimo 30%;
 - Valor de azul de metileno, máximo 1,5;
 - CBR a 95 % de compactação relativa (Proctor modificado), mínimo 20%;
 - Percentagem que passa no peneiro ASTM 200, máximo 15%;
 - Dimensão máxima 75mm;
 - Expansibilidade (ensaio CBR), máxima 1,50%

- Material aluvionar não britado

- Granulometria contínua:
 - 75 mm – 100%;
 - 63 mm – 90-100%;
 - 4,75mm – 35-60%;
 - 0,075mm (n.º 200) – 0-15%.
- Percentagem de material retido no peneiro n.º 19, inferior a 30%;
- Perda por desgaste (ensaio de Los Angeles), máximo 35%;
- Limite de liquidez, máximo 25%;
- Índice de plasticidade, máximo 6%;
- Equivalente de areia, mínimo de 45%;
- Quando tivermos valores no peneiro ASTM n.º 200 superior a 5%, determinar o limite de consistência.

3.3.1.4 Agregados de granulometria extensa para sub-bases e bases

- Sub-base em agregado britado de granulometria extensa

- Granulometria de composição extensa;
- Percentagem de material retido no peneiro 19mm < 30%
- Perda por desgaste (Los Angeles) < 45%;
- Limite de liquidez NP;
- Limite de plasticidade NP;
- Equivalente de areia >45%;
- VASc

Eq.23
$$\text{VASc} = \text{VAS} * (\%P\#200 / \% P\#10) * 100 < 25 \quad (\%)$$

(valor de metileno corrigido)

- Base em agregado britado de granulometria extensa misturado em central

- Granulometria de composição extensa;
- Perda por desgaste (Los Angeles) < 40%;
- Índices de lamelação e alongamento < 35%
- Limite de liquidez NP;
- Limite de plasticidade NP;
- Equivalente de areia >50%;
- VASc

Eq.24
$$\text{VASc} = \text{VAS} * (\%P\#200 / \% P\#10) * 100 < 25 \quad (\%)$$

(valor de metileno corrigido)

3.3.2 AGLUTINANTES

3.3.2.1 Considerações gerais

3.3.2.2 Betume asfáltico

O betume é um aglutinante betuminoso obtido a partir da destilação do petróleo bruto. Numa primeira fase é submetido ao 1.º processo de destilação, onde resultam dois tipos de produtos, os combustíveis para os motores a combustão interna e o subproduto resultante da destilação. Este subproduto é sujeito a uma nova destilação (por vácuo), desta, resultam os produtos destilados e os betumes.

Trata-se de um produto com propriedades adesivas, de consistência variável em função da temperatura, mole quando aquecido e sólido em condições de temperatura ambiente. A sua composição varia em função do local onde é explorado o crude, por norma, é composto por 80 a 85% de carbono, 10 a 15% hidrogénio, 2 a 3% de hidrogénio e em pequenas quantidades por enxofre, azoto e vestígios de metais de vanádio, níquel, ferro, magnésio e calcário.

De forma simplificada podemos classificar os betumes em função da sua composição química em dois grandes grupos:

- Asfaltenos;
- Maltenos, estes podem ser divididos em três subgrupos:
 - Saturados;
 - Aromáticos;
 - Resinas.

Assim, o betume asfáltico é considerado um sistema de dispersão de micelas de elevado peso molecular (asfaltenos), num meio dispersante e oleoso de menor peso molecular (maltenos). Ou seja, os maltenos constituem um meio contínuo de micelas de asfaltenos.

Os betumes asfálticos usados em pavimentação rodoviária apresentam características que respeitam os critérios estabelecidos nas especificações técnicas aplicáveis, de modo que se possa prever o seu comportamento.

A especificação LNEC E-80 de 1997, incorporou aspetos previstos Norma Europeia EN 12591 - “Produtos petrolíferos – Betumes e ligantes betuminosos – Especificações”, especifica as propriedades e métodos de ensaios dos betumes.

Pelo método de penetração de 0,10mm, a 25.ºC, 5s (ASTM D 5 pr EN 1426), são definidos os tipos de betumes usados nos pavimentos rodoviários: 10/20; 20/30; 35/50; 50/70; 70/100; 100/150; 160/220; 250/300.

A caracterização dos betumes para pavimentação pode ser obtida por:

- Temperatura de amolecimento – Método do anel e bola - (ASTM D36 pr EN 1427);
- Viscosidade cinemática a 135ºC - (ASTM D 2170 pr EN 12595);
- Solubilidade em tolueno ou xileno - (ASTM D 2042 pr EN 12592);
- Temperatura de inflamação em vaso aberto Cleveland - (ASTM D92 pr EN 22592);

- Resistência ao endurecimento – (ASTM D 5 pr EN 1426, ASTM D36 pr EN 1427).

Os betumes asfálticos fornecidos pelas refinarias são produtos com certificação CE, sujeitos ao vasto programa de caracterização técnica e de verificação da qualidade que nos permite aferir em obra os betumes usados nas misturas betuminosas previstas nos projetos de execução. No entanto, em termos de qualidade em obra podem ser realizados ensaios de verificação da qualidade do betume, quanto á sua viscosidade (ensaio de penetração a 25.°C e ponto de amolecimento), e quanto à densidade do betume asfáltico.

Propriedades importantes da qualidade do betume:

- Penetração – método indireto de obter a viscosidade do betume;
- Temperatura de amolecimento, obtida pelo método do anel e bola.
- Em função das condições climáticas de Portugal e do tipo de trabalho que realizamos em pavimentações os betumes asfálticos mais usados são o 35/50, 50/70 e o 160/220.
- O betume 50/70 é usado em misturas betuminosas em camadas de desgaste;
- Betume 35/50 é usado nas camadas de desgaste e sub-base;
- O betume 160/220 é usado no fabrico de emulsões betuminosas;
- Os betumes 10/20 e 20/30 são usados em misturas de alto módulo deformabilidade;
- O 70/100 usados onde as temperaturas podem ser muito baixas.

3.3.2.3 Betume asfáltico modificado

Os betumes asfálticos são modificados para que possam conferir às misturas betuminosas características de maior resistência às solicitações, ao envelhecimento, redução das intervenções de manutenção, propriedades de drenagem superficial, menor impacto ao ruído por efeito do rolamento, etc.

Os betumes modificados são obtidos a partir de betumes asfálticos com aditivos específicos ao fim que pretendemos, tais como:

- Resinas;
- Endurecedores;
- Borrachas;
- Fibras orgânicas e inorgânicas;
- Elastómeros;
- Enxofre;
- Plastómeros;

3.3.2.4 Betume fluidificado

Os betumes asfálticos encontram-se à temperatura ambiente em estado sólido ou semi-sólido, para que possam utiliza-los em alguns trabalhos da construção rodoviária, como, regas de impregnação, regas de colagem etc. será necessário dispor de betumes com menos viscosidade no tempo de realização dos trabalhos.

Para reduzirmos a viscosidade nos betumes para usarmos nestes trabalhos adicionamos-lhe solventes (gasóleo, gasolina ou petróleo) entre 50 a 80% conforme a necessidade do trabalho e as características do betume. Ao usarmos o betume fluidificado dá-se a volatilização do solvente num período de tempo mais ou menos rápido. A este tempo designamos por tempo de cura que, pode ser lenta, média ou rápida em função dos solventes usados, gasóleo, petróleo comercial ou gasolina, respetivamente. A especificação do LNEC e 98 (LNEC 1980) define as características dos betumes fluidificados.

3.3.2.5 Emulsões Betuminosas

As emulsões betuminosas são sistemas heterogéneos de duas fases de líquidos imiscíveis e água que se mantém estável devido ao emulsionante que distribui à volta dos glóbulos de betume e estabelece aí uma camada de cargas elétricas que repelem as dos outros glóbulos mantendo o equilíbrio. O betume mantém-se disperso no meio contínuo que é a água.

Nas obras de construção rodoviária utilizam-se em maior escala a emulsão catiónica e aniónica, em função do tipo de carga elétrica que envolve o glóbulo de betume, isto é, em função do tipo de ligante ele tem carga positiva ou negativa. Pelo princípio da electricidade de tivermos cargas com o mesmo sinal repelem-se e tiverem sinal oposto atraem-se, ao passarmos corrente elétrica através da emulsão que tenha carga negativa de betume, estas migrarão para o ânodo (elétrodo positivo), temos então uma emulsão aniónica. Se tivermos betume de cargas positivas temos uma emulsão catiónica.

Para da classificação da emulsão pela carga elétrica do betume, tem existe uma classificação pelo tempo de rotura, para Portugal as designações das emulsões:

- **Emulsões aniónicas – são classificadas de A ou C;**

A Especificação E-128 LNEC (LNEC -1984) – As emulsões aniónicas são usadas há mais tempo em Portugal, como betume tem cargas negativas tem boa adesividade aos calcários porque ionizam muito bem quando húmidos. O mesmo já não acontece com o agregado silicioso (granitos) e ionizam-se negativamente e o que resulta em pouca adesividade entre os materiais.

- **Emulsões catiónicas – são classificadas por R, M e L.**

A Especificação E-354 LNEC (LNEC -1984) – As emulsões catiónicas são mais recentes a rotura dá-se mais rápida (separação da água do betume), e tem boa adesividade aos inertes siliciosos e aos agregados básicos.

Podemos concluir que a escolha do uso tipo de emulsão que melhor se adequa à natureza do inerte e às condições climatéricas. As emulsões aniónicas aplicar a inertes calcários e tempo seco, as emulsões catiónicas podem ser aplicadas a todo o tipo de inerte em tempo seco ou húmido (sem chuva).

3.3.3 MISTURA BETUMINOSAS

3.3.3.1 Considerações gerais

As misturas betuminosas são fabricadas numa central de produção de betão betuminoso, resultam da mistura de um ligante betuminoso asfáltico com inertes de natureza e granulometria previamente definida. Do estudo da granulometria e natureza do inerte com o ligante betuminoso resulta um tipo de betão betuminoso que necessitamos para a construção de uma das camadas do pavimento rodoviário perfeitamente certificado por norma CE e padronizado/normalizado.

Consoante o betão betuminoso se destine a uma camada estrutural do pavimento ou uma camada destinada a garantir condições de segurança e conforto, assim, a composição da mistura betuminosa vai ter, respetivamente, características de resistência mecânica ou, por outro lado, vai ter características de boa aderência, suavidade ao rolamento, redução do ruído.

3.3.3.2 Características das misturas betuminosas

Qualquer que seja o tipo de mistura betuminosa a fabricar para o nosso pavimento rodoviário ela vai ter que garantir:

- **Estabilidade**

A estabilidade de uma mistura betuminosa é a capacidade de esta conseguir absorver as solicitações (cargas) para o qual foi concebida, admitindo pequenas deformações. Esta resistência resulta do atrito interno gerado com o imbricamento entre partículas e betume e depende da conjugação dos fatores indicados:

- Natureza, textura, forma do inerte
- Granulometria extensa do agregado de forma a reduzir vazios;
- Tipo e percentagem de betume aplicado na mistura. Se adicionarmos maior percentagem de betume passa a ter uma ação lubrificante entre partículas reduzindo o atrito e logo a estabilidade da mistura;
- Compactação mecânica de forma obter maior densidade/mistura da mistura.

- **Durabilidade**

A durabilidade está associada à resistência da mistura betuminosa às solicitações de rolamento dos automóveis e à degradação provocada pelas condições climáticas (altas e baixas temperaturas, exposição solar e da chuva, etc.

A durabilidade da mistura betuminosa aumenta com:

- Aumento da percentagem de betume, aumenta a espessura da película que envolve partícula do inerte e com isso retarda o envelhecimento de ambos os materiais e diminui o índice de vazios da mistura, diminui a permeabilidade e desagregação da mistura.

Dever-se-á considerar que acima determinada % de betume reduzimos a estabilidade da mistura;

- Granulometria extensa do agregado, torna a mistura mais densa e com menor índice de vazios;
- Natureza, textura e forma do inerte;
- Compactação mecânica da mistura.

▪ **Flexibilidade**

A flexibilidade de uma mistura betuminosa está relacionada com a sua capacidade de absorver pequenos movimentos pela ação da circulação automóvel (carga), assentamentos diferenciais das camadas estruturais ou mesmo da fundação do pavimento. A flexibilidade da mistura betuminosa aumenta com a % de betume e com a granulometria extensa do agregado.

▪ **Resistência à fadiga**

O movimento de passagem da circulação automóvel no pavimento betuminoso induz tensões de tração reversíveis (elásticas) e irreversíveis. Com o acumular dos anos ao longo do tempo de vida do pavimento as tensões irreversíveis acumulam-se sob o efeito da ação e perda de características originais dos materiais da mistura e dá-se a abertura de fendas e a degradação do pavimento. Quanto maior for a durabilidade da mistura maior será a resistência à fadiga, ou seja, aumentando a % de betume, a granulometria extensa do agregado, com compactação adequada obteremos uma mistura densa com resistência à fadiga.

▪ **Aderência**

A aderência é um fator importante ligado à camada betuminosa de desgaste, esta, diminui com o aumento da percentagem de betume (torna a superfície mais lisa), com a granulometria e com a escolha da natureza do inerte do agregado. Os inertes devem ter dureza para suporte do desgaste e textura para aumentar o atrito. Dever-se-á ter em linha de conta o desenho do perfil transversal da via rodoviária de forma a garantir o bom escoamento das águas pluviais.

▪ **Impermeabilidade**

As misturas betuminosas devem ser resistentes à passagem de água entre as diversas camadas do pavimento. Para esse efeito, o índice de vazios da mistura é um bom indicador para termos uma mistura densa/compacta e logo com bom grau de impermeabilidade.

▪ **Trabalhabilidade**

Hoje em dia o fabrico das misturas betuminosas em centrais devidamente certificadas para produzir produtos de marca CE, devidamente normalizadas obedece a processos sucessivos de verificação e controlo, tanto no processo de fabrico, como nos produtos finais a empregar em obra (massas betuminosas).

Ora, para estas misturas betuminosas de características previamente normalizadas a trabalhabilidade está à partida garantida, no entanto, quando pretendemos garantir alguma propriedade adicional à nossa mistura betuminosa que implique alteração da mistura original normalizada, devemos sempre considerar a sua trabalhabilidade em obra e, portanto, proceder ao seu ajuste.

A mistura betuminosa é composta por agregado, betume e ar.
Para a caracterização de uma mistura betuminosa será necessário determinar:

▪ **Massa volúmica do agregado seco (ρ_s) (g/cm³)**

Eq.25
$$\rho_s = M_a/V_a \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

sendo, M_a a massa do inerte seco e V_a volume do inerte seco

Para uma mistura com vários agregados determinamos a massa volúmica do agregado da mistura:

Eq.26
$$\rho_s = (p_1 + p_2 + p_3 + p_n)/(p_1/\rho_1 + p_2/\rho_2 + p_3/\rho_3 + p_n/\rho_n) \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

p_1, p_2, p_3, p_n – pesos dos inertes de cada agregado;

$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_n$ – Massa volúmicas de cada agregado;

▪ **Percentagens em massa e em volume de betume**

Em massa:

- p_b – Percentagem de betume (%) – Relação entre a massa do betume usado numa mistura betuminosa e a sua massa total;

Eq.27
$$p_b = 100 * (M_b/M_t) \text{ (%)}$$

- p_a – Percentagem do agregado (%) – Relação entre a massa do agregado usado numa mistura betuminosa e a sua massa total;

Eq.28
$$p_a = 100 * (M_a/M_t) \text{ (%)}$$

Em volume:

- vb – Percentagem de betume (%) – Relação entre o volume do betume usado numa mistura betuminosa e o seu volume total;

Eq.29
$$vb = 100 * (vb/vt) (%) (%)$$

- pa – Percentagem do agregado (%) – Relação entre o volume do agregado usado numa mistura betuminosa e o seu volume total;

Eq.30
$$va = 100 * (va/vt) (%) (%)$$

▪ **Teor de betume**

O teor de betume é a relação entre a massa do betume e a massa do agregado numa determinada mistura betuminosa

Eq.31
$$Tb = 100 * (Mb/Ma) (%) (%)$$

▪ **Massa volúmica “Máxima” (ou máxima teórica) da mistura**

A determinação da massa volúmica máxima de uma mistura betuminosa não é mais que considerar que a mistura não terá vazios na sua composição para a proporção dos materiais usados na mistura.

Esta grandeza pode ser obtida por procedimentos experimentais (método do picnómetro de vácuo – Norma ASTM D 2041), ou pela expressão:

Eq.32
$$Pmáx = 1 / (pb / (100 * \rho_b) + \sum (pi / (100 * \rho_i))) (g/cm^3)$$

▪ **Grandezas estabelecidas a partir das relações básicas**

Para além da grandeza massa volúmica máxima para uma mistura betuminosa compacta existem outras relacionadas entre si a massas e volumes dos diferentes componentes da mistura:

Eq.33
$$vb = (pb * \rho_t) / \rho_b (cm^3)$$

volume de betume da mistura

Eq.34
$$pb = tb / (100 + tb) * 100 (%)$$

Percentagem de betume;

Eq.35
$$Sbt = vb / VMA * 100 (%)$$

Percentagem de saturação de betume e quantifica o volume de vazios do esqueleto do agregado;

Eq.36
$$(VMA = vt - va) (\%)$$

Percentagem de vazios do esqueleto do agregado;

Eq.37
$$n = (\rho_{\text{máx}} - \rho_t) / \rho_{\text{máx}} * 100 (\%)$$

Porosidade, volume de vazios da mistura;

3.3.3.3 Tipo de misturas betuminosas a quente

▪ Macadame por penetração e por semi-penetração

Mistura composta por:

Granulometria – Construção de uma camada granular 20/40 ou 40/60. Esta camada fica aberta onde, por espalhamento se coloca um agregado de recobrimento mais fino de granulometria 4/10 ou 4/14 devidamente compactado com cilindro. Sendo a camada base do pavimento, sobre esta é colocada a camada de desgaste.;

Betume tipo 160/220 – Para rega a quente em profundidade, pode em alternativa ser usada emulsões betuminosas catiónicas de rotura rápida com aplicação em tempo frio ou de rotura média com aplicação em tempo quente.

Se o betume de rega de impregnação regar toda a profundidade da camada estamos **perante um macadame de penetração**;

Se o betume de rega de impregnação regar apenas metade da profundidade da camada estamos perante um **macadame de semi-penetração**;

Aplicação em:

- Em camadas base de regularização em vias rodoviárias com pequeno volume de tráfego.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 40%;

- Equivalente de areia > 40%;

- Absorção de água pelo agregado < 3%

▪ Macadame betuminoso

Mistura composta por:

Granulometria extensa composta por:

Fuso 1 – Para camadas de espessura inferior a 10 cm.

- 25 mm – 100%;

- 19 mm – 95-100%;
- 12,50 mm – 60-91%;
- 9.50 mm – 51-71%;
- 4.75 mm – 36-51%;
- 2,00 mm – 26-41%;
- 0,85 mm – 17-32%;
- 0,425 mm – 11-25%;
- 0,180 mm – 5-17%;
- 0,075 mm - 2-8%;

Fuso 2 – Para camadas superiores a 10 com.

- 37,50 mm – 100%;
- 25 mm – 87-100%;
- 19 mm – 68-92%;
- 12,50 mm – 60-80%;
- 9.50 mm – 50-70%;
- 4.75 mm – 37-53%;
- 2,00 mm – 26-41%;
- 0,85 mm – 17-32%;
- 0,425 mm – 11-25%;
- 0,180 mm – 5-17%;
- 0,075 mm - 2-8%;

Aplicação em:

- Em camadas base de regularização em vias rodoviárias com pequeno volume de tráfego.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 40%;
- Índices de lamelação e alongamento <30%;
- Equivalente de areia> 50%;
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm < 0,80

- Absorção de água pelo agregado < 3%
- Porosidade4 e 8 %

Betume

- Teor de betume 4 e 5 %

▪ **Mistura betuminosa densa**

Mistura composta por:

Granulometria

- 25 mm – 100%;
- 19 mm – 85-100%;
- 12,50 mm – 73-87%;
- 4.75 mm – 45-60%;
- 2,00 mm – 32-46%;
- 0,425 mm – 16-27%;
- 0,180 mm – 9-18%;
- 0,075 mm - 5-10%;

Betume

- Teor de betume 5 %

Aplicação em:

- Em camadas base de regularização.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 35%;
- Índices de lamelação e alongamento <30%;
- Equivalente de areia > 50%;
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm < 0,80;
- Absorção de água pelo agregado < 3%;
- Porosidade 3 e 5 %
- VMA 13%

▪ **Misturas de alto módulo de deformabilidade**

Mistura composta por:

Granulometria extensa

Aplicação de inertes 0/10 e 0/14 em misturas de desgaste e 0/20 em misturas base.

Fuso granulométrico para camadas base

- 25 mm – 100%;
- 19 mm – 90-100%;
- 12,50 mm – 70-90%;
- 9.50 mm – 60-80%;
- 4.75 mm – 44-62%;
- 2,36 mm – 30-44%;
- 0,85 mm – 16-30%;
- 0,425 mm – 10-21%;
- 0,180 mm – 7-14%;
- 0,075 mm - 6-10%;

Fuso granulométrico para camadas de regularização ou reperfilamento

- 19 mm – 100%;
- 16 mm – 90-100%;
- 12,50 mm – 80-95%;
- 9.50 mm – 62-82%;
- 4.75 mm – 42-60%;
- 2,36 mm – 30-44%;
- 0,85 mm – 16-30%;
- 0,425 mm – 10-21%;
- 0,180 mm – 7-14%;
- 0,075 mm - 6-10%;

Fuso granulométrico para camadas de desgaste

- 16 mm – 100%;
- 12,50 mm – 90-100%;
- 9.50 mm – 70-85%;
- 4.75 mm – 44-62%;

- 2,36 mm – 30-44%;
- 0,85 mm – 16-30%;
- 0,425 mm – 10-21%;
- 0,180 mm – 7-14%;
- 0,075 mm - 6-10%;

Betume

Betumes de maior dureza tipo 10/20 5% (desgaste 5,3 % mínimo)

Aplicação em:

- Em camadas estruturais de base, regularização e desgaste. Tem melhor comportamento que as misturas anteriores devido à utilização em mais 5% de betumes duros (exemplo 10/20), menos suscetível à deformabilidade à temperatura.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 35% (desgaste <20%);
- Índices de lamelação e alongamento <30% (desgaste <25%);
- Equivalente de areia > 50% (desgaste >60%);
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm < 0,80;
- Absorção de água pelo agregado < 3% (desgaste <2%);
- Porosidade 3 e 5 % (desgaste 2 a 6%);
- VMA 13%;
- Coeficiente de polímero acelerado > 0,50;
- Resistência conservada mínima 70% (em desgaste);

▪ **Betão betuminoso**

Mistura composta por:

Granulometria

Agregados da mistura com dimensão máxima 10 a 14mm de material britado (100%) e com fuso granulométrico de:

- 16 mm – 100%;
- 12,50 mm – 80-88%;
- 9.50 mm – 66-76%;
- 4.75 mm – 43-55%;
- 2,00 mm – 25-40%;
- 0,425 mm – 10-18%;

- 0,180 mm – 7-13%;
- 0,075 mm - 5-9%;

Betume

Teor de betume 5 a 6%, por norma do tipo 50/70;

Aplicação em:

- Em camadas base de desgaste como mistura fechada e resistente.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 20% (pode ir a 30% se for granito);
- Índices de lamelação e alongamento < 25%;
- Equivalente de areia > 60%;
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm < 0,80;
- Absorção de água pelo agregado < 2%;
- Porosidade 3 e 6 %;
- VMA 13%;
- Coeficiente de polímero acelerado > 0,50;
- Resistência conservada mínima 70%;

▪ **Betão betuminoso drenante**

Mistura composta por:

Granulometria

Agregados da mistura descontínua com dimensão máxima 14mm de material britado (100%) e com fuso granulométrico de:

- 19 mm – 100%;
- 12,50 mm – 80-100%;
- 9.50 mm – 50-80%;
- 4.75 mm – 15-30%;
- 2,00 mm – 10-22%;
- 0,425 mm – 10-18%;
- 0,850 mm – 6-13%;
- 0,075 mm - 3-6%;

Betume

- Betume drenante, modificado por polímeros adequados, com penetração entre 55 a 100 décimas de milímetro e uma temperatura de amolecimento não inferior a 60.°C. Este tipo de mistura drenante permite ainda reduzir o ruído do rolamento dos pneus no pavimento entre 3 a 4 db em condições secas e 7 a 8 db em condições de atrito molhado.

Aplicação em:

- Em camadas base de desgaste drenante com cerca de 4 cm de espessura com mistura aberta.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste	< 20% (26% de o agregado for granito);
- Índices de lamelação e alongamento	< 15%;
- Equivalente de areia	> 60%;
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm	< 0,80;
- Absorção de água pelo agregado	< 2%;
- Porosidade	22 a 30 %;
- VMA	13%;
- Coeficiente de polímero acelerado	> 0,50;
- Resistência conservada mínima	70%;

▪ Micro-betão betuminoso rugoso

Mistura composta por:

Granulometria

Agregados com 100% de material britado com mistura de frações 0/2 e 6/10, resultando uma granulometria 0/10 com descontinuidade na fração 2/6 e com fuso granulométrico de:

- 12,50 mm – 100%;
- 9.50 mm – 80-100%;
- 4.75 mm – 30-42%;
- 2,00 mm – 22-32%;
- 0850 mm – 15-26%;
- 0,425 mm – 12-24%;
- 0,180 mm – 9-18%;
- 0,075 mm - 7-12%;

Betume

Ligante modificado polímero, em geral elastômeros.

Aplicação em:

- Em camadas de desgaste delgada com cerca de 2,5 a 3,5 cm de espessura, normalmente usada com camada de tratamento superficial por ter características estruturais.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 20% (26% de o agregado for granito);
- Índices de lamelação e alongamento < 15%;
- Equivalente de areia > 60%;
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm < 0,80;
- Absorção de água pelo agregado < 2%;
- Porosidade 3 a 6 %;
- VMA 13%;
- Coeficiente de polímero acelerado > 0,50;
- Resistência conservada mínima 80%;

▪ Argamassa betuminosa

Mistura composta por:

Granulometria

Fuso granulométrico para composição de camada de regularização:

- 9.50 mm – 100%;
- 4.75 mm – 95-100%;
- 2,00 mm – 70-85%;
- 0,425 mm – 25-40%;
- 0,180 mm – 12-20%;
- 0,075 mm - 7-10%;

Betume

Ligante modificado com função para retardar a propagação do desenvolvimento de fendilhação.

Aplicação em:

- Em camadas de regularização com espessuras variáveis entre de 2cm a 4,0 cm de espessura, normalmente usada como camada de tratamento superficial de regularização da superfície de um pavimento existente de vias de tráfego leve ou de tratamento de zonas de pavimento com fissuração. Não tem características estruturais.

Características técnicas a verificar:

- Los Angeles – Perda por desgaste < 35%
- Índices de lamelação e alongamento < 30%;
- Equivalente de areia (sem adição de filler) > 50%;
- Azul de metileno para material inferior a 0,075mm < 0,80;
- Absorção de água pelo agregado < 2%;
- Porosidade 3 a 6 %;
- VMA 13%;
- Coeficiente de polímero acelerado > 0,50;
- Resistência conservada mínima 80;

3.3.3.4 Misturas betuminosas a frio

As misturas a frio são fabricadas na central, espalhadas e compactadas em obra a frio em vias rodoviárias de baixo fluxo rodoviário em camadas que não são de desgaste. A mistura é composta por agregado britado, ligada por uma emulsão betuminosa, água e aditivos de forma que todas as partículas ficam envolvidas, a ponto de rotura dá-se com a separação da água por processo químico e por evaporação.

▪ **Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa**

Mistura composta por:

- Agregado de granulometria 0/20;
- Emulsão catiónicas de rotura lenta ECL-1 h ou emulsões aniónicas de rotura lenta, EAL-1 h.

Aplicação em:

- Camadas de regularização em vias de tráfego reduzido.

Características técnicas a verificar:

- Análise granulométrica - Granulometria extensa;
- Los Angeles – Perda por desgaste < 40%;
- Equivalente de Areia - > 40%;
- Absorção de água pelo agregado < 3%

- **Mistura betuminosa aberta a frio**
- **Mistura composta em função da espessura de camada a construir:**
 - Agregados de granulometria 2/10, 2/14 e 2/20;
 - Emulsão catiónicas de rotura média ECM-2 ou emulsões aniónicas de rotura média, EAM-1.
- **Aplicação em:**
 - Camadas de regularização em vias de tráfego reduzido.
- **Características técnicas a verificar:**
 - Análise granulométrica - Granulometria extensa ou de granulometria aberta;
 - Los Angeles – Perda por desgaste < 35%;
 - Equivalente de Areia - > 40%;
 - Absorção de água pelo agregado < 3%.

3.4 TECNOLOGIA DE PAVIMENTAÇÃO

A tecnologia da pavimentação engloba técnicas projetadas e de construção, materiais, o fabrico a colocação e o controlo de qualidade das misturas betuminosas a quente, a frio e de betão hidráulico. Considera também o tratamento das superfícies de rolamento dos pavimentos, soluções técnicas e sua aplicação, materiais e controlo de qualidade.

3.4.1 Características superficiais dos pavimentos

As superfícies de rolamento dos pavimentos de vias rodoviárias devem garantir aos seus utilizadores, segurança e conforto. Estas características estão diretamente ligadas a:

- A aderência do pavimento ao pneu principalmente em condições climatéricas adversas (molhadas);
- A aderência está ligada à rugosidade da superfície do pavimento;
- Maior rugosidade corresponde a maior atrito por aumentar a área de contato com o pneu, melhores condições de drenagem da água superficial evitando cenários de aquaplanagem (esta característica será complementada com a inclinação dos perfis transversal e longitudinal);
- Redução de emissão sonora ao rolamento dos pneus com o pavimento.

As características de aderência associadas à rugosidade do pavimento está ligada à composição da mistura betuminosa da camada de desgaste.

3.4.2 Colocação em obra de misturas betuminosas a quente

O betão é fabricado em central de misturas betuminosas de produtos betuminosos e controlo de qualidade do processo e do produto – Processo de fabrico descrito no Capítulo 4 do presente Relatório.

A colocação da mistura betuminosa a quente em obra segue os seguintes passos:

- **Preparação da superfície que recebe a mistura**

A preparação da superfície de suporte das camadas betuminosas inicia-se com o desempenho da plataforma e regularização e estabilização do agregado, nestes trabalhos recorre-se na fase de desempenho da camada granular a niveladoras e posteriormente ao cilindro para estabilizar o agregado. Após o trabalho de regularização da camada de apoio efetua-se uma rega de impregnação com uma emulsão betuminosa catiónica ou aniónica em função das condições climatéricas e da natureza do agregado.

Caso se trate da construção de uma camada betuminosa sobre outra camada betuminosa, efetua-se a limpeza da camada base por varrimento e aplica-se uma rega de colagem com uma emulsão betuminosa catiónica ou aniónica em função das condições climatéricas e da natureza do agregado.

- **Transporte da mistura betuminosa para obra**

O transporte da mistura da central é feito por viaturas pesadas de caixa aberta metálica, estanque e tapada com lona. Com regra, a central de fabrico não deve estar muito longe da obra, de modo que, a temperatura de aplicação se mantenha próxima da temperatura normal de fabrico na ordem dos 150.º a 180.º. Por vezes surge o erro de aumentar a temperatura normal de fabrico (risco de queima do betume) para que a temperatura de aplicação em obra da mistura seja a correta.

- **Espalhamento da mistura**

O veículo que transporta a mistura deposita na caixa da pavimentadora e esta por sua vez espalha as massas de forma homogénea, com uma pré-compactação, com espessura e largura da camada que se pretende, mantendo a temperatura de fabrico da mistura.

- **Compactação da mistura**

Para que a camada fique com a densidade que pretendemos procede-se à sua compactação, numa primeira fase, recorre-se ao cilindro de pneus e em seguida com ao cilindro de rolos de rasto liso.

3.4.3 Tratamentos superficiais dos pavimentos em obra

Ao longo dos anos de uso de pavimentos betuminoso em vias rodoviárias surgem patologias estruturais e desgaste nas superfícies das camadas de desgaste, por ação do tráfego e das condições climatéricas.

Após a construção das vias rodoviárias as entidades gestoras iniciam o processo da sua conservação mantendo as características do pavimento pelo período mais longo possível. No entanto, pela degradação natural dos materiais surgem as patologias associadas ao desgaste surgem e a necessidade de reabilitar. Por norma, os recursos financeiros disponíveis pela entidade gestora ditam, o tempo de intervenção da reabilitação, por vezes, a escolha da solução técnica a adotar.

Nos processos de reabilitação das superfícies dos pavimentos de vias rodoviárias opta-se pelas seguintes soluções técnicas. Aplicação de:

- Revestimento betuminoso
- Micro-Aglomerado betuminoso
- Lama asfáltica (Slurry Seal)
- Microbetão betuminoso rugoso

Os referidos revestimentos são camadas betuminosas de desgaste de baixa espessura colocadas sobre camadas resistentes betuminosas ou de betão hidráulico.

Tratam-se de soluções económicas que conferem à superfície do pavimento rodoviário, homogeneidade da superfície de rolamento, maior impermeabilização, aderência e escoamento da água superficial.

A aplicação dos referidos revestimentos superficiais deve seguir os seguintes passos:

- Estudo da solução que melhor se adapta ao tratamento da superfície do pavimento a reabilitar, em função do tráfego da via, do estado físico do suporte e da exposição solar;
- Preparação do suporte, homogeneizar o estado do suporte, corrigir zonas de fendilhação excessiva, corrigir assentamentos estruturais, sobrelevações do pavimento base de suporte, etc.
- Efetua-se a limpeza de materiais soltos sobre o pavimento de suporte por varrimento;
- Aplicação do revestimento adequado. Segue em grosso modo os procedimentos de aplicação das misturas betuminosas;
- Efetua-se nova limpeza aos materiais granulares soltos sobre o pavimento de suporte por varredoura aspiradora;

3.5 DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

3.5.1 Princípios gerais

O dimensionamento de estruturas de engenharia civil, na qual, se inclui os pavimentos rodoviários, implica:

- Conhecimento das ações;
- Adotar um tipo estrutura que, pelo conhecimento científico e experimental, melhor possa garantir a realização da “tarefa” que pretendemos e de igual garantir o suporte das ações;
- Analisar o comportamento da estrutura pelo conhecimento das características mecânicas dos materiais e pelo modelo de comportamento;
- Comparar os valores das tensões e extensões obtidas na análise estrutural com aqueles que constituem o limite dos materiais que podem resistir em condições de segurança;
- Ajustar a estrutura adotada nas suas dimensões e materiais de outras características mecânicas até garantir um dimensionamento dentro dos valores normativos de segurança.

O dimensionamento de pavimentos rodoviários assume um grau de dificuldade na determinação de:

- Ações de cálculo;
- Condições climáticas pela influência direta que tem no comportamento dos materiais de construção dos pavimentos;
- Formulação de um modelo de dimensionamento adequado;
- Caracterização mecânica dos materiais principalmente os da fundação.

3.5.2 Modelos genéricos de comportamento dos materiais

Os materiais com as suas características mecânicas quando submetidos a esforços externos tem comportamento (tensões/extensões):

- Linear;
- Não-linear;
- Viscoso;
- Viscoelástico;
- Visco-elasto-plástico.

Em regra, os materiais de construção dos pavimentos rodoviários têm comportamento não-linear traduzidos por conjugação de modelos físicos simples. Assim, para:

- **Material com comportamento elástico linear e elástico não linear (lei de Hooke)**

Eq.38
$$\sigma = E * \varepsilon$$

Sendo, σ – tensão F/A (F=força aplicada e A= área da seção); ε - extensão d/l (deslocação e l comprimento); E – módulo de elasticidade, traduz a proporcionalidade entre a tensão e extensão.

- **Material com comportamento viscoso (lei de Newton)**

A tensão é proporcional à variação no tempo da extensão (comportamento das misturas betuminosas de modo aproximado), ou seja:

Eq.39
$$\sigma = \delta\varepsilon/\delta t$$

Sendo, σ – tensão; $\delta\varepsilon$ - variação da extensão; δt – variação do tempo;

Eq.40
$$\varepsilon = \sigma * t / \eta$$

Sendo, ε - extensão; σ – tensão; t – tempo; η – viscosidade ou módulo de viscosidade;

- **Material com comportamento viscoelástico (modelo de Maxwell)**

Eq.41
$$\varepsilon = (\sigma/EM) * (1+t/TM)$$

Sendo, M – índice que indica o modelo de Maxwell; ε - extensão; σ – tensão; t – tempo; ηM – viscosidade ou módulo de viscosidade; EM – Módulo de elasticidade de Maxwell;

Material com comportamento viscoelástico (modelo de Kelvin)

Eq.42
$$\varepsilon = (\sigma/Ek) * (1-e^{(-t/Tk)})$$

Sendo, K – índice que indica o modelo de Kelvin; ε - extensão; σ – tensão; t – tempo; ηk – viscosidade ou módulo de viscosidade; Ek – Módulo de elasticidade de Kelvin;

- **Material com comportamento viscoelástico (modelo de Burgers)**

O modelo de Burgers explica melhor o comportamento genérico o efeito da duração da aplicação da carga num pavimento flexível, onde, o comportamento do pavimento se deve ao comportamento das misturas betuminosas. Isto porque:

- A aplicação de uma carga instantânea resulta numa extensão instantânea e a extensão elástica em atraso e a extensão visco é desprezável;

- A repetição sucessiva de cargas instantâneas, resulta numa acumulação de tensão viscosa (viscoelástica) e a deformação das camadas betuminosas.

3.5.2.1 Caracterização mecânica dos materiais para dimensionamento empírico-mecanicista de pavimentos flexíveis

Os pavimentos rodoviários flexíveis em regra são construídos por várias camadas de materiais diferentes desde a fundação até à camada betuminosa de desgaste. A cada um destas camadas corresponde um material da mesma natureza, no entanto, apesar de tratar do mesmo material a sua composição não é homogénea ao longo da estrutura do pavimento.

Quando falamos de dimensionamento da estrutura de um pavimento rodoviário flexível temos que considerar as características “elásticas” (módulo de deformabilidade e Coeficiente de Poisson) de cada uma destas camadas com um dado tipo de material “homogéneo”.

3.5.2.2 Fundação

De modo previsionial o módulo de deformabilidade de um solo de fundação (E_f) é obtido pela expressão:

$$\text{Eq.43} \quad E_f = 5 \text{ a } 6 * \text{CBR} \quad (\text{Mpa})$$

Coeficiente de Poisson = 0,35 a 0,45

Para um CBR de um solo de fundação entre 2 a 12% (Powell):

$$\text{Eq.44} \quad E_f = 17,6 * \text{CBR}^{0,64} \quad (\text{Mpa})$$

Coeficiente de Poisson = 0,35 a 0,45

3.5.2.3 Materiais granulares

Quando sobre a fundação do pavimento são construídas duas camadas granulares não aglutinadas sub-base e base onde, a espessura destas camadas em conjunto é muito superior às camadas betuminosas (quando a soma das espessuras das camadas betuminosas é inferior a 15 cm), considera-se que estas camadas têm comportamento linear-elástico.

Nestas condições, o cálculo do módulo de deformabilidade das camadas granulares (E_g) pode-se determinar por um método empírico-mecanicista com uma aproximação razoável:

$$\text{Eq.45} \quad E_g = k * E_f \quad (\text{Mpa})$$

Sendo, $k = 0,20 * h_g^{0,45}$, onde h_g é a altura das duas camadas granulares em (mm).

Fazendo uma análise à expressão podemos dizer quanto mais rígida for a fundação, ou seja, quando maior for o módulo de deformabilidade da fundação (E_f), maior será também a rigidez das camadas granulares e o seu módulo de deformabilidade (E_f), não resistindo estas à flexão.

Segundo Claessen, o (k) não deve ser inferior a 1,5 porque as camadas granulares não são suficientemente mais resistentes que a fundação, nem superior a 4, porque se demonstrou que na prática muito dificilmente se consegue admitir uma resistência das camadas granulares quatro vezes superior à fundação.

O coeficiente de Poisson para camadas granulares pode-se adotar entre 0,30 e 0,40 (Quaresma e Brown).

3.5.2.4 Materiais betuminosos (misturas betuminosas)

Para misturas betuminosas compostas por um determinado agregado e por um determinado betume, o comportamento tensão-deformação depende em primeiro lugar da sua composição, da temperatura a que se encontra e pelo tempo de carregamento (tempo que a carga demora a atuar). Percebe-se que a característica mais condicionante será o módulo de deformabilidade (E_m) e o Coeficiente de Poisson é pouco relevante, Quaresma nas análises efetuadas aos materiais usados no nosso país chegou ao valor $\nu = 0,35$.

O módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (E_m) obtém-se por realização de ensaio de laboratório aplicando num provete prismático a temperatura constante uma tensão repetida com frequência f ao longo de um tempo t .

Eq.46
$$\sigma = \sigma_0 * \text{sen}(\omega * t)$$

sendo, σ_0 a amplitude de tensão aplicada no decorrer do período $\omega = 2 * \pi * f$, durante um período t .

Eq.47
$$\epsilon(t) = \epsilon_0 * \text{sen}(\omega * t - \phi)$$

sendo, ϵ_0 a extensão para a σ_0 , ϵ é a extensão sinusoidal $\epsilon(t)$, com o mesmo período e frequência, mas atrasada em relação à tensão $\sigma(t)$ do ângulo fase ϕ .

O ângulo fase significa, se ϕ é próximo de nulo a mistura tem comportamento elástico, se ϕ é próximo de 90° a mistura tem comportamento viscoso.

A condição de realização dos ensaios de cargas repetidas é válida no domínio de pequenas deformações onde o comportamento é próximo do linear, logo módulo complexo da mistura betuminosa é

Eq.48
$$E_{\text{comp}} = (\sigma_0 / \epsilon_0) * e^{i * \phi} \text{ (Mpa)}$$

Para várias combinações de realização dos ensaios, pode afirma-se que o módulo de deformabilidade corresponde ao valor absoluto do módulo complexo:

Eq.49
$$E_m = (\sigma_0 / \epsilon_0) \text{ (Mpa)}$$

Pode-se concluir de modo aproximado que, o módulo de deformabilidade em misturas betuminosas a forma como o material faz a degradação das cargas aplicadas (relação tensão/deformação) e traduzir a influência da temperatura no carregamento.

Métodos de dimensionamento empírico-mecanicistas das misturas betuminosas

Por formulas de previsão de módulos de deformabilidade (E_m) para misturas betuminosas, obtidas por regressão dos resultados obtidos em laboratório no ensaio de cargas repetidas, permite o cálculo dos módulos de deformabilidade de forma simples.

Para o cálculo do módulo de deformabilidade (E_m) pelas fórmulas de previsão usa-se o conceito de rigidez do betume (S_b) introduzido por Van der Poel em 1954 e Claessen em 1977. Este conceito de rigidez do betume define o (S_b), a relação tensão/deformação, sob determinadas condições de temperatura e de tempo de carregamento. A rigidez do betume obtém-se por:

- **Pelo Ábaco de Van der Poel adaptado por Picado em 1995;**
- **Para casos práticos pode usar-se a expressão de Ullidtz e Peattie (Kennedy, 1995):**

$$\text{Eq.50} \quad \boxed{S_b = 1,157 * 10^{-7} * t_c^{-0,308} * 2.718^{-IPen} * (Tab-T)^5} \text{ (Mpa)}$$

Sendo,

- S_b = Rigidez do betume (Mpa)
- t_c = Tempo de carregamento (s)
- Tab = Temperatura de amolecimento ($^{\circ}C$), obtida pelo ensaio de anel e bola
- T = Temperatura que se encontra o material
- $IPen$ = Índice de penetração do betume, pode obter-se:

- **Pela expressão de Pfeiffer e Van Dormal, válida para as seguintes condições:**

- $20^{\circ}C < (Tab - T) < 60^{\circ}C$;
- $0,01 < t < 0,10$ s;
- $-1 < IPen < 1$.

$$\text{Eq.51} \quad \boxed{IPen = ((20 * Tab + 500 * \log(\text{pen } 25) - 1951,55) / (Tab * 50 * \log(\text{pen } 25) + 120,15))}$$

Sendo: Pen_{25} = penetração de 10^{-1} mm do betume a $25^{\circ}C$, medida empírica da viscosidade do betume.

- **Pelo Ábaco de Van der Poel:**

Quando se usa o Ábaco de Van der Poel no dimensionamento empírico-mecanicista dos pavimentos rodoviários flexíveis que a condição de dimensionamento deve corresponder às condições de serviço, depois do tempo de fabrico, da colocação em obra e do seu envelhecimento em serviço. Nestas condições pode-se considerar:

$$\text{Eq.52} \quad \boxed{Pen_{25t} = 0,65 * \text{pen } 25}$$

$$\text{Eq.53} \quad \boxed{Tab_r = 99,13 - 26,35 * \log(\text{pen } 25t)}$$

$$\text{Eq.54} \quad \boxed{t_c = 1/vt}$$

Sendo vt , a velocidade média da corrente do tráfego pesado em km/h, normalmente usa-se 50 km/h, o que, corresponde a $t_c = 0,02s$, corresponde à velocidade normal do tráfego normal.

- $t_c = 0,10s$ a $1s$ para tráfego no “pára e arranca” (UN,1986);

- $t_c = 1$ minuto a 10 horas em estacionamentos.

Métodos empíricos-mecanicistas para determinação do módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (E_m)

▪ **Método empírico-mecanicista da Shell (Boannaure 1977)**

Para Rigidez do betume (S_b) entre 5 e 1000 Mpa

Eq.55 $E_m = 10^A$ (Mpa)

$$A = ((S_{89} + S_{68}) / 2) * (\log S_b - 8) + ((S_{89} - S_{68}) / 2) * (\log S_b - 8) + S_{m108}$$

Para Rigidez do betume (S_b) entre 1000 e 3000 Mpa

Eq.56 $E_m = 10^B$ (Mpa)

$$B = (S_{m3109} - S_{m108} - S_{89}) * ((\log S_b - 9) / \log 3) + S_{m108} + S_{89}$$

Sendo as variáveis das duas expressões:

$$S_{89} = 1,12 * ((S_{m3109} - S_{m108}) / \log 30)$$

$$S_{68} = 0,60 * \log ((1,37 * V_b^2 - 1) / (1,33 * V_b - 1))$$

$$S_{m3109} = 10,82 - ((1,342 * (100 - V_a)) / (V_a + V_b))$$

$$S_{m108} = 8 + 5,68 * 10^{-3} * V_a + 2,135 * 10^{-4} * V_a^2$$

V_a – cociente do volume do agregado pelo volume total a mistura (%), ou percentagem volumétrica do agregado na mistura.

V_b – cociente do volume do betume pelo volume total a mistura (%), ou percentagem volumétrica do betume na mistura.

E_m – módulo de deformabilidade da mistura em (Pa).

S_b – rigidez do betume (Pa).

- Relação encontrada pela experiência de Shell 1977 e por Picado 1993 do módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (E_m) e a rigidez do betume (S_b), quando estas estão abaixo de 5 Mpa

Determinação do módulo de deformabilidade (E_m) para valores de rigidez do betume $S_b < 10$ Mpa

Pela fórmula. $E_m = 10^A$

Pelo Ábaco de dimensionamento de Shell 1977, adaptado por Picado-Santos 1995

- Para rigidez do betume superior a 5 Mpa (Brown, 1995), o módulo de deformabilidade pode ser obtido pela expressão

Eq.57
$$E_m = S_b * (1 + (257,5 - 2,5 * VMA) / (n * (VMA - 3)))^n \text{ (Mpa)}$$

Sendo, E_m – módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (Mpa)

$n = 0,83 * \log(4,10^4 / S_b)$

S_b – rigidez do betume (Mpa)

VMA – volume de vazios (%) no esqueleto do agregado da mistura, deve o seu valor estar entre 12% e 30%.

3.5.3 Critérios de ruína de pavimentos flexíveis

Os critérios de ruína são situações limite considerados no dimensionamento pelos métodos empírico-mecanicistas, embora, o estudo desta matéria não se considere muito consolidados no dimensionamento de pavimentos rodoviários.

Consideramos os dois estados limites de ruína mais importantes em pavimentos rodoviários flexíveis, a fadiga e a deformação permanente das camadas do pavimento.

- O estado limite de fadiga está associado ao fendilhamento excessivo das camadas ligadas por força das tensões de tração excessivas, controlado pelas extensões radiais de tração (ϵ_t) na base das camadas betuminosas (por norma zonas mais tracionadas);
- A caracterização por fadiga são usados ensaios acelerados à escala real que traduzem o comportamento próximo do real, com carregamentos repetidos a gerarem esforços de flexão e tração.
- O estado limite de deformação permanente está associado ao assentamento excessivo ligado a estado de tensão de compressão limite da fundação do pavimento, controlado pela extensão vertical de compressão (ϵ_{dp}) no topo do solo de fundação.
- A previsão das leis de comportamento ou de dimensão da rodeira (expressão de assentamento à superfície) faz com ensaios à escala real em estrada ou em laboratório com a realização de ensaios de simulação dinâmica de tráfego, ou de corte em altura.

Estabelecimento da resistência à fadiga e à deformação permanente em pavimentos flexíveis pelas leis adotadas pelo método empírico-mecanicista de Nottingham (baseado em anteriores trabalhos de Brown 1987) e pelo método empírico-mecanicista da Shell (baseado em Claessen 1977 e Gerritsen 1977).

Critério de ruína por fadiga – Método empírico-mecanicista de Nottingham

- A relação entre a extensão radial ϵ_t e a vida útil N80, com a seguinte expressão:

Eq.58
$$\text{Log } \epsilon_t = (14,38 * \text{log} V_b + 24,2 * \text{log} T_{ab} - c - \text{log} N80) / (5,13 * \text{log} V_b + 8,63 * \text{log} T_{ab})$$

ϵ_t – Extensão radial em micro-unidades (10^{-6})

N80 – número de eixos padrão a 80 kn (em milhões x 10^6)

c – 46,82, para N provocando estado crítico;

c – 46,06, para N provocando estado ruína;

V_b – Percentagem de volume de betume no volume total

T_{ab} – Temperatura de amolecimento pelo método do anel e bola

Segundo Brunton, 1987, são admitidas duas hipóteses para o estado limite de ruína do pavimento em fim de vida útil:

1.º hipótese: Estado de ruína para condições inglesas

- 20 mm de profundidade de assentamento da rodeira ou fendilhamento no rasto das rodas. Uma vez atingido este estado o pavimento não é recuperável tem que ser substituído no seu todo. Este estado corresponde a uma probabilidade de 50% a 60% (Brown 1985), isto é, 50% a 60% do pavimento tem comportamento de acordo com o previsto em dimensionamento;

2.º hipótese: Estado de ruína para condições inglesas

- 10 mm de profundidade de assentamento da rodeira ou fendilhamento no rasto das rodas. Deterioração do pavimento começa a acelerar, representa a última hipótese para recuperação da estrutura. A adoção deste critério corresponde á probabilidade de 85% do pavimento não necessitar de reforço antes da vida útil (Brown 1985).

Critério de ruína por fadiga – Método empírico-mecanicista da Shell

A relação entre o estado de extensão radial (ϵ_t) e a vida útil N80 é expressa por:

Eq.59
$$\epsilon_t = (0,856 * V_b + 1,08) * E_m^{-0,36} * N80^{-0,2}$$

ϵ_t – extensão radial (adimensional)

N80 – número de eixos padrão a 80 KN

V_b – percentagem volumétrica de betume no volume total

E_m – módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (em pa)

Segundo a Shell (Claessen 1977), deverão ser feitos os seguintes ajustamentos:

- A estruturação lateral do tráfego: a vida útil a multiplicar por 2,5
- Tempo de recuperação da deformação/carregamento não continuado:

- Misturas densas com teor de betume multiplicar a vida útil por 10;

- Misturas abertas e pobres em betume multiplicar a vida útil por 1,25

- Efeito dos gradientes de temperatura: deve dividir-se a vida útil por 2 no caso de temperaturas altas ou de camadas betuminosas espessas.

Critério de ruína por deformação permanente – Método empírico-mecanicista de Nottingham

A relação entre a extensão vertical de compressão (ϵ_{dp}) no topo do solo de fundação e a vida útil é dada por:

Eq.60

$$\epsilon_{dp} = A / (N80/fr) ^{cl}$$

ϵ_{dp} – Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação em microunidades (10^{-6})

N80 – Provocando o estado de ruína

fr – Fator de indução de assentamento depende do tipo de mistura betuminosa

A – Constante igual a 250 para N80 provocado pelo estado crítico e igual a 451,29 para N80 provocando estado de ruína;

cl – Constante igual a 0,27 para N80 provocando o estado crítico e igual a 0,28 para N80 provocando o estado de ruína.

Em Portugal para a camada de pavimento determinante em cada pavimento. fr = 1,0 para a camada desgaste de mistura betuminosa densa e fr=1,56 para a camada base de mistura betuminosa.

Critério de ruína por deformação permanente – Método empírico-mecanicista da Shell

A relação entre a extensão vertical de compressão (ϵ_{dp}) no topo do solo de fundação e a vida útil é dada por:

Eq.61

$$\epsilon_{dp} = K_s * N80 ^{-0,25}$$

ϵ_{dp} – Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação (adimensional)

N80 – Número de eixos padrão com 80 KN

K_s – Parâmetro que depende da probabilidade de sobrevivência atribuída no âmbito do dimensionamento:

- $2,80 * 10^{-2}$ para 50% probabilidade de sobrevivência;

- $2,10 * 10^{-2}$ para 85% probabilidade de sobrevivência;

- $1,80 * 10^{-2}$ para 95% probabilidade de sobrevivência;

3.5.4 Orgânica do dimensionamento Empírico-mecanicista dos pavimentos flexíveis

Descreve-se sucintamente o método de dimensionamento Empírico-mecanicista dos pavimentos flexíveis:

- Definir a estrutura do pré-dimensionamento
 - Definir espessuras das camadas da estrutura do pavimento;
 - Materiais de cada uma destas camadas;
 - Para cada uma das misturas betuminosas definir, tipo de betume, percentagem de betume na mistura, natureza do agregado, granulometria do agregado, percentagem volumétrica do agregado V_a , volume de vazios do agregado VMA, índice de penetração do betume a 25°C (pen 25), temperatura de amolecimento de anel e bola (TAB);
 - Camada de desgaste de betão betuminoso com 5 cm de espessura para tráfego leve, classe T5 e T6 ou inferiores e 6cm de espessura para tráfego intenso, classes T2 e T1 ou superiores (MACOPAV);
 - Camada base ou de regularização, depende da espessura, em mistura betuminosa densa ou macadame betuminoso;
 - Camada sub-base por uma ou duas camadas granulares de agregado britado de granulometria extensa, geral de espessuras de 20cm (40 cm no caso de duas camadas)
 - Esta estrutura assenta em cima do solo de fundação ou caso exista a necessidade em cima do leito do pavimento com características de solo melhoradas.
- Definir o número de eixos-padrão (N_p) que vai solicitar o pavimento rodoviário flexível novo no tempo de vida de 20 anos e a temperatura de serviço;

Cálculo da rigidez do betume pela expressão:

- Pela expressão de Pfeiffer e Van Dormal, válida para as seguintes condições:

$$20^\circ \text{C} < (T_{ab} - T) < 60^\circ \text{C};$$

$$0,01 < t < 0,10 \text{ s};$$

$$-1 < IPen < 1.$$

Eq.62
$$IPen = ((20 * T_{ab} + 500 * \log (\text{pen } 25) - 1951,55) / (T_{ab} 50 * \log (\text{pen}25) + 120,15))$$

- Velocidade de corrente de tráfego pesado de:
 - . Tráfego intenso – 40 km/h;
 - . Tráfego médio – 50 km/h;
 - . Tráfego reduzido – 60 km/h;
- Cálculo do módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (E_m), recorrendo às expressões, usando o coeficiente de Poisson de 0,35:

Método empírico-mecanicista da Shell (Boannaure 1977)

Para Rigidez do betume (Sb) entre 5 e 1000 Mpa

Eq.63
$$E_m = 10^A \text{ (Mpa)}$$
$$A = ((S_{89} + S_{68}) / 2) * (\log S_b - 8) + ((S_{89} - S_{68}) / 2) * (\log S_b - 8) + S_{m108}$$

Para Rigidez do betume (Sb) entre 1000 e 3000 Mpa

Eq.64
$$E_m = 10^B \text{ (Mpa)}$$
$$B = (S_{m3109} - S_{m108} - S_{89}) * ((\log S_b - 9) / \log 3) + S_{m108} + S_{89}$$

Sendo as variáveis das duas expressões:

$$S_{89} = 1,12 * ((S_{m3109} - S_{m108}) / \log 30)$$

$$S_{68} = 0,60 * \log ((1,37 * V_b^2 - 1) / (1,33 * V_b - 1))$$

$$S_{m3109} = 10,82 - ((1,342 * (100 - V_a)) / (V_a + V_b))$$

$$S_{m108} = 8 + 5,68 * 10^{-3} * V_a + 2,135 * 10^{-4} * V_a^2$$

V_a – cociente do volume do agregado pelo volume total a mistura (%), ou percentagem volumétrica do agregado na mistura.

V_b – cociente do volume do betume pelo volume total a mistura (%), ou percentagem volumétrica do betume na mistura.

E_m – módulo de deformabilidade da mistura em (Pa).

S_b – rigidez do betume (Pa).

Ou a expressão de:

Eq.65
$$E_m = S_b * (1 + (257,5 - 2,5 * VMA) / (n * (VMA - 3)))^n \text{ (Mpa)}$$

Sendo,

E_m – módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (Mpa)

$$n = 0,83 * \log (4,10^4 / S_b)$$

S_b – rigidez do betume (Mpa)

VMA – volume de vazios (%) no esqueleto do agregado da mistura, deve o seu valor estar entre 12% e 30%.

- Fixação do módulo de deformabilidade da fundação (E_f) pelas expressões abaixo indicadas e admitir um coeficiente de Poisson de 0,35:

De modo previsional o módulo de deformabilidade de um solo de fundação (E_f) é obtido pela expressão:

Eq.66 $E_f = 5 a 6 * CBR$ (Mpa)

Coefficiente de Poisson = 0,35 a 0,45

Ou usar a expressão:

Para um CBR de um solo de fundação entre 2 a 12% (Powell):

Eq.67 $E_f = 17,6 * CBR^{0,64}$ (Mpa)

Coefficiente de Poisson = 0,35 a 0,45

- Cálculo do módulo de deformabilidade (E_g) da camada sub-base pela expressão abaixo indica se a camada base tiver mais que uma camada se usa a mesma expressão para cada uma delas. Esta expressão tem o módulo de deformabilidade da fundação (E_f), caso a camada sub-base tiver mais que uma camada deve-se calcular o seu módulo de deformabilidade com base no módulo de deformabilidade que lhe está diretamente abaixo (sua camada de apoio). Por vezes o módulo de deformabilidade obtido desta forma é muito elevado, dever-se-á usar um módulo de deformabilidade que não seja muito mais elevado do que o módulo de deformabilidade caso se tratasse de uma única camada. Usar um coeficiente de Poisson de 0,30.

Eq.68 $E_g = k * E_f$ (Mpa)

Sendo, $k = 0,20 * hg^{0,45}$, onde hg é a altura das duas camadas granulares em (mm).

- Caracterizadas as camadas do pavimento do ponto de vista das capacidades mecânicas e conhecidas as espessuras admitidas à partida, efetuar o cálculo de tensão/deformação um dos programas de cálculo:
 - ELSYM 5 – Universidade da Califórnia;
 - BISAR – Shell;
 - DAMA – Asphalt Institute;
 - ANPAD – Universidade de Nottingham;

Obtém-se deste cálculo a extensões relevantes:

- Extensões de tração na base das camadas betuminosas (ϵ_t) no sentido da progressão do tráfego;
- Extensão vertical de compressão (ϵ_{dp}) no topo da fundação entre a camada sub-base e a fundação;

- Com base no cálculo das extensões, calcular o número de eixos padrão que o pavimento suporta (eixos-padrão admissíveis, N_a) para:
- **O critério de ruína de fadiga:**
- **Método de Nottingham**

Eq.69
$$\text{Log } \epsilon_t = \frac{(14,38 * \log V_b + 24,2 * \log T_{ab} - c - \log N_{80})}{(5,13 * \log V_b + 8,63 * \log T_{ab} + 15,8)}$$

ϵ_t – Extensão radial em micro-unidades (10^{-6})

N_{80} – número de eixos padrão a 80 kn (em milhões x 10^6)

c – 46,82, para N provocando estado crítico;

c – 46,06, para N provocando estado ruína;

V_b – Percentagem de volume de betume no volume total

T_{ab} – Temperatura de amolecimento pelo método do anel e bola

- - **Método de Shell**

Eq.70
$$\epsilon_t = (0,856 * V_b + 1,08) * E_m^{-0,36} * N_{80}^{-0,2}$$

ϵ_t – extensão radial (adimensional)

N_{80} – número de eixos padrão a 80 KN

V_b – percentagem volumétrica de betume no volume total

E_m – módulo de deformabilidade da mistura betuminosa (em pa)

O critério de ruína de deformação permanente:

- **Método de Nottingham**

Eq.71
$$\epsilon_{dp} = A / (N_{80}/fr)^{cl}$$

ϵ_{dp} – Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação em microunidades (10^{-6})

N_{80} – provocando o estado de ruína

fr – fator de indução de assentamento depende do tipo de mistura betuminosa

A – Constante igual a 250 para N_{80} provocado pelo estado crítico e igual a 451,29 para N_{80} provocando estado de ruína;

cl – constante igual a 0,27 para N_{80} provocando o estado crítico e igual a 0,28 para N_{80} provocando o estado de ruína.

▪ **Método de Shell**

Eq.72

$$\epsilon_{dp} = K_s * N_{80}^{-0,25}$$

ϵ_{dp} – Extensão vertical de compressão no topo do solo de fundação (adimensional)

N_{80} – número de eixos padrão com 80 KN

K_s – parâmetro que depende da probabilidade de sobrevivência atribuída no âmbito do dimensionamento:

- $2,80 * 10^{-2}$ para 50% probabilidade de sobrevivência;

- $2,10 * 10^{-2}$ para 85% probabilidade de sobrevivência;

- $1,80 * 10^{-2}$ para 95% probabilidade de sobrevivência;

Por norma o dimensionamento dos pavimentos rodoviários flexíveis em Portugal é determinado pelo método de Shell (com a deformação permanente com a probabilidade de sobrevivência de 95%) no caso de se querer assumir um risco normal, os critérios de Nottingham assumem um risco menor que o normal.

- Conhecendo o número de eixos-padrão, N_{80} , que previsivelmente solicitam a estrutura e o número de eixos-padrão admissíveis pode-se obter a percentagem de resistência que se gasta, ou seja, obtemos D pela expressão:

Eq.73

$$D = (N_p/N_a) * 100$$

- Se $D > 100\%$ - Haverá um sub-dimensionamento;

- Se $D < 80\%$ - Haverá um sobredimensionamento.

Em qualquer dos casos haverá que repetir todo o processo de dimensionamento, admitindo novas espessuras das camadas ou novos materiais ou ainda outro tipo de pavimento. Por norma, fixa-se as características da camada de desgaste e do solo de fundação e altera-se as características das restantes camadas incluído as suas espessuras e, dimensionam-se essas camadas alteradas, a espessura das camadas betuminosas, temperaturas de serviço e as misturas.

3.5.5 Métodos expeditos de dimensionamento de pavimentos flexíveis

A maior parte dos métodos expeditos de dimensionamento dos pavimentos baseiam-se nos métodos empíricos anteriores, existe a condicionamento dos materiais a usar e a dificuldade em definir as ações do tráfego.

Os métodos expeditos são usados como um pré-dimensionamento dos pavimentos.

Alguns dos métodos expeditos a considerar num pré-dimensionamento de um pavimento:

- Asphalt Institute (1981) – Utilização de misturas betuminosas a quente o dimensionamento é obtido por Ábaco.
Tem como elementos de definição:
 - Espessura total das camadas betuminosas;
 - Número de eixos padrão com 80 KN (eixo das abcissas);
 - Módulo de deformabilidade do solo de fundação (eixo das ordenadas);
 - Espessura das camadas granulares.
- Asphalt Institute (1983) – Procedimento baseado nas espessuras efetivas, o dimensionamento é obtido por Ábaco.
- Procedimento Espanhol (DGC; 2002);
- Procedimento Francês (LCPC; 1998);
- Procedimento Inglês (HA; 2001);

3.6 Referências bibliográficas

- Fernando Branco, Paulo Pereira, Luís Picado Santos, (2020). “Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 Pavimentação – Características dos Materiais. Estradas de Portugal S.A. 2014.
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 15.03 Pavimentação – Métodos Construtivos. Estradas de Portugal S.A. 2014.
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. I, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. II, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

4 FUNCIONAMENTO DE UMA CENTRAL DE FABRICO DE BETÃO BETUMINOSO E A IMPORTÂNCIA DA CERTIFICAÇÃO DE QUALIDADE

4.1 Descrição genérica de uma central de fabrico de betão betuminoso

No âmbito do trabalho de fiscalização e acompanhamento técnico dos trabalhos de construção dos pavimentos betuminosos da empreitada “Empreitada de Requalificação da Estrada EM 525, Troço entre a EN113 e São Simão”, tive a oportunidade de visitar a central de fabrico de betões betuminosos da empresa Construções VIASMANSO, Lda. com o apoio do técnico responsável.

Trata-se de uma central fixa de fabrico de betão betuminoso e britagem de inertes, com processo de controlo de fabrico de materiais de construção abaixo indicados:

- Agregados
 - Seixo 0/6 – Norma de Ref.^a EN 13043;
 - Seixo 6/14 - Norma de Ref.^a EN 13043.
- Misturas betuminosas
 - AC 20 Surf 35/50 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 20 Reg 35/50 (MBD) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 20 Reg 50/70 (MBD) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 14 Surf 50/70 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 14 Surf 35/50 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;

Descrição do fabrico

Genericamente podemos descrever o processo de fabrico da central em oito zonas distintas:

- Zona A: Britagem de Inertes;
- Zona B: Depósito de Inertes;
- Zona C: Mistura de Inertes;
- Zona D: Secagem de Inertes;
- Zona E: Armazém do Betume;
- Zona F: Fabrico do betão Betuminoso;
- Zona G: Saída do betão para obra e controlo de qualidade;
- Zona H: Comando da central da fábrica.

O processo de fabrico do betão betuminoso inicia-se com aquisição das matérias primas necessárias à composição do betão betuminoso, os inertes naturais em bruto e os betumes. Os inertes (seixo e calcário) são adquiridos a empresas previamente selecionadas com licenciamento ambiental de extração e com certificação de qualidade (normas ISO 9001 e 14001, respetivamente), os betumes são adquiridos a empresas ligadas à produção e distribuição de produtos petrolíferos, também estas, com certificação de produto.

As matérias primas após terem sido submetidos a um processo interno de verificação e controlo, dão entrada no espaço de fabrico, onde, os inertes naturais são encaminhados para a “Zona A – Britagem” e os betumes são encaminhados para a “Zona E – Armazém de Betume”.

Após aquisição das matérias primas necessárias ao fabrico do betão e terem sido sujeitas a controlo interno de qualidade, inicia-se o processo de fabrico propriamente dito:

Na “Zona A – Britagem de Inertes” é a parte da fábrica que se transforma os inertes naturais para inertes de granulometria que necessitamos nos betões a produzir. Os inertes naturais são colocados na tremonha, encaminhados para o britador primário de maxilas, passam pelo doseador e o moinho (o agregado com mais 16mm, retorna ao processo do britador), de seguida são encaminhados para o crivo onde é separado os agregados finais por granulometria:

- Agregado 0/4 – pó gravilhado;
- Agregado 0/6 – Pó gravilhado;
- Agregado 5/11 – brita n.º 1;
- Agregado 11/12 – brita n.º 2;
- Agregado 0/8 – brita n.º 1;
- Agregado 6/14;



Fluxograma da produção de agregados

Zona B – Depósito de Inertes, após o processo de britagem dispomos de agregados seleccionados em função da sua granulometria, esses inertes são colocados separadamente, devidamente identificados com placas em zona especifica da fábrica prontos a serem utilizados no processo de fabrico.

Zona C – Misturas dos Inertes – Na zona de mistura dos inertes existem um conjunto de tremonhas alinhadas entre si, onde, cada uma corresponde a uma determinada granulometria e tipo agregado. Debaxo de cada tremonha existe uma balança com comunicação com a central de comando que determina o peso necessário de cada inerte para o fabrico do betão em função da mistura betuminosa em fabrico. Quando é atingido o peso de cada inerte, um mecanismo é

acionado na balança e o inerte cai sobre um tapete transportador que encaminha esse inerte para o secador.

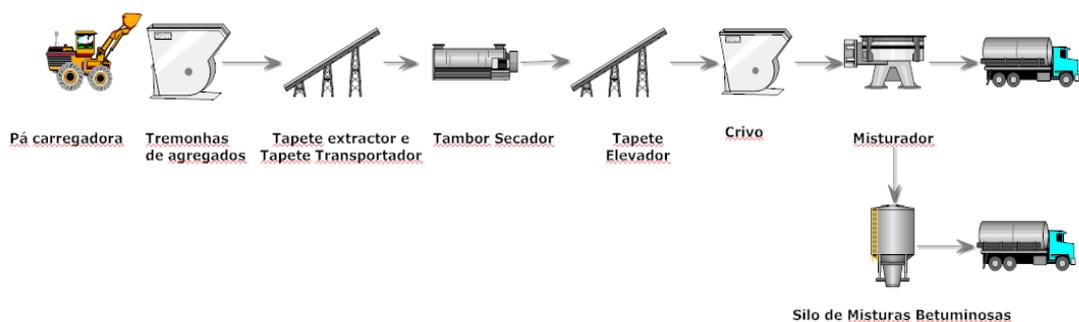
Zona D – Secagem dos Inertes – Os inertes chegam a um tambor pelo tapete transportador, onde são aquecidos por chama direta a temperaturas que variam em função do tipo de betume que vamos usar na nossa mistura betuminosa, no caso do betume 35/50 a temperatura de secagem será na ordem 150 ° C a 190 ° C. Após secagem, os inertes são elevados/transportados por um sistema de elevação tipo nora, com alcatruzes, que elevam o inerte para o crivo que se encontra no topo da coluna de fabrico do betão.

Zona E – Armazém de Betumes – Junto à coluna de fabrico da mistura betuminosa encontra-se a zona de armazém dos betumes, depósitos de armazenamento de betumes e o sistema de aquecimento do betume. O betume à temperatura ambiente encontra-se na fase sólida e é aquecido a temperaturas 130 a 140 ° C, nestas temperaturas já em fase líquida é bombeado para a coluna de fabrico onde será junto aos inertes que passam na crivagem. O betume é previamente pesado, sendo elevada para a mistura apenas a quantidade necessária para o betão em fabrico.

Zona F: Fabrico do betão Betuminoso – Na coluna de fabrico, os inertes passam a zona de crivagem e caem para a misturadora, local, onde também é injetado o betume. Por intermédio de parafusos “cem fim” é feito a mistura dos inertes e do betume durante 45 a 60 segundos.

Zona G: Saída do betão para obra e controlo de qualidade – Após ser feita a mistura betuminosa do betão, este cai por gravidade nas caixas das viaturas pesadas que fazem o seu transporte para obra. À saída é feita a verificação e o controlo de qualidade das misturas, recolha das amostras para análise da composição da mistura e a sua temperatura que deverá para o betume 35/50 ser próxima de 160 ° C.

Zona H: Comando da central da fábrica - A zona de comando da central é o local onde é feito a verificação e o controlo de todo o processo de fabrico, desde a zona da pesagem do inerte, secagem do inerte e aquecimento do betume, mistura do inerte e betume, até à saída da mistura betuminosa para obra.



Fluxograma da produção de misturas betuminosas

4.2 Certificação de qualidade do processo de fabrico das massas

4.2.1 Descrição do processo de controlo de produção

O sistema de gestão de produção implementado pela empresa de Construção Viasmanso, Lda., está organizado de acordo com o Regulamento de Construção (EU) n.º 305/2011 e normas aplicadas aos produtos da empresa:

- Referências
 - Decreto-Lei 130/2013 de 10 de setembro;
 - Regulamento dos Produtos de Construção (EU) n.º 305/2011;
 - Regulamento Delegado 574/2014.
- Normas de Gestão
 - EN ISO 9001:2015 – Sistema de Gestão da Qualidade
- Normas de produto – Agregados e Misturas Betuminosas
 - EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação;
 - EN 13108-1 – Misturas betuminosas – Especificação dos materiais – Parte 1: Betão betuminoso;
 - EN 13108-20 – Misturas betuminosas – Especificação dos materiais – Parte 20: Ensaio tipo;
 - EN 13108-21 – Misturas betuminosas – Especificação dos materiais – Parte 21: Controlo de produção em fábrica;

O processo de controlo de fabrico de materiais de construção inclui os materiais abaixo indicados:

- Agregados
 - Seixo 0/6 – Norma de Ref.^a EN 13043;
 - Seixo 6/14 - Norma de Ref.^a EN 13043
- Misturas betuminosas
 - AC 20 Surf 35/50 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 20 Reg 35/50 (MBD) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 20 Reg 50/70 (MBD) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 14 Surf 50/70 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;
 - AC 14 Surf 35/50 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1;

4.2.2 Manual de Controlo de produção

O manual de controlo de produção define os procedimentos a tomar para a implementação do Sistema de Gestão da Produção em conformidade com o Regulamento dos Produtos de Construção CE n.º 305/2011 e as normas de referência dos produtos EN 13043 e EN 13108-1.

O manual de controlo de produção define:

- Regulamento e normas de referência;
- Produtos a certificar;
- Definição dos recursos materiais e humanos disponíveis na empresa;
- Organização da empresa;
- Definição de responsabilidades no processo de certificação da qualidade;
- Identificação da Matéria prima de fabrico dos produtos a certificar;
- Definição do processo de fabrico;
- Controlo de qualidade do produto;
- Estrutura documental de apoio ao processo certificação;
- Formação dos colaboradores;

4.2.3 Descrição de Funções

No processo de certificação de produto e pela gestão qualidade (ISO 9001:2015) são definidas as responsabilidades na gestão do processo:

- Responsável pela Gestão da Produção do Produto Marca CE;
- Responsável pelo processo de Gestão da Qualidade – Gestor de qualidade;
- Controlo do Fabrico do produto – Responsável pela produção;

- **Definição das tarefas de Gestão em ambos os processos (produto e qualidade):**
 - Rever os sistemas;
 - Elaborar e monitorizar planos de inspeção e ensaio;
 - Aprovar planos de inspeção e ensaios;
 - Elaborar manual de controlo da produção;
 - Definir procedimentos;
 - Aprovar procedimentos;
 - Conservar registos;
 - Aprovar lista de fornecedores;
 - Elaborar planos de auditorias;
 - Tratamento das reclamações;
 - Realizar auditorias;
 - Seguimento das ações corretivas;
 - Elaborar plano de formação;
 - Aprovar plano de formação;
 - Identificar necessidades de formação;

- Definir a estrutura funcional, Manual de funções e matriz de substituições;
- Definir e comunicar funções;
- Aprovar fichas técnicas do produto;
- Aprovar declaração de conformidade;
- Emissão E envio ao cliente da documentação da Marcação CE;
- Identificação correta da marcação CE nas guias.

▪ **Definição das tarefas de Produção em ambos os processos de certificação (produto e qualidade):**

- Identificação de Produto não Conforme;
- Decidir sobre produto não conforme;
- Avaliação da conformidade do produto;
- Alteração do produto;
- Alteração das fórmulas na central de betuminosos;
- Receção das matérias primas;
- Gestão da manutenção dos equipamentos;
- Garantir a qualidade da produção;
- Cumprir planos de inspeção e ensaio.

4.2.4 Formação

No âmbito do procedimento de certificação será necessário elaborar um planeamento de formações desenvolvido pelo Gestor da Qualidade e pelo responsável pela produção. Nesse planeamento serão definidas as necessidades de formação dos colaboradores intervenientes no processo. No planeamento deverá planear as formações para o ano seguinte com dois objetivos:

- Ações de requalificações para os colaboradores antigos;
- Ações de formação para novos colaboradores.

As ações de formação devem ser devidamente registadas em formulários no processo de certificação.

4.2.5 Controlo de qualidade do produto

4.2.5.1 Controlo das matérias primas

Todos as matérias primas que possam fazer parte do sistema produtivo dos produtos em certificação devem:

- Ser alvo de inspeções e ensaios em conformidade com o Plano de Inspeções e Ensaios aprovado nos processos de certificação;
- O processo de inspeção tem início no estaleiro e no armazenamento;
- O parque de matérias primas deve ser constituído por pilhas de material devidamente arrumadas e identificadas com placas;
- Os espaços entre pilhas de material devem ser acessíveis, circuláveis e limpos.

4.2.5.2 Lista de fornecedores

De acordo com o Regulamento e normas de referência do produto é elaborada uma listagem de fornecedores de matérias primas e outros materiais e prestadoras de serviços de manutenção e calibração de equipamentos, necessários ao bom desenvolvimento da atividade.

4.2.5.3 Etiquetagem

As amostras do agregado ou das misturas betuminosas para realização dos respetivos ensaios de controlo e verificação em laboratório, são identificadas com documento anexo a cada uma das amostras (modelo 04.01), com o logotipo da empresa; Referência da amostra; O tipo de Produto; a temperatura e a data da recolha. Este modelo faz parte da documentação do procedimento de certificação de produto e de gestão pela qualidade.

4.2.5.4 Ensaios de Controlo e verificação

4.2.5.4.1 Agregados

O conjunto de ensaios de controlo e verificação aos agregados produzidos na fábrica da empresa Construção Viasmanso, Lda. são realizados pelo ITECONS – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade, enquanto fornecedor no processo de certificação de produto. Para cada um dos agregados produzidos em certificação, Seixo 0/6 (Norma de Ref.^a EN 13043) e Seixo 6/14 (Norma de Ref.^a EN 13043) são realizados os seguintes ensaios de laboratório:

- Descrição Petrográfica Simplificada (NP EN 932-3:2010);
- Análise granulométrica dos agregados;
- Determinação do teor de finos;
- Qualidade dos finos (se o teor de finos > 3%);
- Análise granulométrica de agregados. Método de peneiração – (EN 933-1:2012) – Para sete amostras para cada agregado;
- Determinação do teor de finos de agregados - Ensaio do azul de metileno (Método de ensaio: EN 933-9:2022, Pontos 8 e 9 e anexo C) – Para sete amostras para o agregado seixo 0/6;
- Determinação da massa volúmica e da absorção de água de agregados [Método de ensaio: EN 1097-6:2022 (Exceto Anexos E e H)] – Uma amostra por agregado;

4.2.5.4.2 Misturas Betuminosas

O conjunto de ensaios de controlo e verificação das misturas betuminosas produzidas na fábrica da empresa Construção Viasmanso, Lda. são realizados pelo ITECONS – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade, enquanto fornecedor no processo de certificação de produto. Para cada umas das misturas betuminosas produzidos em certificação, AC 20 Surf 35/50 (BB) – (Norma de Ref.^a EN 13043-1), AC 20 Reg 35/50 (MBD) – (Norma de Ref.^a EN 13043-1), AC 20 Reg 50/70 (MBD) – (Norma de Ref.^a EN 13043-1), AC 14 Surf 50/70 (BB) - Norma de Ref.^a EN 13043-1 e AC 14 Surf 35/50 (BB) – (Norma de Ref.^a EN 13043-1), são realizados os seguintes ensaios de laboratório

- Análise granulométrica de misturas betuminosas (Método de ensaio: EN 12697-2:2015 – Três amostras por mistura betuminosa;
- Determinação da percentagem de betume solúvel de misturas betuminosas [Método de ensaio: EN 12697-1:2012 (Anexo B: B1 e B2.1)] – Três amostras por mistura betuminosa.

4.2.6 Controlo das instalações

4.2.6.1 Calibragens

No processo produção das misturas betuminosas são aferidos dois tipos de equipamentos de medição (balanças e termómetros) e calibrações de equipamentos diversos, cujo funcionamento, influenciam o processo de fabrico e a qualidade do produto final. No processo de fabrico de misturas betuminosas são aferidos os seguintes equipamentos:

- Balanças e termómetros
 - Balança de agregados;
 - Balança de Betumes;
 - Termómetros analógicos (secador de inertes e do betume);
 - Termómetro de aferição da temperatura da mistura betuminosa.
- Calibrações de equipamentos
 - Equipamento que controla a saída da misturadora;
 - Secador de agregado;
 - Tanque 3.

Na lista de fornecedores do processo de certificação de produto e de gestão pela qualidade, encontram-se as entidades que prestam de serviço de calibrações de equipamentos de medições pertencentes ao processo de fabrico de aglomerados e mistura betuminosas da empresa Construções Viasmanso, Lda. As entidades que efetuam as calibrações em:

- Balanças e outros equipamentos para calibrar
 - A3L – Laboratório de Metrologia Industrial, Lda.
- Termómetros analógicos
 - CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica – Laboratório de Metrologia – Temperatura e Humidade.

Tabela - Calibração dos termómetros

Localização dos termómetros	Gamas de temperatura	Pontos de calibração	Tolerância do erro de calibração
Temperatura do secador de agregados	140 ° a 180 °C para o betume 50/70	140° C, 160° e 190 °C (O 160° é a temperatura habitual de fornecimento)	5°C
Temperatura dos depósitos de betume			5 ° C
Temperatura na amostragem	e 150° a 190°C para		3°C
Saída do misturador	betume 35/50		2° C

Tabela - Calibração das balanças

Localização das balanças	Pesagem de cada amassadura	Máximos e mínimos de pesagem	Gamas de calibração	Tolerância do erro de calibração
Balança de betume	Min: 500 kg Max: 1900 kg	15 – 95 (*) kg	10 – 150 kg	2 kg
Balança de filler		15 – 95 kg	10 – 150 kg	2 kg
Balança de agregados		300 kg e 1900 kg	300 kg e 1900 kg	3. kg

4.2.6.2 Manutenção de equipamentos

Cada um dos equipamentos mecânicos que compõe a fabrica dispõe de um plano preventivo de manutenção e um formulário de registo das respetivas operações de manutenção em conformidade com as características técnicas da máquina e conforme indicações do seu fabricante. Estes documentos fazem parte do processo de certificação.

4.2.7 Documentos e formulários

O arquivo documental do Sistema de Controlo de Produção e Gestão Pela Qualidade compreende todos os documentos elementos da empresa e relacionados com o fabrico dos produtos em certificação em conformidade com o Regulamento Produtos de Construção e a ISO 9001:2015. Estes são formatados com critérios de uniformidade e organizados por ordem decrescente de importância dos conceitos base da certificação:

4.2.7.1 Manual de controlo

4.2.7.2 Documentos que definem as responsabilidades e o modo de executar as atividades relacionadas com a qualidade:

- PQ.01 – Gestão de documentos e registos;
- PQ.02 – Auditorias internas e revisão do sistema;
- PQ.03 – Controlo do processo de agregados;
- PQ.04 – Ações corretivas e preventivas;
- PQ.05 – Avaliação e controlo dos fornecedores e subcontratos;
- PQ.06 – Controlo do processo das misturas betuminosas.

4.2.7.3 Documentos operacionais/Instruções/Especificações

4.2.7.4 Impressos



4.2.8 Estudo de impacte ambiental

No âmbito do processo de certificação de controlo de produto e gestão de qualidade foi elaborado um estudo de impacte ambiental da fábrica de produção de agregados e misturas betuminosas pertencente à empresa Construções Viasmanso, Lda.

O estudo de impacto ambiental foi basicamente definido com as seguintes temáticas:

- Identificação da empresa
- Localização geográfica da indústria;
- Caracterização física da fábrica e capacidade instalada;
- Consumo de recursos naturais;
- Emissões poluentes – Efluentes industriais, efluentes domésticos, gases poluentes produzidos, ruído, etc.;
- Plano de Higiene e Segurança no trabalho para o espaço fabril;

4.2.9 Auditorias externas

De acordo com plano de auditorias aprovado são realizadas auditorias ao Procedimento de Controlo de Produto e Gestão da Qualidade. Por norma, é realizada uma auditoria anual por Entidade Certificadora (Exemplo: EIC – Empresa Internacional de Certificação).

Nesta auditoria é realizada uma inspeção às instalações de gestão (zona administrativa) e zona de produção (fábrica) e a toda a gestão documental dos processos de certificação e reproduzida num Relatório de Auditoria.

A equipa auditora elabora um relatório de auditoria, na qual, regista as principais evidências do sistema de gestão, produto ou serviço auditado. Por norma segue a seguinte estrutura:

- Disposições gerais;
- Objetivos da auditoria;
- Âmbito da certificação;
- Período de realização da auditoria;
- Locais auditados na auditoria;
- Resposta ao relatório de auditoria;
- Prazos de resposta;
- Decisão após auditoria;
- Verificação da eficácia das ações corretivas decorrentes da auditoria anterior;
- Resumo da auditoria;
- Descrição da não conformidades;
- Resumo dos requisitos auditados.

4.3 Referências bibliográficas

- Processo de certificação de produto e gestão da qualidade da empresa Construções Viasmanso, Lda.

5 ENSAIOS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE MATERIAIS, NORMAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE REFERÊNCIA - PAVIMENTOS FLEXIVEIS

5.1 SOLOS

5.1.1 Propriedades básicas do solo

5.1.1.1 Determinação do teor em água (w%)

- **Normas e Especificações**

- Norma: NP 84-1965 – Método de secagem em estufa
- Especificação Técnica: LNEC E 16-1953

- **Finalidade**

Obter o teor de água no solo (peso da água no solo / peso solo seco) * 100 (%)

- **Local**

Laboratório – Método da estufa, método do álcool e método infravermelhos
“In Situ” – Método do álcool e o método “speedy”

- **Equipamento**

Estufa, balança

- **Descrição**

Com uma amostra de solo com quantidade em função da dimensão das partículas, é pesada, posteriormente seca em estufa (máximo de 60°C) até que toda a água se evapore. A amostra do solo seco é novamente pesada. A razão entre o peso da água e o peso da amostra do solo seco dá-nos o teor de água no solo em %.

5.1.1.2 Determinação da Massa Específica das Partículas = densidade das partículas ($\rho_s = g/cm^3$)

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN ISO 17892-3: 2018; NP 83 - 1965

- **Finalidade**

Determinar a massa específica das partículas sólidas do solo (ρ_s) ou densidade das partículas sólidas.

$$\rho_s = m_s / (V_w \text{ total picnómetro} - V_w \text{ picnómetro deslocada}) \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

- **Local**

Laboratório - Método do Picnómetro

- **Equipamento**

Picnómetro, balança, peneiro 4,8mm, bomba de vácuo

- **Descrição**

Amostra de solo com massa m_1 que passe no peneiro 4,8mm, um picnómetro de volume 500 ou 1000 cm^3 e água destilada. Coloca-se a amostra de solo no picnómetro e adiciona-se a água destilada até 1cm abaixo da base do gargalo, tendo o cuidado de tirar o ar do com bomba de vácuo. Determina-se a massa do conjunto (picnómetro mais solo mais água) m_2 . Retira-se o material do picnómetro e volta-se a encher apenas com água destilada, retirando o ar com bomba de vácuo. Determina a massa do conjunto (picnómetro mais água) m_3 .

5.1.1.3 Determinação da Massa Volúmica de um Solo $\rho = m/v$ (g/cm^3)

- **Normas e Especificações**

Norma:

- **Finalidade**

Determinar a massa volúmica do solo (ρ) ou densidade do solo $D_{\text{solo}} = \text{Massa da amostra} / \text{Volume da amostra}$.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Anel volumétrico de Kopeck de volume 100 cm³, faca, balança, estufa.

- **Descrição**

Crava-se o anel de Kopeck no solo até atingir um pouco mais que a capacidade de 100 cm³ limpado o provete com ajuda de uma faca de forma a ficar com o volume correto (100 cm³). Pesa-se o solo e determina-se a sua densidade (M_{solo}/V_{solo}). Se quisermos determinar a densidade seca do solo, transfere-se o anel para o recipiente adequado para se proceder à secagem do provete do solo. Após secagem do provete efetua-se a pesagem do solo seco e determina-se a densidade seca do solo (M_{soloseco}/V_{solo}).

5.1.1.4 Determinação da baridade seca “In situ” - Método da garrafa de areia

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: LNEC E 204-1967

- **Finalidade**

Baridade seca do solo “in situ” no seu estado natural ou compactados.

- **Local**

“In Situ”

- **Equipamento**

Garrafa de areia pequena diâmetro 10cm, garrafa de areia grande diâmetro 20 cm, tabuleiro metálico com 30 cm de lado e um orifício central com 10 cm de diâmetro, um tabuleiro metálico com 46 cm de lado e orifício central de 20 cm, recipiente de calibração pequeno e outro grande, balança, recipientes metálicos para recolha do solo extraído do furo, placa de vidro quadrada com 50 cm de lado e 9 mm de espessura, escopro, colher de pedreiro, espátula, etc.

- **Descrição**

Prepara-se o local do solo a ensaiar, limpa-se e alisa-se o espaço de ensaio 50 x 50 cm com auxílio da rasoira; - coloca-se o tabuleiro metálico sobre a superfície e abre-se o furo cilíndrico no solo com dimensões (garrafa pequena D=10 cm x 15 cm de profundidade; garrafa grande D=20 cm X 20 cm de profundidade); - assenta-se a garrafa de areia e abre-se a torneira deixando a areia correr até parar, fecha-se a torneira e pesa-se a garrafa com a areia restante; determina-se a variedade seca do solo “in situ” conforme ponto 5 da especificação técnica LNEC E 204-1967.

5.1.1.5 Determinação da baridade seca “In situ” - Método do volume de água deslocado

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: LNEC E 205-1967

- **Finalidade**

Determinar a baridade seca do solo “in situ” em estado natural ou compactados.

- **Local**

“In Situ”

- **Equipamento**

Medidor de volume; Proveta graduada de 500 cm³; Balança; Cápsula para derreter parafina; espátula, faca, pá pequena, extrator cilíndrico, etc.

- **Descrição**

Obter amostra de solo intacta com diâmetro entre 10 e 12 cm sem alterar a estrutura do solo envolvente, com altura igual à espessura da camada que pretendemos ensaiar; após extração da amostra retira-se uma amostra da parede do furo para determinar o teor de água no solo W_s; tira-se o solo solto da amostra intacta e pesa-se; Imerge-se a amostra em parafina líquida sucessivamente; pesa-se a amostra + parafina; enche-se o medidor de volume com água até atingir o tubo de descarga; emerge-se a amostra + parafina e mede-se o volume de água deslocada por esse efeito na proveta graduada; Por fim, determina-se a baridade seca do solo conforme ponto 5 da especificação LNEC E 205 -1967.

5.1.1.6 Determinação do peso específico das partículas do solo

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 83-1965; ASTM D-854-45T; ASSHO T 100-38

Especificação Técnica: LNEC E 15-1953

- **Finalidade**

Determinar o peso específico das partículas do solo, o peso das partículas sólidas por unidade de volume, excluído o volume de vazios, normalmente não anda muito longe de 2,65 gr/cm³.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Picnómetro; balança com precisão de 0,01gr; termómetro com a precisão de 1.°C; estufa;

- **Descrição**

Usa-se um provete de solo com 25 gr, seco ao ar, sem torrões; coloca-se o provete no picnómetro com 50 cm³ de água destilada; coloca-se à ebulição durante 10 minutos, agitando-se para libertar as bolhas de ar aderentes às partículas; deixa-se arrefecer a mistura; acaba-se encher o picnómetro com água destilada até ao traço e pesa o conjunto; Toma-se nota da temperatura de dispersão; pesa-se o provete seco em estufa já colocado numa cápsula; limpa-se o picnómetro e volta-se a encher com água destilada e pesa-se o conjunto;

$\gamma_g = \gamma_{wt} \times (A / (A+B-C))$. Sendo, γ_g peso específico das partículas, γ_{wt} peso específico da água à temperatura do ensaio, A - peso da amostra seca na estufa a 105.°C, B – peso do picnómetro e água destilada, C – peso do picnómetro contendo a amostra e água destilada à temperatura t.

5.1.1.7 Determinação do teor de finos pelo método do Azul de Metileno

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 933-9: 2009; NF P 18-592 (AFNOR, 1990^a) - Método da mancha.

- **Finalidade**

O valor de adsorção de azul metileno (V_{am}) é um parâmetro que permite identificar a qualidade e quantidade de argila presente num solo, ou apurar o grau de limpeza de um agregado.

$V_{am} = (V_{am} * f) / 100$, sendo f a percentagem de finos de dimensão $< 0,075\text{mm}$

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Balança, recipiente de vidro, caulinite de V_{am} e água destilada

- **Descrição**

O ensaio de adsorção do azul de metileno consiste em pegar num provete com 30gr de solo fino, 30gr de caulinite de “ V_{am} ” e 500 ml de água destilada, ir indo acrescentando doses crescentes de azul de metileno até que as superfícies das partículas com capacidade de adsorção estejam completamente cobertas. Neste momento passa a existir excesso de azul de metileno na preparação o que corresponde ao fim do ensaio. Pelo método da mancha ou teste da macha consiste em colocar uma gota da preparação do azul de metileno sobre papel de filtro e verificar se a mancha tem uma auréola azul claro, se tiver, traduz um excesso de azul de metileno livre na preparação indicado que as partículas com capacidade de absorção estão cobertas pelas moléculas do azul do metileno.

5.1.2 Identificação do solo e avaliação do estado de compactação

5.1.2.1 Determinação da composição granulométrica do solo – Para partículas de dimensão superior a 0,075 mm

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO 17892-4:2016

Especificação Técnica: LNEC E 195; LNEC E 196; LNEC E 233

- **Finalidade**

Determinar a composição do solo granulométrica do solo, por distribuição expressa em peso da dimensão das partículas que constituem o solo.

Argila – partículas de dimensão inferior a 0,002 mm

Silte – partículas de dimensão superior a 0,002 mm e inferior a 0,06 mm

Areia – partículas de dimensão superior a 0,06 mm e inferior a 2 mm

Seixo – partículas de dimensão superior a 2 mm e inferior a 60 mm

Calhau – partículas de dimensão superior a 60 mm e inferior a 150 mm

Pedra – partículas de dimensão superior a 150 mm

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Peneiros ASTM; balança; tabuleiros; estufa

- **Descrição (partículas de dimensão superior a 0,075 mm areia e seixo)**

Pelo método da peneiração húmida: após preparação da amostra pela especificação LNEC E 195, faz se passar uma determinada quantidade de solo por uma série de peneiros ASTM de malha superior a 2,00 mm (peneiro n.º 10) e regista-se o material retido em cada um deles;

- O solo passa no peneiro n.º 10, deve passar na série de peneiros compreendido entre o n.º 200 e o n.º 10. Antes de realizar esta última tarefa deve-se submeter esta porção a um processo prévio de dispersão das partículas com a utilização de um anti floculante (hexametáfosfato de sódio);

- Pesa-se todas as quantidades de solo retido em cada peneiro;

- Por fim soma-se as quantidades de solos retidas nos peneiros para aferir que a massa retida nos peneiros corresponde à massa de solo colocada a ensaio; - Por fim pela especificação LNEC E 239 apresenta-se os resultados granulométricos do solo ensaiado pelo método de peneiração num gráfico semilogarítmico, onde nas abcissas são colocadas as aberturas dos peneiros a uma escala logarítmica e nas ordenadas a uma escala decimal as percentagens acumuladas do material que passa.

5.1.2.2 Determinação da composição granulométrica do solo – Para partículas de dimensão inferior a 0,075 mm

- **Normas e Especificações**

Norma: LNEC E 233-1969; LNEC E 196

- **Finalidade**

Determinação da granulometria de solos com partículas de dimensão inferior a 0,075mm (argilas e siltes)

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Balança, agitador elétrico, Densímetro, termómetro graduado de 0.º a 50.ºC

- **Descrição (partículas de dimensão inferior a 0,075 mm argila e silte)**

Para as partículas das argilas de dimensão inferior a 0,06 mm a análise granulométrica é obtida pela velocidade de queda das partículas de solo, postas em suspensão numa proveta de água, obtida através da medição do peso volúmico da suspensão a diferentes intervalos de tempo – método da sedimentação. Existe uma dificuldade na dispersão das partículas, razão pela qual, se procede de acordo com a especificação LNEC E 196 à análise granulométrica desta gama de solos com um pré-tratamento com ácido clorídrico para solos com compostos de cálcio ou água oxigenada para solos com matéria orgânica, seguindo-se a aplicação de um anti floculante (hexametáfosfato de sódio).

5.1.2.3 Ensaio de equivalente de areia

- **Normas e Especificações**

Norma: BS EN 933-8:2012, LNEC E 199-1967

- **Finalidade**

Determinar quantidade e qualidade de elementos finos plásticos existentes num solo. Com base no equivalente de areia é possível determinar se o solo é plástico quando $EA < 20$ (muito argiloso); ensaio não conclusivo quando $20 < EA < 30$ e solo não plástico quando $EA > 30$. No entanto, os valores do EA podem variar entre 0 e 100 quer, de trate de argila ou por lado de areia.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Proveta cilíndrica; tubo de lavagem; recipiente de vidro transparente de volume dm^3 , tubo de borracha de $l=1,50m$, pistão metálico inoxidável, agitador mecânico, peneiro ASTM n.º 4 e um cronómetro.

- **Descrição**

Peneira-se 500 gr de solo no peneiro n.º 4; determina-se o teor de água no solo; seca-se o solo; toma-se duas porções de solo seco com 120gr; e de seguida procede-se à determinação do EA definido no ponto 5.2. e 6 da especificação LNEC. E 199-1967.

5.1.2.4 Teor em Matéria Orgânica

- **Normas e Especificações**

Norma: LNEC E 201; JAE S 9.53; LNEC E 196

- **Finalidade**

Determinação da percentagem de matéria orgânica na composição do solo.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Balança, proveta graduada, água oxigenada, hexametáfosfato de sódio.

- **Descrição**

Ao provete de solo adicionar a solução hexametáfosfato de sódio e água oxigenada; a solução preparada separa a matéria orgânica das partículas minerais do solo; pesagem da matéria orgânica removida; efetua-se a secagem das partículas minerais em estufa; pesam-se as frações de matéria orgânica e das partículas minerais secas; determina o teor de matéria orgânica no solo pela fração do peso da matéria orgânica pelo das partículas minerais.

5.1.3 Consistência do solo

5.1.3.1 Determinação do Limite de Liquidez

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO 17892-4:2016; NP 143; LNEC E 195

- **Finalidade**

Determinar o teor em água que define o estado de liquidez do solo (25 pancadas na Concha de Casagrande)

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

- Concha de Casagrande

- **Descrição**

Sobre a concha de Casagrande coloca-se um provete do solo com um sulco perfeitamente normalizado; determina-se o número de pancadas até fechar o sulco; determina-se o teor de água desse provete de solo; repete-se o mesmo ensaio, mas para diferentes teores de água e registam-se as pancadas para cada um deles; todos os valores são registados num diagrama de semilogarítmico; O teor de água correspondente a 25 pancadas define o limite de liquidez do solo.

5.1.3.2 Determinação do Limite de Plasticidade

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO 17892-12:2004; NP 143, LNEC E 195

- **Finalidade**

Determinar o teor em água que define o estado de plasticidade do solo (rotura do filamento de solo com diâmetro de 3 mm)

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

- Placa de vidro

- **Descrição**

Preparação da amostra conforme especificação LNEC E 195; rolar provete de solo entre os dedos do técnico de laboratório e uma placa de vidro de forma a criar um filamento de solo; quando o filamento romper com um diâmetro de 3 mm determina-se o teor de água do provete nessas condições; o teor de água obtido define o limite de plasticidade do solo.

5.1.3.3 Determinação do Limite de Retração

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO/TS 17892-12:2004; NP-143 (IGPAI 1969)

- **Finalidade**

Determinar o teor de água de saturação que corresponde ao limite de retração e ao índice de vazios mínimo que o solo atinge por secagem.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Cápsula de dimensões normalizadas, estufa, proveta graduada de 0,2 em 0,2 ml e com capacidade de volume de 25 ml e mercúrio

- **Descrição**

Encher de solo uma cápsula normalizada de solo bastante húmido; determina-se o volume do solo húmido que é igual ao volume da cápsula; seca-se o solo em estufa; determina-se o volume aparente seco do solo segundo a Norma de forma indireta por pesagem do mercúrio ou de forma direta com auxílio de uma proveta graduada; O volume aparente seco do solo permite determinar o índice de vazios mínimo atingido por secagem que, corresponde ao teor de água de saturação que é o limite de retração do solo.

5.1.4 Ensaio de compactação do solo

5.1.4.1 Ensaio de compactação tipo Proctor

- **Normas e Especificações**

- Norma: LNEC E 197-1966; EN 13286-2:2004

- **Finalidade**

- Determinar a relação entre o teor água e a baridade seca do solo.

Tipos de compactação:

- Compactação leve com molde pequeno;
- Compactação pesada com molde pequeno;
- Compactação leve com molde grande;
- Compactação pesada com molde grande;

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

- Molde pequeno – molde cilíndrico de aço de 102mm de diâmetro e 117mm de altura, munido de alonga e base;
- Molde grande – molde cilíndrico de aço de 152mm de diâmetro e 178mm de altura, munido de alonga, base e espaçador;

- Pilão de compactação leve com 2,49 Kg, 457mm de altura e base de 50mm de diâmetro;
- Pilão de compactação pesada com 4,54 Kg, 457mm de altura e base de 50mm de diâmetro;
- Extrator de provetes, balança de pesagens, peneiros ASTM 50,8mm, 19mm e 4,76mm, rasoira com aresta biselada, tabuleiros, espátulas, colheres de pedreiro, provetas graduadas, repartidores.

- **Descrição (compactação leve em molde pequeno)**

Seca-se a amostra de solo ao ar e desfaz-se torrões; esquartela-se a amostra de modo a obter seis provetes de solos com mais ou menos 2kg e que passe no peneiro ASTM 4,76mm; mistura se bem o solo destes provetes com água até atingir um teor de água no solo diferente entre de 2%, quatro destes provetes abaixo do provável teor ótimo de água e dois deles acima; A compactação dos provetes no ensaio é feita por ordem crescente do teor de água que cada um contém; compacta-se cada um dos moldes, apertando a base do molde, divide-se o provete a ensaiar em três partes iguais que corresponderá cada uma delas a uma camada a compactar, compacta-se cada camada com 25 pancadas de pilão leve, repete-se a operação, retira-se a alonga e rasa-se cuidadosamente o molde, retira-se o molde e pesa-se o provete e molde, extrai-se o provete do molde e retiram-se duas porções do interior do provete a cerca de 2 cm do topo e determina-se o teor de água pela Norma NP-84; determina-se a baridade seca do solo $\gamma_s = \gamma_w / (100 + w) * 100$, sendo γ_w baridade húmida solo e w teor de água no solo. Este ensaio permite traçar uma curva de compactação onde se visualiza o teor de água ótima $w_{ot}\%$, para a baridade seca máxima do solo, permite posteriormente transpor esses valores para obra. Nota: A dimensão do molde a usar no ensaio depende da granulometria do solo, quando a amostra do solo a ensaiar não fica retida mais de 20% no peneiro n.º 4 usa-se o molde pequeno, o molde grande usa-se quando não fica retido mais de 20% de solo no peneiro 19 mm.

5.1.4.2 Ensaio de determinação CBR

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 13286-47:2004; LNEC E 198-1967

- **Finalidade**

Determinar a capacidade de suporte de um solo – Ensaio utilizado para controlo de compactação quer em estudos de avaliação da aptidão do solo para fundação de vias rodoviária, quer nos estudos de dimensionamento de pavimentos.

- **Local**

Laboratório
“In situ”

- **Equipamento**

Ensaio CBR realizado em laboratório de provetes moldados – molde cilíndrico com 152 mm de diâmetro e 178 mm de altura, munido com alonga com 50 mm e base perfurada; espaçador; Pilão de compactação pesada do Proctor; sistema para medir a expansão; Placas de carga com 2,5 kg; pistão de penetração de 50 mm de diâmetro; peneiros ASTM 50,8 mm, 19,00 mm e 4,76 mm; prensa manual ou elétrica; defletómetro de medir a penetração; balança; outros utensílios.

Ensaio CBR realizado “In situ” – Placas de carga de 2,50 kg; Pistão de penetração; defletómetros para medir a penetração; viga de apoio do defletómetro; macaco mecânico manual capaz de penetrar o pistão a uma velocidade constante de 1 mm/min; dispositivo de medição de forças até 3000 kgf; rótula para verificação de forças; outros utensílios.

- **Descrição**

Ensaio CBR realizado em laboratório de provetes moldados – só poderão ser realizados com solos de granulometria com percentagem de material retido no peneiro 19 mm não superior a 20%. O ensaio CBR em laboratório pode ser realizado com várias energias de compactação (n.º de pancadas) e diferentes teores em água de modo a determinar-se para um dado teor de água a evolução do CBR com compactação relativa ou grau de compactação (relação entre a baridade seca “in situ” e a baridade seca máxima obtida em laboratório). Nota: para obras de estradas utiliza-se a compactação pesada nos ensaios as realizar, Proctor e CBR – LNEC E 197. Pela especificação LNEC E 242 os valores compactação relativa ou grau de compactação deve situar-se entre os 95% e os 100%.

- Ensaio CBR realizado “In situ” – podem ser realizados sobre todo o tipo de solos.

5.1.4.3 Determinação da expansibilidade

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D4829-03; LNEC E 200 – 1967; LNEC E 195

- **Finalidade**

Determinar a variação de volume em % da fração de solo que passa no peneiro ASTM 0,420 mm, quando em condições definidas de compactação absorve água por capilaridade através de placa porosa.

- **Local**

Laboratório

“In Situ”

- **Equipamento**

Equipamento para determinar a expansibilidade; pilão de compactação; defletómetro graduado em centésimas de milímetro, estufa controlada a 60.°C; peneiro ASTM 0,420 mm; frasco de vidro de dimensões necessárias e de fecho hermético; espátula

- **Descrição**

Amostra com cerca de 100 gr de solo que passa no peneiro 0,420 mm; seca-se a amostra em estufa a 60.° durante 16 horas e deixa-se arrefecer no frasco hermeticamente fechado, devendo ficar cheio; monta-se o aparelho de medição de expansibilidade; compacta-se o solo por camadas iguais com o pilão efetuando 50 compressões; realizada a compressão retira-se alonga e rasa-se cuidadosamente e volta-se a montar alonga; coloca-se o aparelho dentro de um recipiente de vidro e monta-se o defletómetro com leitura inicial de zero (I₀); deita-se água destilada dentro do recipiente até ao nível da face superior da base do aparelho (placa porosa); fazem-se leituras periódicas ao defletómetro em intervalos de 2 horas, leitura final (I_x); determina-se a expansibilidade do solo = (leitura do defletómetro I_x – leitura do defletómetro I₀)/15 (%).

5.1.5 Ensaio de Resistência de Solos

5.1.5.1 Determinação da consolidação edométrica com 5 escalões de carga e 2 de descarga – com leituras para determinação da Curva de Consolidação – Tempo

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO 17892-5:2017

- **Finalidade**

Determinar a curva de consolidação de um solo - tempo e diferentes de carga e descarga.

5.1.5.2 Determinação da consolidação edométrica – Adicional por cada escalão de carga com leituras para determinação da Curva de Consolidação – Tempo (T50 e T90)

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO 17892-5:2017

- **Finalidade**

Determinar a curva de consolidação de um solo - tempo e diferentes de carga e descarga.

5.1.5.3 Determinação da consolidação edométrica – Adicional por cada escalão de carga e descarga

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO 17892-5:2017

- **Finalidade**

Determinar a curva de consolidação de um solo - tempo e diferentes de carga e descarga.

5.1.5.4 Ensaios edométricos com medição de deslocamentos e das tensões totais e neutras em amostras saturadas (edómetro hidráulico de Rowe)

- **Normas e Especificações**

Norma: BS 1377-6:1990

- **Finalidade**

Determinação de tensões totais e neutras e deslocamentos em solos saturados

5.1.5.5 Ensaios edométricos com medição de permeabilidade em cada escalão (edómetro hidráulico de Rowe)

- **Normas e Especificações**

Norma: BS 1377-6:1990

- **Finalidade**

Determinação de permeabilidade do solo

5.1.6 Ensaios de Corte Direto

5.1.6.1 Ensaios de corte direto consolidado – condições de solo drenado

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO/FDIS 17892-10:2018

- **Finalidade**

Determinar a coesão aparente do solo e o ângulo de resistência ao esforço cortante em condições de carga semelhantes às reais. Os ensaios de corte direto são conduzidos em função da informação que necessitamos obter, ou seja, em função do estudo a realizar. Reproduz-se as condições reais da obra a realizar como a velocidade de carregamento, condições de drenagem do solo, tipo de carga, etc. Os ensaios de corte podem ser realizados com drenagem (ensaio lentos) e sem drenagem (ensaio rápidos). Não é possível realizar ensaios rápidos em solos permeáveis, pois dá-se a consolidação antes do fim do ensaio

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Caixa retangular dividida horizontalmente em duas metades.

- **Descrição**

O solo a ensaiar é colocado dentro da caixa de ensaio sob forma de prisma, a amostra é numa primeira fase submetida a uma pressão vertical constante e aplica-se uma força horizontal progressivamente crescente, originando um corte no plano que divide as duas metades da caixa de ensaio. Este ensaio é repetido para vários provetes aplicando tensões verticais diferentes, de modo a representar a forma evolutiva da resistência ao corte em função das tensões verticais aplicadas.

5.1.7 Ensaios de Triaxiais

5.1.7.1 Ensaio Triaxial – Consolidado drenado, consolidado não drenado, não consolidado não drenado, não consolidado não drenado, com consolidação anisotrópica, com trajetórias de tensão impostas (“Stress-Path”), com instrumentação interna, com medição de ondas sísmicas (S e P) com Bender Elements, determinação do coeficiente de permeabilidade.

- **Normas e Especificações**

Norma: ISO/FDIS 17892-9:2017

- **Finalidade**

Sujeita-se um provete de solo cilíndrico a tensões de compressão verticais e de compressão lateral uniformemente distribuída por toda a superfície lateral do cilindro sendo a tensão de rotura atingida pela variação de um destas grandezas sem imposição prévia do plano de rotura.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Aparelho de ensaio triaxial, e equipamento de medição de tensões neutras.

- **Descrição**

O ensaio pode ser realizado sem drenagem (ensaio rápido), sem drenagem com consolidação prévia (ensaio rápido) e com drenagem (ensaio lento). Pode-se efetuar a medição de tensões neutras o que permite obter parâmetros de corte em termos de tensões efetivas (de maior interesse).

5.1.7.2 Ensaio de Permeabilidade do Permeâmetro

- **Normas e Especificações**

Norma: CEN ISO/TS 17892-11:2004

- **Finalidade**

Obter o coeficiente de permeabilidade de um solo, ou seja, determinar a capacidade de água circular num meio poroso, com um determinado grau de saturação e com diferentes formas e tamanhos de partículas.

O coeficiente de permeabilidade determina-se pela Lei de Darcy, onde o escoamento da água é feito em regime laminar, com velocidade de escoamento diretamente proporcional ao gradiente hidráulico num determinado ponto do escoamento.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Permeâmetros de carga constante e variável; balança; peneiro ASTM n.º 4; termómetro; proveta; anéis plásticos; destilador e doseador de água; anéis plásticos, etc.

- **Descrição**

Realizar o ensaio Proctor com compactação pesada (obras de vias rodoviárias) e determinar a curva de compactação do solo, a sua baridade máxima e o teor ótimo de água; compacta-se o solo para o teor ótimo de água; coloca-se o provete no cilindro do ensaio de permeabilidade sobre a pedra porosa do cilindro uma camada de areia grossa e a tela metálica, instala-se um anel plástico sobre o material que ficará em contato com a argila impermeável; sobre a tela instala-se o provete preenchendo em volta com argila plástica de forma a não deixar passar água entre as paredes do permeâmetro e o provete; coloca-se um anel de plástico sobre a argila e preenche o restante do cilindro com areia grossa – conclui-se a instalação do permeâmetro; procede-se à saturação no sentido da base para topo para expulsar o ar dos vazios do solo até que saia água no topo do equipamento; inicia-se o fluxo no sentido do topo para a base e efetua-se medições de cargas e tempos correspondentes e temperaturas da água; mantém o nível do reservatório constante, saindo a água pelo extravador e nota-se o intervalo de tempo para o escoamento de 50 cm³ do solo para a proveta; repete-se o ensaio para diferentes alturas do nível da água; determina-se o coeficiente de permeabilidade do solo (K), para uma temperatura de água de 20.º C.

5.1.7.3 Classificação de solos para fins rodoviários

- **Normas e Especificações**

- Norma: LNEC E 240 (classificação igual à norma AASHO de 1945)

- **Finalidade**

- Classificação de solos com aptidão para utilização em construção de vias rodoviárias. Esta classificação resulta do conhecimento dos ensaios de verificação:
- Análise granulométrica E- 239; - Limites de Atterberg – NP-143.

- **Procedimento de classificação – LNEC E 240**

- Se na análise granulométrica tivermos um solo que passe menos 35% no peneiro ASTM n.º 200, temos um solo granular do tipo (A-1; A-2; A-3), se passar no peneiro ASTM n.º 200 mais de 35% de material temos um solo Silto-Argiloso (A-4; A-5- A-6; A-7).

- Material granular (A-1; A-2; A-3):
 - Se a percentagem de solo passado no peneiro ASTM n.º 200 for inferior a 25% então a designação do solo é atribuída pela percentagem de material passado nos peneiros ASTM n.º 200, 10 e 40 e pelo limite de liquidez e limite de plasticidade: (A-1-a; A-1-b; A-2-4; A-2-5; A-2-6; A-2-7);
 - Se a percentagem de solo passado no peneiro ASTM n.º 200 for superior a 25% o solo pertencerá ao grupo A-2 e ao subgrupo (A-2-4; A-2-5; A-2-6; A-2-7) determinando pelo limite de liquidez (wL) e pelo índice de plasticidade (Ip).
- Material silto-argiloso (A-4; A-5-A-6; A-7) – considerar análise granulométrica sem sedimentação:
 - Nestes casos para a classificação do solo observam-se os valores do limite de liquidez wL e do índice de plasticidade Ip. Se verificar uma das condições:
$$Ip < wL - 30 \rightarrow A-7-5$$

$$Ip > wL - 30 \rightarrow A-7-6$$
 - Determina-se ainda o índice de grupo com base nos valores das percentagens passadas no peneiro ASTM n.º 200; limite de liquidez e índice de plasticidade. Caso o solo não seja plástico o índice de grupo é zero.
 - Caso o solo disponha de partículas de dimensão superior a 75 mm (calhaus) retidas no peneiro ASTM n.º 3 deve-se registar essa percentagem de agregado e considerá-la para classificação dos solos para solos rodoviários LNEC E 242.

5.1.7.4 Classificação unificada de solos – classificação segundo A. Casagrande

- **Normas e Especificações**

Norma: Classificação segundo A. Casagrande usada no Regulamento de pequenas barragens de terra.

- **Finalidade**

Classificação de solos com aptidão para utilização em construção de aterros de estradas, aeródromos e pequenas barragens de terra.

- **Procedimento de classificação – A. Casagrande**

Esta classificação de um solo é atribuída com base nos ensaios da análise granulométrica do solo e os ensaios de determinação dos limites de Atterberg. Como auxiliar para a classificação unificada de solos pode-se recorrer à TABELA II do “CPP 524 – Ensaios para controlo de terraplanagens.”

5.1.8 Periodicidade de realização dos ensaios em solos

A heterogeneidade do solo existente no local da obra e a tipologia da via rodoviária a construir determina a frequência da realização dos ensaios a realizar, por norma, a frequência de cada tipo de ensaio encontra-se no caderno de encargos do projeto de execução.

De forma genérica e de forma informativa para controlo de solos em obras de construção pode-se considerar os seguintes valores indicativos:

- Granulometria – 1 a 2 ensaios por 1000 m3 de material compactado;
- Limites de Atterberg – 1 a 2 ensaios por 1000 m3 de material compactado ou quando o solo varia;
- Equivalente de areia – 1 a 4 ensaios de 1000 m3 material compactado ou 5 por 1000 ml de via;
- Ensaio de compactação – 1 a 2 ensaios por 1000 m3 de material compactado ou 2 por 1000 ml de via;
- Teor de água “in situ” - 1 a 5 ensaios por 1000 m3 de material compactado ou 5-10 por 1000 ml de via;
- Baridade seca “in situ” (compactação relativa) - 1 a 5 ensaios por 1000 m3 de material compactado ou 5-10 por 1000 ml de via;
- CBR – 1 por 1000 ml de via.

5.1.9 Ensaios em rocha

5.1.9.1 Determinação conjunta da massa volúmica, porosidade e absorção

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 1097-6: 2001

5.1.9.2 Determinação da tensão de rotura – Compressão diametral

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D3967-16

5.1.9.3 Determinação da tensão de rotura – Compressão uniaxial em solos

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D7012-14e1

5.1.9.4 Determinação da tensão de rotura, módulo de deformabilidade – Compressão uniaxial

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D7012-14e1

5.1.9.5 Determinação da tensão de rotura, módulo de deformabilidade e Coeficiente de Poisson – Compressão uniaxial

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D7012-14e1

5.1.9.6 Determinação da tensão de rotura, módulo de deformabilidade e Coeficiente de Poisson - Carga Pontual

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D573116

5.1.9.7 Determinação do coeficiente de fragmentabilidade

- **Normas e Especificações**

Norma: NF P 94-066

5.1.9.8 Determinação do coeficiente de degradabilidade

- **Normas e Especificações**

Norma: NF P 94-067

5.2 AGREGADOS

5.2.1 Propriedades básicas do agregado

5.2.1.1 Determinação da baridade dos inertes

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: NP EN 1097-3; LNEC E 3-1952;

- **Finalidade**

Determinação da razão entre a massa de um determinado de uma porção de agregado e o volume que ele ocupa (gr/cm^3). Depende do volume de vazios que, por sua vez, está ligada ao índice de compactação e grau de saturação.

5.2.1.2 Determinação da massa volúmica e absorção de água em areias

- **Normas e Especificações**

Norma: NP-954

5.2.1.3 Determinação da massa volúmica e absorção de água britas e godos

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 58

5.2.1.4 Determinação de absorção de água

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 581; NP 954; NP EN 1097-

5.2.1.5 Determinação do teor de água total e superficial

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 956

5.2.1.6 Determinação do teor de água superficial nas areias

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 957

5.2.1.7 Determinação do índice de lamelação ou achatamento

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 933-3; BS 812 Part 10

- **Finalidade**

Determinação do índice de forma de um agregado natural ou artificial seco de dimensão superior a 4 mm e inferior a 80 mm.

5.2.1.8 Determinação do coeficiente de alongamento ou forma

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 933-4; BS 812 Part 10

5.2.1.9 Determinação da resistência à fragmentação - Método de “Los Angeles”

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: NP EN 1097-2; LNEC E 237-1970

- **Finalidade**

Determinar perda por desgaste do agregado

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Máquina de “Los Angeles”; carga abrasiva em 12 esferas de aço cada uma com massa entre 390gr e 445 gr (massa total de mais ou menos 5000 gr); peneiros ASTM 76,10 mm, 64,00 mm, 50,80 mm, 38,10 mm, 25,40 mm, 19,00 mm, 9,51 mm, 6,35 mm, 4,76 mm, 2,38 mm, 1,68 mm; balança, estufa de secagem.

- **Descrição**

Lava-se o agregado e seca-se em estufa; efetua-se a peneiração do agregado conforme Quadro I da especificação LNEC E 237; forma-se o provete pesando cada uma das frações retidas nos peneiros e considerar as frações que melhor se adote à utilização da obra; pesa-se o provete obtido; constitui-se a massa abrasiva conforme Quadro II da especificação LNEC E 237; coloca-se o provete e massa abrasiva na máquina; o cilindro da máquina deve fazer por ensaio 500 a 1000 rotações a velocidade de rotação de 30 a 33 rpm (depende da composição granulométrica do agregado); retira-se o agregado e faz-se passar pelos peneiros 4, 76 mm e 1,68 mm; o material retido no peneiro 1,68 mm e lavado dentro do peneiro, posteriormente seco em estufa e pesa-se o material; determina-se a percentagem de perda por desgaste de “Los Angeles” $\text{Perda por desgaste} = \frac{\text{massa do provete} - \text{massa do provete retido no peneiro 1,68 mm}}{\text{massa do provete}}$.

5.2.1.10 Determinação do desgaste pelo ensaio do polímero acelerado

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1097-1:2011

- **Finalidade**

Determinação do desgaste do agregado, pelo ensaio do polímero acelerado.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Máquina de polimento acelerado

- **Descrição**

A máquina de polímero acelerado faz rolar um pneu com 20 cm de diâmetro com pressão de 45 psi sobre 14 provetes de camada de desgaste (agregado e betume asfáltico) por exemplo, com cerca de 9 cm de comprimento e 4,5 cm fixos sobre uma “roda-estrada” que gira a uma velocidade linear de 24 km/h. O agregado usado na mistura é de cerca 1 cm de eq (diâmetro equivalente).

O ensaio tem uma duração de 6 horas, dividido em duas fases de três horas cada, a primeira fase é adicionada à “roda-estrada” água e esmeril em grão e na segunda fase, é adicionado água e esmeril em pó.

As alterações de polimento da superfície dos provetes pela resistência ao escorregamento, por atrito dinâmico.

A medição desse coeficiente de atrito é feita pelo método do “pendulo britânico”, para medição da resistência à derrapagem. Nesta medição é utilizado um medidor mais estreito e um comprimento de escorregamento inferior aos usados no ensaio dos pavimentos, usando-se uma escala adicional mais pequena, o valor lido nessa escala designa-se por “coeficiente de polimento acelerado” e varia entre 0,3 para pedra suscetível de ficar altamente polida e 0,8 para pedra apta para manter –se áspera sobre todo o tipo de condições de trânsito.

5.2.1.11 Determinação da resistência ao desgaste (Ensaio Micro-Deval)

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 1097-1: 2002 (IPQ, 2002)

- **Finalidade**

Obter a resistência ao desgaste de um agregado quando submetido a uma carga abrasiva com ou sem água – Ensaio micro-Deval

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Equipamento eletromecânico com tambor rotativo

- **Descrição**

O agregado 500 gr e 4500gr de material abrasivo (esferas de aço de diâmetro de mais ou menos 10mm) é colocado no interior de tambor rotativo de uma máquina, sujeito a 12000 rotações com uma velocidade de mais ou menos 100 rpm. O ensaio pode ser realizado com água e carga abrasiva, neste caso, coloca-se cerca de 2,5 lt de água. Por cada amostra devem ser realizados dois provetes, por cada provete é determinado o coeficiente micro-Deval ($MDE=(500-m) / 5 \%$ – agregados húmidos ou $MDS=(500-m) / 5 \%$ – agregados secos), o que, corresponde a uma percentagem do material agregado inicial (m) reduzido à dimensão de 1,6mm.

O coeficiente micro-Deval é dado pela média dos ensaios realizados da amostra.

5.2.1.12 Determinação da resistência ao esmagamento

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 1039; LNEC E 154-1964; BS 812:1960

- **Finalidade**

Determinação da resistência ao esmagamento do agregado, medida em percentagem de material friável.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Esmagador; máquina de compressão de 40tf; medida constituída por um recipiente cilíndrico metálico de 11 cm de diâmetro interior, 18 cm de altura, com estrutura indeformável; pelão metálico de secção circular com 16 mm de diâmetro, 600 mm de comprimento e extremidade arredondada; rasoura de 20 cm de comprimento; balança para pesagens até 15 kg; estufa com ventilação capaz de manter 105.°C

- **Descrição**

Amostra de agregado de partículas que passem no peneiro 12,7 mm e sejam retidas no peneiro 9,52 mm, com 10 kg; seca-se em estufa a temperatura de 105.°C durante 24 horas; deixa-se arrefecer o agregado até temperatura ambiente; peneira-se o agregado nos peneiros 12, 7 mm e 9,52 mm e pesa-se a fração retida no último; Com esta fração enche-se a medida por três camadas em cada uma delas se compacta com 25 pancadas, cada uma delas deve ter um terço da altura da medida; determina-se a massa do provete preparado; passa-se ao esmagador e coloca-se o êmbolo sobre o provete e carrega-se o êmbolo progressivamente ao ritmo de 65kgf/s até atingir 40tf; liberta-se o provete e peneira-se no peneiro 2,38mm e pesa-se o material que passou neste peneiro; a percentagem do material friável de cada provete é dado pela fração da massa que passa no peneiro 2,38 mm pela massa do provete após compactação.

5.2.1.13 Determinação da degradabilidade

- **Normas e Especificações**

Norma: NF P94-067

5.2.2 Identificação do agregado

5.2.2.1 Análise granulométrica do agregado

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 933-1:2012; LNEC E 233

- **Finalidade**

Determinar a composição granulométrica de um agregado, isto é, determina de quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas do agregado finos e grossos, para construção rodoviária. A análise granulométrica não considera o filler nem o agregado proveniente de misturas betuminosas.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Peneiros ASTM compreendidos entre a malha 90,50mm e 0,074 mm; balança; estufa; tabuleiros, colheres de pedreiro, etc.

- **Descrição**

Após a secagem da amostra do agregado em estufa, faz-se passar na série de peneiros ASTM desde a malha 90,50 mm até 0,074 mm começando o $D_{máx}$ do inerte do agregado; a peneiração prossegue até que durante um minuto não passe mais de 1% do material nele retido; termina a peneiração e pesa-se o material retido em cada peneiro; com base nesses valores calculam-se as massas acumuladas que passam em cada peneiro com valores em % relativa ao total da massa da amostra; constrói-se a curva granulométrica do agregado e classifica-se o agregado quanto à sua composição granulométrica através dos coeficientes de curvatura e uniformidade.

5.2.2.2 Análise granulométrica do teor de finos do agregado, material que passa no peneiro n.º 200 ASTM

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 933-1:2012; LNEC 235-1969

- **Finalidade**

Determinação da análise granulométrica do agregado fino que passa no peneiro ASTM n.º 200 – 0,074 mm

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Peneiros ASTM 38,10 mm, 19,00 mm, 9,51 mm, 4,76 mm, 2,38 mm, 1,19 mm e 0,074 mm; balança; estufa de secagem; repartidor

- **Descrição**

Define-se a amostra de acordo com a especificação LNEC E 232 – “agregados para pavimentação” com as quantidades inscritas no Quadro I da especificação LNEC E 235; seca-se o provete em estufa a 105.º C até estabilizar o valor da massa, e peso a massa do provete nestas condições; coloca-se o provete no recipiente com água e agita-se vigorosamente até fazer soltar os finos; verte-se a água sobre os peneiros sobrepostos 1,19 mm e 0,074 mm; deita-se a água noutra recipiente e repete-se a operação anterior até a água ficar limpa; junta-se o material retido nos peneiros e no recipiente, secam-se em estufa e pesam-se; determina-se a percentagem do material que passa no peneiro ASTM n.º 200 0,074 mm por : massa do provete – massa do provete que passou no peneiro 0,074 mm / massa do provete.

5.2.2.3 Análise granulométrica de filler para misturas betuminosas

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 933-1:2012; LNEC E 234-1969

- **Finalidade**

Quantificar a distribuição dos tamanhos das partículas que constituem o filler mineral usado nas misturas betuminosas

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Peneiros ASTM 0,841 mm, 0,420 mm, 0,177 mm e 0,074 mm; balança; estufa de secagem; repartidor

- **Descrição**

Forma-se o provete por esquarteamento com massa aproximada de 50 gr; seca-se o provete em estufa a 105.°C; coloca-se o provete no peneiro 0,074 mm com fundo, agita-se e bate-se no peneiro inclinado por volta das 150 pancadas por minuto, roda-se o peneiro por volta de 1/6 e dá-se 25 pancadas até que deixe de passar durante 1 minuto 0,5 gr; pesa-se o material retido no peneiro 0,074 mm e coloca-se em seguida no peneiro 0,177 mm; repete-se a peneiração pelo mesmo método anterior; registam-se as massas de material retido em cada peneiro e no fundo; com base nos valores do material retido em cada peneiro e na massa do provete determina-se a percentagem do material que passou em cada peneiro, obtendo a análise granulométrica do filler.

5.2.2.4 Determinação teor de Finos – Ensaio de Azul de Metileno

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 933-9: 2009; NF P 18-592 - Método da mancha.

- **Finalidade**

O valor de adsorção de azul metileno (V_{am}) é um parâmetro que permite identificar a qualidade e finos no agregado, ou apurar o grau de limpeza de um agregado.

$V_{am} = (V_{am} * f) / 100$, sendo f a percentagem de finos de dimensão $< 0,075\text{mm}$

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Balança, recipiente de vidro, caulinite de Vam e água destilada

- **Descrição**

O ensaio de adsorção do azul de metileno consiste em pegar num provete com 30gr de agregado fino, 30gr de caulinite de “Vam” e 500 ml de água destilada, ir indo acrescentando doses crescentes de azul de metileno até que as superfícies das partículas com capacidade de adsorção estejam completamente cobertas. Neste momento passa a existir excesso de azul de metileno na preparação o que corresponde ao fim do ensaio. Pelo método da mancha ou teste da macha consiste em colocar uma gota da preparação do azul de metileno sobre papel de filtro e verificar se a mancha tem uma auréola azul claro, se tiver, traduz um excesso de azul de metileno livre na preparação indicado que as partículas com capacidade de absorção estão cobertas pelas moléculas do azul do metileno.

5.2.2.5 Determinação teor de finos – Ensaio do Equivalente de areia

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: NP E 933-8:2011;

5.2.2.6 Determinação do teor de partículas fragmentáveis

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: NP 1380

5.2.2.7 Determinação do teor em partículas muito finas e matérias solúveis

- **Normas e Especificações**

Norma: NP 86

5.2.2.8 Determinação percentagem de material britado

- **Normas e Especificações**

Norma: NLT 58

5.3 LIGANTES BETUMES E EMULSÕES BETUMINOSAS

5.3.1 Betumes – Colheitas de amostras

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 58

5.3.2 Betumes – Preparação das amostras para ensaio

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 12594

5.3.3 Peso específico de ligantes betuminosos

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: ENSAIO PELB - LNEC E 35

5.3.4 Penetração de betumes

- **Normas e Especificações**

Norma: ENSAIO (PENB) – ASTM D 5

5.3.5 Betumes – Determinação da densidade do betume

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D 70

5.3.6 Betumes – Recuperação de betume

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 12697-3

5.3.7 Betumes – Determinação da penetração com agulha

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1426

- **Finalidade**

Determinar a consistência do betume ou ligante betuminoso quando ensaiado segundo a norma EN 1426 pelo método da agulha a uma temperatura de 25.°C. A penetração da agulha no betume é determinada em décimas de milímetro de uma agulha normalizada penetra numa amostra de material sob condições específicas de temperatura, carga e duração de tempo.

- **Local**

Laboratório

- **Descrição**

Preparação do ensaio conforme na norma EN 12594 e na Seção 6.3 da norma EN 1426.

Realização do ensaio pela norma EN 1426.

5.3.8 Betumes – Determinação da Temperatura de amolecimento: Método do Anel e Bola

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1427

- **Finalidade**

Determinar da temperatura de amolecimento de betumes e ligantes betuminosos (temperatura de serviço para a qual atinjo a deformação de aproximadamente 25mm). A partir desta característica conhecemos a consistência do betume.

- **Local**

Laboratório

- **Descrição**

Preparação do ensaio conforme na norma EN 12594 e na Seção 7 da norma EN 1427.

Realização do ensaio pela norma EN 1427.

5.3.9 Betumes – Resistência ao endurecimento sob influência de calor RTFOT

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1427

- **Finalidade**

Determinar da temperatura de amolecimento de betumes e ligantes betuminosos (temperatura de serviço para a qual atinjo a deformação de aproximadamente 25mm). A partir desta característica conhecemos a consistência do betume.

- **Local**

Laboratório

- **Descrição**

Preparação do ensaio conforme na norma EN 12594 e na Seção 7 da norma EN 1427.

Realização do ensaio pela norma EN 1427

5.3.10 Emulsões- Determinação da polaridade da emulsão betuminosa

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1430

5.3.11 Emulsões – Determinação do teor em água de emulsões betuminosas – método de destilação azeotrópica

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1428

5.3.12 Emulsões – Determinação da tendência para sedimentar de uma emulsão betuminosa

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 12847

5.3.13 Emulsões – Determinação do resíduo de peneiração de uma emulsão betuminosa e da estabilidade de armazenamento por peneiração

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1429

5.4 PAVIMENTOS BETUMINOSOS FLEXIVEIS

5.4.1 Caracterização das misturas betuminosas

5.4.1.1 Determinação da mistura betuminosa - Método de Marshall

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D 1559; LNEC E 26-1968

- **Finalidade**

Pelo método de Marshall obtém-se:

Efetuar o estudo da composição das misturas betuminosas fabricadas a quente com betume asfáltico e com agregados de dimensões inferiores a 25,4 mm.
Determinação do teor ótimo de betume.

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

Molde metálico; suporte de molde; extrator de provetes; pilão de compactação 4,54kg; pedestal de compactação; estabilómetro Marshall; misturador metálico com capacidade de 5,00lts; banho-maria controlado por termóstato, estufas ou placas de aquecimento; balança; prensa manual ou elétrica; defletómetro; termómetros; recipientes apropriados para agregados e betumes.

- **Descrição (estudo do teor ótimo de betume pelo método de Marshall)**

Preparação dos provetes: preparação de provetes conforme ensaio de compressão Marshall com várias percentagens de betume, usando pelo menos 3 provetes para cada percentagem de betume.

Técnica de ensaio: para cada provete registar força de rotura e deformação;

- Determinar as baridades das misturas (ρ g/cm³);
- Determinar a baridade máxima teórica (ρ_t g/cm³) = $100 / \sum (p_{mbi} / \rho_{mbei} + p_b / \rho_b)$;
- Determinar a porosidade $n = (\rho_t - \rho_{provetete}) / \rho_t * 100$;
- Determinar teor volumétrico em betume (C_b) = $\rho_{provetete} * p_b (\%) / \rho_b$;
- Determinar a porosidade sem betume $n_i = n + C_b$
- Determinar o grau de saturação em betume $S_b = C_b / n_i * 100$

Resultados: Traçar as cinco curvas características da mistura que se exprimem em função da percentagem de betume (marcada nas abcissas) e as variações das grandezas abaixo indicadas (marcada nas ordenadas):

- . força de rotura;
- . baridade do provete;
- . porosidade do provete;
- . grau de saturação do provete;
- . deformação.

A partir das cinco curvas características determinar a percentagem de betume para cada um; determinar a média dos valores obtidos; para obras de vias rodoviárias obtém-se assim o teor ótimo de betume

5.4.1.2 Determinação da mistura betuminosa e suas características mecânicas - método de Hveem (três ensaios)

- **Normas e Especificações**

- Norma: (método de Hveem)

- **Finalidade**

- Determinação da mistura betuminosa e características mecânicas.

- **Local**

- Laboratório: são realizados três ensaios em laboratório, o estabilómetro e o coesímetro para misturas betuminosas com $D_{máx}$ de 2,5 cm;
- Determinação do equivalente de querosene centrífugo (determinação do teor ótimo de betume).

- **Descrição**

- Ensaio do estabilómetro e o coesímetro os provetes tem 6 cm de altura e 10 cm de diâmetro; o provete é envolvido numa membrana de borracha durante o ensaio; compactação com uma carga estática;
- Ensaio de estabilómetro: determina-se a baridade e o índice de vazios do provete compactado a 60.º C (trata-se de um ensaio triaxial com aplicação de cargas verticais e se lêem as pressões laterais resultantes dos incrementos das cargas verticais);
- Ensaio coesímetro: é um ensaio de flexão realizado a uma temperatura no provete de 60.ºC; a carga é aplicada de forma constante;
- Ensaio de equivalente de querosene centrífugo (CKE): A parcela de agregado que passa no peneiro ASTM n.º 4 é saturada com querosene e depois centrifugada; a parcela do agregado que que passa no peneiro ¾” a té ao n.º 4 (parcela grossa do agregado) é saturada com óleo lubrificante e deixada a drenar durante 15 min a 60.ºC; os pesos do querosene e do óleo retidos são usados para determinar o teor ótimo de betume na mistura.

5.4.2 Controlo de qualidade dos pavimentos

5.4.2.1 Colheita das amostras das misturas

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 12697-27

5.4.2.2 Preparação de amostras das misturas

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1269728

5.4.2.3 Medição dos carotes

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 12697-29

5.4.2.4 Preparação dos carotes para ensaio

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 12697-28

5.4.2.5 Características de provetes betuminosos

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D 3203

5.4.2.6 Ensaio de compressão Marshall

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D 1559; NP EN 12697-34; NP 142

- **Finalidade**

Pelo método de Marshall obtém-se:

Fornecer indicações sobre o comportamento de uma mistura betuminosa sob ação de cargas (resistência mecânica e deformabilidade);

- **Local**

Laboratório

- **Equipamento**

- Molde metálico; suporte de molde; extrator de provetes; pilão de compactação 4,54kg; pedestal de compactação; estabilómetro Marshall; misturador metálico com capacidade de 5,00lts; banho-maria controlado por termóstato, estufas ou placas de aquecimento; balança; prensa manual ou elétrica; defletómetro; termómetros; recipientes apropriados para agregados e betumes.

- **Descrição**

Preparação do provete: seca-se o agregado em estufa a 105.°C; confeciona-se a mistura betuminosa conhecidas que estejam as quantidades de cada material, começando por pesar as quantidades para formar um provete com cerca de 63,50 mm de altura e 1200 gr de peso.; aquecem-se os agregados em estufa entre 140.° e 160.° durante uma hora;

introduz-se o molde e o martelo de compactação em estufa para aquecimento a 100.º C; ao mesmo tempo aquece-se o betume em quantidade superior ao necessário a temperatura entre 120.º C e 140.º C durante 45 minutos; aquecidos os materiais colocam-se no misturador e inicia-se a mistura com a pesagem do betume necessário; vaza-se a mistura sobre um papel de filtro previamente preparado e molda-se o provete, se a temperatura for inferior a 120.º C rejeita-se o provete e volta-se a confeccionar outro; feito molde do provete inicia-se a sua compactação (para estradas, a compactação é feita com 50 pancadas); volta-se o provete no sentido oposto e volta-se aplicar as 50 pancadas; retira-se o papel de filtro, desmolda-se o provete e deixa-se arrefecer a temperatura ambiente durante 2 minutos, caso se trate de uma mistura aberta o arrefecimento é feito ao ar; pesa-se e mede-se o provete e a altura deverá ter 63,50 mm, caso contrário será rejeitado; deixa-se arrefecer.

Caso os provetes provenham de um pavimento de obra deverá a força aplicada na compactação ser multiplicada por 5.

- Técnica de ensaio: aquece-se o provete em banho-maria a 60.º C durante 20 minutos; coloca-se no provete o estabilómetro e o defletómetro na prensa; aplica-se força crescente até levar o provete à rotura com uma velocidade dos pratos da prensa de 50 mm por minuto; entre tirar o provete de banho-maria e a rotura não deve decorrer mais 30 s; para determinar o encurtamento provete devem-se registar as leituras do defletómetro no início do ensaio e no momento da rotura.

Resultados: A força da prensa que levou o provete é medida em Kgf e deve ser corrigida em função do volume (cm³) e altura média do provete (mm).

5.4.2.7 Avaliação do comportamento das misturas betuminosas - método de Hubbard-Field

- **Normas e Especificações**

Norma: Método empírico desenvolvido em 1925 por Hubbard-Field

- **Finalidade**

Avaliar as propriedades mecânicas das misturas betuminosas. O ensaio permite determinar a força máxima desenvolvida sobre um provete a 60.º C de temperatura, com 5 cm de diâmetro; 2,5 cm de altura é forçada através de um orifício normalizado com cerca de 4,5 cm. Esta carga é considerada uma força de estabilidade, e ocasiona uma rotura de corte por puncionamento.

- **Local**

Laboratório

- **Descrição**

Preparam-se dois ou três provetes com 5 cm de diâmetro; 2,5 cm de altura é forçada através de um orifício normalizado com cerca de 4,5 cm cada um com um teor de betume 0,5% acima ou abaixo do teor ótimo de betume para a mistura; após a realização dos ensaios registam-se os seguintes valores:

- . baridade versus teor de betume;
- . força de estabilidade versus teor de betume;
- . percentagem de vazios da mistura versus teor de betume;
- . percentagem de vazios do agregado versus teor de betume.

O teor ótimo de betume da mistura determina-se segundo:

- . Tráfego pesado: Força de estabilidade mínima 900 kg e índice de vazios de mínimo de 2% e máximo de 5%;
- . Tráfego médio: Força de estabilidade mínima 540 kg e máxima de 900 kg e índice de vazios de mínimo de 2% e máximo de 5%;
- . Tráfego leve: Força de estabilidade mínima 540 kg e máxima de 900 kg e índice de vazios de mínimo de 2% e máximo de 5%.

5.4.2.8 Determinação do teor de betume na mistura método de Ignição/ inceneração

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D-6307

- **Finalidade**

Determinação da percentagem de betume na mistura

5.4.2.9 Determinação da percentagem de betume, por centrifugação ou pelo método do refluxo

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D 2172

5.4.2.10 Determinação da baridade de misturas compactas – provetes compactados

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D-2726

5.4.2.11 Determinação do índice de vazios – Macro ensaio

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: Procedimento LNEC

5.4.2.12 Determinação da adesividade “aglutinantes-inertes”

- **Normas e Especificações**

Especificação Técnica: JAE P.9-53

5.4.2.13 Determinação do efeito da água sobre a coesão de misturas betuminosas abertas mediante o ensaio Cântabro de perda por desgaste

- **Normas e Especificações**

Norma: NLT 362

5.4.2.14 Determinação da permeabilidade (misturas betuminosas porosas)

- **Normas e Especificações**

Norma: LCS – NLT 327

5.4.2.15 Determinação do atrito pelo ensaio do pêndulo Britânico

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 13036-4; ASTM E 303-93

5.4.2.16 Determinação do desgaste de um pavimento betuminoso pelo método do polímero

- **Normas e Especificações**

Norma: EN 1097 – 8

5.4.2.17 Determinação da macro textura (rugosidade) do pavimento pelo método Mancha de areia

- Normas e Especificações

Norma: EN 13036-1: 2010; ASTM E 965; Proc. LNEC

- **Finalidade**

Avaliar a textura do pavimento betuminoso pela sua evolução desgaste provocado pela passagem do tráfego

- **Local**

- “In Situ”

- **Equipamento**

Recipiente com volume de 25 cm³, régua de comprimento 30cm; disco circular com superfície de espalhamento em borracha dura; areia ou esferas de vidro (perfeitamente normalizado com a areia).

- **Descrição**

Limpeza do local do pavimento betuminoso a ensaiar, deve estar limpo e seco; com um auxílio do disco e superfície de borracha espalhar a areia de forma a obter uma superfície circular; a areia deve granulometria padrão, 90% do material passado no peneiro 0,25 mm e retido no peneiro 0,18 mm; quando toda a textura do pavimento tiver preenchida com areia e não seja possível aumentar mais a área de espalhamento, o ensaio termina; medir o diâmetro do círculo; repetir o ensaio pelo menos 4 vezes; efetuar a média dos diâmetros obtidos nos ensaios realizados; conhecendo a média dos diâmetros determinar a média da textura do pavimento por: $MTD = 4 * V * \Pi * D^2$ (mm) Sendo V o volume da areia espalhada em mm³; D diâmetro médio do círculo obtido nos ensaios (mm). O método MTD tem mínimos de aplicabilidade entre 0,25 mm e 5 mm em camadas betuminosas de desgaste e devem estar em conformidade com o CE das Infraestruturas de Portugal.

5.4.2.18 Determinação da baridade máxima teórica pelo método do picnómetro de vácuo

- Normas e Especificações

Norma: ASTM D-2041

5.4.2.19 Determinação da resistência à compressão simples de misturas betuminosas

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D-1074

5.4.2.20 Determinação da resistência conservada baseada na norma (adaptada a provetes Marshall)

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D-1075; MIL-STD-620A e RILE BM/N. °3

5.4.2.21 Determinação da capacidade de carga pelo ensaio de carga com placa

- **Normas e Especificações**

Norma: AFNOR NF P94-117-1; DIN 18134; Ensaio com placa do LNEC

- **Finalidade**

Medição de assentamentos de pavimentos sob ação de uma carga padrão e o módulo de deformabilidade do pavimento ou solo de fundação (E).

- **Local**

“In Situ”

- **Equipamento**

Veículo pesado sem molas no eixo traseiro que atrela equipamento de ensaio a cerca de 2,50 ml do eixo traseiro; o equipamento de ensaio dispõe de um hidráulico com capacidade de aplicação de 20 ton, medidos por anéis dinamómetros ou células dinamométricas providas de extensómetros; placas com diâmetros 12”, 18”, 24” com almofada de borracha entre a placa e o pavimento (em regra a escolha do diâmetro da placa a usar é obtida pela multiplicação do $D_{máx}$ do inerte da mistura por 3 ou 5).

- **Descrição (técnica do LNEC baseada na proposta pelo Laboratoire Central des Ponts et Chaussés)**

Inicia-se a aplicação de uma pressão de 0,2 kgf/cm² para ajuste do equipamento durante 15s; após descarga aplica-se novas pressões de 1 kgf/cm²; 2 kgf/cm²; 3 kgf/cm²; 4 kgf/cm² e 5 kgf/cm² entre cada uma delas faz descarga após período de um minuto; anotam-se as deflexões totais (δ_t) e permanentes (δ_p) a cada aplicação de pressão e para cada tipo de placa; verifica-se a deflexão reversível (δ_r) varia linearmente com a pressão aplicada de 2 kgf/cm² a 5 kgf/cm², determina-se o módulo de deformabilidade do pavimento para a gama de pressões com comportamento linear $E = (1,5 * \Delta\sigma) / \Delta\delta_r$

Para uma placa de 30,50 cm o E varia entre 400 e 3000 kgf/cm².

Quando se pretende considerar o comportamento total e não apenas o comportamento reversível o ensaio é realizado em ciclo desde 0 kgf/cm² até uma tensão constante (σ), considerando neste caso, o “módulo de reação” $R = (d * \Delta\sigma) / \Delta\delta$, sendo d o diâmetro da placa

5.4.2.22 Ensaio abrasivo com roda molhada

- **Normas e Especificações**

Norma: NLT 173

5.4.2.23 Ensaio de torsão

- **Normas e Especificações**

Norma: ASTM D-3910

5.4.2.24 Medida regularidade de um pavimento rodoviário com régua de 3 m

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 13036-7 :2011; (NP EN 13036-6 :2012 – perfilómetro de laser)

- **Finalidade**

Medição das irregularidades das camadas betuminosas do pavimento pelo método da régua de três metros de comprimento

- **Local**

“In Situ”

- **Equipamento**

Régua rígida de alumínio com (3000 ± 3) mm de comprimento.

- **Descrição**

Colocar a régua transversalmente ao eixo da estrada de forma a medir a profundidade da rodeira onde o cavado da rodeira é máximo, medido a distância entre a superfície do pavimento e o bordo da régua. O relatório do ensaio deve conter a data do ensaio, número de referência da régua, localização do ensaio (Ref.^a da via e o Km), tipo de medição (transversal), se a superfície se encontra em serviço, assinatura do técnico responsável pelo ensaio.

5.4.2.25 Determinação da permeabilidade “in situ” do pavimento betuminoso

- **Normas e Especificações**

Norma: NP EN 12697-40; ASTM C 1701

- **Finalidade**

Determinar ou verificar o coeficiente de permeabilidade da superfície de um pavimento betuminoso permeável e a capacidade de infiltração da água na estrutura do próprio pavimento.

Coeficiente de permeabilidade é determinado é obtido pela Lei de Darcy

Eq.74

$$i = (K * M) / (D^2 * t)$$

sendo i coeficiente de infiltração (mm/h), M massa de água infiltrada (kg), D diâmetro interno do cilindro (mm), t intervalo de tempo entre adição de água e o seu desaparecimento da superfície, K = constante: 4.583.666.000

- **Local**

“In Situ”

- **Equipamento**

Recipiente baseado com diâmetro de 300 mm e 200 mm de altura, as laterais devem ser calafetadas entre a superfície do pavimento e o recipiente; cronómetro;

- **Descrição**

Pré molhar o local do pavimento a ensaiar; adicionar água ao cilindro de forma constante e manter a altura de água dentro do cilindro entre 100 e 150 mm; acionar o cronómetro quando a água atingir o pavimento; manter o cronómetro ativo durante o ensaio e até o escoamento total da água; determinar o coeficiente de permeabilidade; podemos considerar que o pavimento irá funcionar de forma adequada se tiver um coeficiente de permeabilidade de 10^{-5} m/s.

5.5 Referências bibliográficas

- Rosa Conceição Luzia, (2008).” Camadas não Ligadas em Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;
- Emanuel Maranha das Neves, (2016). “Mecânica dos Estados Críticos – Solos Saturados e Não Saturados”, Lisboa: IST Press;
- Especialização e Aperfeiçoamento CPP 524, (2011).” Ensaio para Controlo de Terraplanagens”, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. IV, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- LNEC E 35-1956, Materiais betuminosos. Determinação da densidade com o Picnómetro. Série B – Secção 5. 1957;

6 PATOLOGIAS ASSOCIADAS A PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS FLEXÍVEIS

6.1 Degradações dos pavimentos flexíveis

Os pavimentos rodoviários de estrutura flexível apresentam ao longo da sua vida útil degradações características de evolução contínua que diminuem a qualidade dos pavimentos ao rolamento do tráfego. As mais relevantes são as deformações permanentes e a fendilhação das camadas betuminosas, no entanto, de forma independente ou em conjunto, surgem ainda as desagregações da camada de desgaste e as que resultam do movimento dos materiais dentro da estrutura das camadas betuminosas.

6.2 Tipos e famílias de degradações

As degradações dos pavimentos rodoviários flexíveis podem ser classificadas por famílias:

- Deformações permanentes
- Fendilhamento
- Desagregação da camada de desgaste
- Movimento dos materiais

A cada uma das referidas famílias corresponde vários tipos de degradações dos pavimentos rodoviários:

- **Deformações permanentes**
 - Abatimento longitudinal na berma
 - Abatimento longitudinal no eixo
 - Abatimento transversal
 - Deformações localizadas
 - Ondulação

- Rodeira de grande raio (camadas inferiores)
- Rodeira de pequeno raio (camadas superiores)

- **Fendilhamento**

- Fendas por fadiga
- Fendas longitudinais na berma
- Fendas longitudinais no eixo
- Fendas transversais
- Fendas parabólicas
- Pele de crocodilo de malha larga > 40 cm
- Pele de crocodilo de malha fina <40 com

- **Degradação da camada de desgaste**

- Desagregação superficial
- Cabeça de gato
- Pelada
- Ninhos (covas)

- **Movimentos de materiais**

- Exsudação
- Subida dos finos

6.3 Deformações

As degradações dos pavimentos flexíveis resultam de um ou mais fatores, ativos ou passivos. Por exemplo as deformações permanentes que se verificam nas superfícies dos pavimentos resultam dos seguintes fatores:

- **Abatimentos longitudinais, transversais e pontuais**

Os abatimentos estão associados a movimentos das camadas estruturais dos pavimentos, camadas granulares e do solo de fundação, sob efeito dos carregamentos repetidos do tráfego ao longo do tempo de vida da via.

Os abatimentos longitudinais localizam-se normalmente junto a bermas ou junto ao eixo da via locais característicos de passagem dos rodados do tráfego. Quando os abatimentos se registam junto às bermas, estão associados à conjugação de vários fatores, redução da capacidade de suporte das camadas estruturais pela proximidade da água das bermas às camadas granulares e solos de fundação, por serem zonas muito solicitadas pelo tráfego junto à extremidade resistente da estrutura com solos limítrofes em regra de menor capacidade resistente.

Os abatimentos longitudinais localizados junto ao eixo da via estão associados à fendilhação longitudinal na transição entre as duas faixas de rodagem, desta, resultam infiltrações de água para as camadas granulares e solos de fundação com a perda de resistência interna dessas camadas.

Os abatimentos transversais e pontuais estão também associados a patologias das camadas granulares e dos solos de fundação, normalmente, pela existência de materiais com comportamento plástico (solos argilosos), linhas de percolação de água, zonas pouco consolidadas, etc. Os abatimentos pontuais estão associados a rotura do pavimento com surgimento de fendilhação nas camadas betuminosas.

Em suma, os movimentos das camadas granulares e dos solos da fundação resultam do rearranjo das partículas sólidas destes materiais quando sujeitos aos carregamentos excessivos e repetidos, por consolidação, existência de materiais de comportamento plásticos, movimentos de água no solo, infiltrações, níveis freáticos elevados, drenagem superficial das águas pluviais pouco eficazes, etc.

- **Ondulação**

Normalmente ocorre em camadas de desgaste com revestimento superficial por deficiência de distribuição do ligante, ou em camadas betão betuminoso por efeito de arrastamento longitudinal devido à ação do tráfego por comportamento plástico, por vezes, pode resultar uma desincrustação da camada granular que constitui a camada base.

A ondulação do pavimento pode ainda ocorrer pela deformação da fundação originando ondulação suave nos pavimentos.

- **Rodeiras**

As chamadas rodeiras que surgem nos pavimentos são causadas pela consolidação de uma ou mais camadas da estrutura do pavimento devido à passagem sucessivamente das cargas elevadas em relação à capacidade de suporte do pavimento mais fundação. Podem resultar no corte de uma ou mais camadas. São deformações longitudinais que se desenvolvem em banda na zona de passagem das rodas e podem assumir configuração de rodeiras de pequeno raio e grande raio.

6.4 Fendilhação

A fendilhação é o estado de degradação dos pavimentos rodoviários flexíveis que, normalmente, surgem como o primeiro sinal da redução da qualidade do pavimento rodoviário, pela inadequabilidade entre das ações a que está sujeito e o seu dimensionamento ou mesmo por deficiências construtivas. A fendilhação classifica-se quanto à sua localização, causa e forma.

Encontram-se associadas:

Fadiga dos materiais das camadas betuminosas pelos sucessivos carregamentos do pavimento, na qual, resulta repetidos esforços de tração por flexão das camadas nas camadas de desgaste.

Fendas resultantes do estado de fadiga dos pavimentos em camadas betuminosas:

- Fendas isoladas e orientadas no sentido longitudinal, podem ser fechadas ou abertas;
- Fendas desenvolvidas longitudinalmente à superfície das camadas das camadas betuminosas em vias de camadas betuminosas espessas, sem, contudo, atingirem a base das camadas betuminosas. Estas fendas são resultantes de processos construtivos inadequados (falta de compactação e segregação dos materiais por comportamento plástico), agressividade do tráfego pesado traduzem-se no pavimento em elevadas tensões de tração à superfície;
- Fendas resultantes da fratura térmica e da deformação excessiva para as características das misturas betuminosas que compõe as camadas superiores;
- Fendas tipo “pele de crocodilo”, resultam da evolução das fendas ramificadas para um sistema fendilhação em malha com fendas abertas ou fechadas. Estas fendas classificam-se quanto ao seu desenvolvimento por malha estreita abaixo dos 40 cm de lado ou malha larga quando tem de lado superior a 40 cm. Por exemplo, um pavimento com fendas em “pele crocodilo” de malha larga e fendas abertas encontra-se em estado avançado de degradação, com perda da qualidade da capacidade dos pavimentos betuminosos e das camadas granulares.
- Instabilidade da camada de desgaste provocada por problemas de ligação a camadas inferiores em zona de passagem das rodas geram fendas parabólicas com o seu eixo orientado no sentido longitudinal.

Fendas em pavimentos betuminosas resultantes de condições climatéricas de temperaturas muito baixas, misturas betuminosas de fraca qualidade de fundações de fraca capacidade de suporte:

- Países de clima muito frio tem o risco de fendilhação nas camadas de desgaste por retração do material, dependendo do comportamento térmico dos materiais das misturas, as fendas podem ser mais ou menos abertas e no limite no verão as fendas podem fechar;
- Fundações de fraca capacidade de suporte, os esforços do pavimento são transmitidos para a camada betuminosa base e quando atinge esforços de tração limite inicia-se o processo de fendilhação na fase inferior, o desenvolvimento das fendas transmite-se á camada de desgaste por propagação;

- As fendas desenvolvidas em camadas betuminosas de mistura de fraca qualidade a tendem a evoluir de forma rápida, conduzindo ao estado de degradação do pavimento. Com a continuação da ação das cargas as tensões acumulam-se nos bordos das fendas acentua-se a mecânica da fratura, sob ação da água que se infiltra nas fendas vai reduzir a capacidade das camadas granulares e do solo de fundação acelerando o processo de degradação.

6.5 Desagregação da camada de desgaste

A desagregação dos materiais finos da mistura betuminosa da camada de desgaste coloca à vista de forma saliente o agregado mais grosseiro, aumenta a macro textura, o ruído ao rolamento e com o tempo a desprendimento do agregado mais grosso, posteriormente pequenas placas de pavimento betuminoso até formar as “peladas”. Por norma, a fendilhação em “pele de crocodilo” na camada de desgaste é o início do processo de desagregação, primeiro a desagregação começa junto às fendas, passando para o desenvolvimento de ninhos, covas, peladas e por fim o processo de desagregação desenvolve-se na estrutura do pavimento.

A desagregação da camada de desgaste tem origem:

- Falta de ligação dos materiais da mistura betuminosa, índice de adesividade;
- Falta de qualidade dos materiais da mistura;
- Segregação dos inertes na fase de transporte da central para a obra;
- Betume desadequado para aplicação ou sem quantidade e qualidade;
- Temperatura de aplicação das massas desadequada;
- Volume e tipo de tráfego desadequado para o dimensionamento da via;

6.6 Movimento de materiais

Em pavimentos com as camadas betuminosas fendilhadas e os solos de fundação sujeitos a níveis freáticos elevados, quando sujeitos á passagem do tráfego é exercido um efeito de compressão no interior do pavimento que faz deslocar a água no sentido ascendente, fazendo passar os finos das camadas estruturais pelas fendas para o exterior do pavimento. Este efeito, designa-se “bombagem dos finos”.

Outro efeito de movimento dos materiais é a alteração da composição da camada de desgaste, devido à migração para a superfície do excesso de ligante, com o conseqente envolvimento dos agregados grossos e redução da macro textura. Chama-se a degradação por exsudação. O excesso de ligante na mistura betuminosa, excesso de inertes finos no agregado ou uso de ligantes de baixa viscosidade, associado a condições severas de tráfego e condições de clima de temperaturas elevadas resulta na migração do betume para a superfície do pavimento por exsudação.

6.7 Referências bibliográficas

- Fernando Branco, Paulo Pereira, Luís Picado Santos, (2020). “Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. I, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

7 ACOMPANHAMENTO DE OBRA

7.1 OBRAS PÚBLICAS: REABILITAÇÃO DE ESTRADAS MUNICIPAIS – LOCALIDADE DE VALE DO ROXO E LOCALIDADE DE SÃO SIMÃO

7.1.1 EMPREITADA DE VALE ROXO

7.1.1.1 Descrição da intervenção

A empreitada de requalificação da estrada municipal compreendeu o troço entre a EM 533 e a localidade de Vale do Roxo, realizou-se na UF de Serra Junceira pertencente ao concelho de Tomar. O projeto de execução da via rodoviária compreendeu a pavimentação de um troço de via principal com extensão de 1.000,00 ml e os arruamentos secundários dentro da aldeia de Vale do Roxo.

Tratam-se de arruamentos municipais com tráfego muito reduzido e não apresentavam qualquer pavimento ligado, apenas, o pavimento que designamos de “terra batida”. O projeto de execução contemplou os seguintes trabalhos de reabilitação:

- Trabalhos preparatórios da empreitada;
- Demolições;
- Movimentos de terras;
- Construção de camadas granulares;
- Drenagem de águas superficiais;
- Equipamentos de sinalização e segurança;
- Diversos.

7.1.2 EMPREITADA DE SÃO SIMÃO

7.1.2.1 Descrição da intervenção

A empreitada de requalificação do troço da EM 525 entre a EN 113 e a localidade de São Simão, realizou-se na freguesia de Carregueiros pertencente ao concelho de Tomar. O projeto de execução da via rodoviária compreendeu a reabilitação do pavimento num troço de via principal com 1200,00 ml extensão e quatro pequenos troços de vias contíguas.

Trata-se de um troço via rodoviária municipal de tráfego reduzido, no entanto, como promove a ligação entre uma estrada nacional (EN 113) a duas localidades sedes de freguesia, representa, por este facto algum interesse para o concelho de Tomar. O pavimento era construído em macadame betuminoso com uma base granular grosseira ligada com ligante betuminoso, assente sobre o solo de fundação. Sobre esta camada granular grosseira existiria uma camada betuminosa de regularização. Em boa verdade, o elevado estado de degradação do pavimento da via, quase me leva a dizer que, do pavimento original pouco restava. O projeto de execução contemplou os seguintes trabalhos de reabilitação:

- Trabalhos preparatórios da empreitada;
- Demolições;
- Movimentos de terras;
- Construção de camadas granulares;
- Drenagem de águas superficiais;
- Equipamentos de sinalização e segurança;
- Diversos.

7.1.3 Fiscalização técnica

7.1.3.1 Controlo e aprovação de materiais

O contraente público da empreitada de obra pública (CM Tomar), enquanto, entidade responsável nomeia uma direção da fiscalização da obra, um coordenador de segurança em obra e um responsável pelo cumprimento da legislação ambiental nas atividades que direta ou indiretamente estejam ligadas à obra.

Direção da fiscalização dos trabalhos:

O diretor da fiscalização, diretor de obra e representante do empreiteiro, nas primeiras reuniões de obra, definem os procedimentos técnicos e administrativos para a resolução do projeto de execução em conformidade com as restantes peças de procedimento do concurso, nomeadamente, o Caderno de Encargos da Empreitada.

Em conformidade com o projeto de execução e caderno de encargos, o representante do empreiteiro apresenta propõe à aprovação os materiais a aplicar em obra, com documentação técnica (fichas técnicas e certificados de conformidade CE). Caso se justifique, qualquer outro esclarecimento adicional, o fiscal, poderá requerer informação adicional, ensaios adicionais ou mesmo amostras. Concluída a caracterização técnica dos materiais a aplicar em obra, a direção da fiscalização propõe a sua aprovação ao dono de obra e este por sua vez notifica o empreiteiro adjudicatário nesse sentido.

7.1.3.2 Verificação das condições segurança

Com base na legislação em vigor, Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro, o coordenador de segurança faz cumprir o plano de segurança e saúde da obra, as condições de segurança e saúde previstas no projeto do estaleiro temporário e constantes no Decreto-Lei n.º 155/95 de 01 de julho e as prescrições mínimas de segurança e saúde da Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho de 24 de junho. Por norma em empreitadas de obras públicas procede-se:

- O empreiteiro adjudicatário nomeia o responsável técnico da empresa pela segurança e saúde em obra e coloca-o a conhecimento do dono de obra;
- Com base no Plano de Segurança e Saúde do projeto de execução o empreiteiro adjudicatário promove a atualização do Plano de Segurança e Saúde de obra e o Plano de Estaleiro Temporário para as condições de obra;
- O coordenador de segurança submete aprovação do PSS ao dono de obra;
- É dado conhecimento ao empreiteiro adjudicatário da decisão de aprovação de aprovação do PSS;
- O coordenador de segurança efetua a comunicação prévia de abertura de estaleiro temporário de obra ao ACT – Autoridade para as Condições do Trabalho ao abrigo do Art.º 15 do Decreto-Lei n.º 273/03 de 29 de outubro;
- No final da obra, o Plano de Final de Segurança e Saúde fará parte do Relatório Final da Empreitada e da Compilação Técnica.

7.1.3.3 Verificação das condições ambientais

Tendo em conta o cumprimento das boas práticas de gestão ambiental e da respetiva legislação aplicável, o Decreto – Lei n.º 46/2008 e a mais recente Decreto-Lei n.º 102-D/2020, o contraente público nomeia previamente ao início da obra o responsável pela área ambiental. A obra, altera com mais ou menos impacto o meio ambiente natural, a construção ou reconstrução de uma via rodoviária é bom exemplo disso. Será, portanto, necessário minimizar o impacto da construção sobre o meio ambiente, começando desde logo, com adoção de soluções técnicas adequadas no projeto de execução e no Plano de Gestão de Resíduos de Obra de Construção e Demolição. Ambos os documentos devem conter soluções que protejam os ecossistemas naturais, preservem o meio ambiente no seu todo principalmente na sua imagem original, o meio hídrico superficial e aquíferos, que promovam o uso eficiente dos recursos naturais e a economia circular dos recursos envolvidos.

Um técnico municipal com a responsabilidade na salvaguarda do meio ambiente e no cumprimento da legislação ambiental procede genericamente em obra da seguinte forma:

- O empreiteiro adjudicatário nomeia o responsável técnico da empresa para a área ambiental em obra e coloca-o a conhecimento do dono de obra;
- O empreiteiro adjudicatário cumpre o Plano de Gestão de Resíduos de Obra de Construção e Demolição do projeto de execução previamente aprovado pelo dono de obra;
- Sempre que existam questões ambientais não contempladas no PGR, o empreiteiro deve dar conhecimento ao responsável nomeado pelo dono de obra para a área do ambiental para discussão das soluções a tomar em conformidade com a legislação aplicável;
- O responsável pela área ambiental deve submeter a conhecimento do dono de obra eventuais situações ambientais que possam surgir, soluções e custos adicionais que possam ter;
- Sempre que se justifique e em conformidade com a legislação em vigor, poderá existir a necessidade de proceder à realização de estudos adicionais para minimizar eventuais impactos ambientais. Estes estudos deverão ser aprovados pelo dono de obra caso resultem em encargos financeiros adicionais para a obra ou excedam de alguma as condições previstas no contrato de empreitada;
- O Plano Final de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição fará parte do Relatório Final da Empreitada e da Compilação Técnica.

7.1.3.4 Controlo de qualidade e apoio técnico

O controlo de qualidade em obra é desenvolvido sob responsabilidade do diretor da fiscalização nomeado previamente pelo dono de obra, em casos específicos, poderá existir apoio técnico da gestão da qualidade do serviço da autarquia (caso exista) no processo de controlo de qualidade da infraestrutura rodoviária – fase de obra. O plano controlo de qualidade de uma infraestrutura rodoviária municipal na sua fase de construção é suportado pela documentação da empreitada e por todos intervenientes no processo de construção, nomeadamente:

- Projeto de execução;
- Caderno de Encargos;
- Plano de Segurança e Saúde;
- Plano de Gestão de Resíduos de Obra de Construção e Demolição;
- Plano de Controlo de Qualidade desenvolvido pela Câmara Municipal.
- Dono de obra;
- Diretor de fiscalização;
- Empreiteiro adjudicatário;
- Diretor de Obra.
- Outros intervenientes que possam intervir em obra (Subempreiteiros, laboratórios de ensaios, fornecedores de material e equipamentos, etc.).

Como referido, o diretor de fiscalização em conjunto com diretor da obra, tem função zelar pelo cumprimento do projeto de execução de construção ou reconstrução de uma determinada obra pública de construção de uma via rodoviária municipal e dessa forma garantir um padrão de qualidade previamente definido para a infraestrutura. Caso não exista um Plano de Controle de Qualidade previamente definido para a infraestrutura, em regra, os técnicos com estas funções em obra, seguem os seguintes procedimentos abaixo indicados (com as devidas alterações conforme as circunstâncias de obra):

- **Início da obra:**

- Aprovação pelo dono de obra dos materiais de obra, PSS, projeto de estaleiro temporário e eventuais soluções técnicas que justifiquem a melhoria do projeto de execução;

- **Movimento de terras:**

Efetuar a caracterização física do solo de fundação – realizar ensaios de caracterização física do solo:

- . Análise granulométrica (parte grosseira e fina das partículas do inerte);
- . Determinação do teor de água no solo;
- . Determinação da baridade seca do solo;
- . Ensaios para determinação dos limites de consistência do solo;
- . Verificação a classificação do solo para fins rodoviários e a sua conformidade para uso em solos de fundação para uma via rodoviária municipal;
- . Outros ensaios cuja necessidade de verifique em obra.

Caso o solo tenha características físicas adequadas para uso na fundação da via rodoviária dever-se-á realizar a sua caracterização quanto à resistência mecânica – realizar ensaios de caracterização mecânica do solo:

- . Ensaios triaxial – resistência à compressão e ao corte em condições de consolidadas drenadas e não drenadas (conforme se justifique);
- . Ensaio triaxial – determinar coeficiente de permeabilidade.

Verificar condições de drenagem de águas superficiais e subterrâneas em espaço pertencente à plataforma da estrada e zona envolvente. Nesta matéria será considerar não só as águas pluviais superficiais afetadas à zona da plataforma da via como também zonas limites afetadas, níveis freáticos, linhas freáticas, nascentes naturais, poços, minas, etc. – realizar eventuais estudos técnicos adicionais, caso se justifique.

- Construção das camadas granulares: aplicação de camadas em conformidade com a solução definida no projeto de execução, realizar ensaios de controle e verificação da construção das camadas granulares, em termos do material granular aplicado e condições de compactação (grau de humidade, espessura das camadas, energia de compactação aplicada - índice de compactação 95% a 100%) - realizar ensaios:
 - . Verificação das características físicas do agregado a aplicar em obra em cada uma das camadas granulares (leito do pavimento e camada sub-base) – Análise granulométrica, natureza e forma das partículas do agregado;
 - . Verificação das espessuras das camadas de compactação, teor em água e índices de compactação;

- Construção sistemas de drenagem de águas pluviais superficiais, valetas, caixas de visita, aquedutos, coletores de drenagem, bocas de lobo, etc.- verificar a conformidade com as soluções e materiais definidos no projeto de execução (acompanhados com as fichas dos materiais/equipamentos e respetivos certificados CE).

- Construção da camada betuminosa de regularização (base) e da camada de desgaste: aplicação das camadas betuminosas de regularização e desgaste em conformidade com o projeto de execução em termos de composição das massas betuminosas, espessuras das camadas, baridade das camadas betuminosas, grau de rugosidade da camada de desgaste, permeabilidade das camadas e o efeito da água nas camadas, capacidades mecânicas, regularização transversal e longitudinal da plataforma final da estrada - efetuar ações de controle e verificação:
 - Emulsão aplicada na rega de impregnação em função da natureza do inerte das condições atmosféricas existentes na aplicação e o mesmo para a emulsão aplicada da rega de colagem.
 - Acompanhamento da aplicação das misturas betuminosas de regularização e desgaste, nomeadamente, verificação das temperaturas de fabrico e de aplicação, duração em tempo do transporte desde o fabrico à sua aplicação
 - Composição das misturas betuminosas das camadas de regularização (base) e da camada de desgaste:
 - . Caracterização do agregado - propriedades mecânicas, forma das partículas e sua granulometria;
 - . Percentagem de material britado;
 - . Natureza e teor de betume;
 - Espessuras de cada uma das camadas;

- Baridades de cada uma das misturas betuminosas e verificar a conformidade com o projeto de execução caso se trate de misturas betuminosas abertas ou fechadas;
- Permeabilidade das camadas;
- Verificar as condições das condições de acabamento da camada de desgaste em termos do seu perfil transversal e longitudinal, de permeabilidade e atrito;
- Caso se justifique verificar as condições de resistência mecânica dos pavimentos betuminosos (compressão e torção)
- Instalação de sinalização horizontal e vertical e outros equipamentos previstos no projeto de execução - controlo de conformidade das soluções e qualidade dos materiais aplicados (acompanhados com as fichas dos materiais/equipamentos e respetivos certificados CE).
- No decorrer dos trabalhos considera-se para o processo de controlo de qualidade de construção da infraestrutura:
 - Condições de cumprimento das regras de segurança e saúde previstas no Plano de segurança e saúde no trabalho e projeto do estaleiro temporário de obra;
 - Condições de cumprimento das regras ambientais de obra previstas no Plano de Gestão de Resíduos de Obra de Construção e Demolição.
 - Compilação técnica da obra e relatório final da obra serão documentos que deverão fazer parte do Plano de Controlo de Qualidade da infraestrutura rodoviária – fase de obra.

7.1.4 Resolução administrativa do processo de empreitada de obra pública

O processo administrativo de execução de um contrato de empreitada de obra pública tem início após celebração de contrato entre empreiteiro adjudicatário e a Câmara Municipal. O processo tem início com a Deliberação da CM que:

- Nomeia o diretor da fiscalização, coordenador de segurança e responsável técnico pelas condições ambientais em obra;
- Autoriza a consignação dos trabalhos;
- Notifica o empreiteiro adjudicatário a apresentar os documentos de habilitação.

Com base da Deliberação da Câmara Municipal, segue-se os seguintes procedimentos administrativos:

- **O empreiteiro adjudicatário**
 - Nomeia o diretor de obra;
 - Representante em obra do empreiteiro;
 - Responsável técnico pela segurança e saúde;
 - Responsável técnico pelas questões ambientais.

- **O coordenado de segurança em obra**

- Toma conhecimento do responsável técnico pela segurança e saúde em obra da parte do empreiteiro;
- Recebe o Plano de Segurança e Saúde da Obra apresentado pelo empreiteiro adjudicatário, analisa-o e após sua aprovação técnica coloca-o à aprovação formal do dono de obra (CM);
- A Câmara Municipal aprova o PSS e dá conhecimento dessa aprovação ao empreiteiro adjudicatário e à fiscalização da obra;
- Efetua a comunicação prévia de abertura de estaleiro ao ACT;
- Comparece em reuniões de obra e acompanha do desenvolvimento dos trabalhos nas questões de segurança e saúde;
- Em sintonia com o responsável da segurança do empreiteiro desenvolver o preenchimento do PSS com a informação da obra;
- Recebe o PSS final da obra do empreiteiro, formaliza parecer técnico e reencaminha-o para a compilação técnica da obra.

- **Responsável técnico das questões ambientais**

- Em conjunto com o responsável técnico pelas questões ambientais da empresa adjudicatária desenvolve tarefas de acompanhamento e monitorização em obra do percurso dos resíduos de construção e demolição produzidos, o seu encaminhamento para meio recetor legal (transporte, depósito e tratamento do resíduo) ou mesmo da sua reutilização na própria obra ou outra. Tudo isto em conformidade PGROCD do projeto e com a legislação atualmente em vigor;
- Em sintonia com o responsável pelo ambiente do empreiteiro desenvolver o preenchimento do PGROCD com a informação da obra;
- Recebe o PGROCD final da obra, formaliza parecer técnico e reencaminha-o para a compilação técnica da obra.

- **O diretor de fiscalização**

- Recebe e analisa os documentos de habitação do empreiteiro adjudicatário;
- Toma conhecimento da aprovação do PSS;
- Caso os documentos de habilitação entregues pelo empreiteiro adjudicatário estejam em conformidade com o Artigo 81.º do Código dos Contratos Públicos o diretor de fiscalização promove à Consignação dos Trabalhos;
- Aprova do ponto de vista técnico os materiais propostos pelo empreiteiro adjudicatário e propõe a sua aprovação formal ao dono de obra;
- Promove o ato de Consignação dos Trabalhos e formaliza-o em ata;
- Desenvolvimento do apoio técnico dos trabalhos em conformidade com um plano de controlo de qualidade da infraestrutura – na sua fase de construção;

- Tem a responsabilidade pela gestão técnica, administrativa e financeira da empreitada;
- Efetua com o diretor de obra medições mensais da obra e elabora os respetivos autos de medição para aprovação e posterior pagamento por parte do dono de obra;
- Sob proposta do empreiteiro adjudicatário promove ao ato de receção provisória total ou parcial dos trabalhos realizados, formaliza o ato em auto e submete-o à aprovação do dono de obra;
- Recebe do empreiteiro as telas finais da obra, efetua a sua análise técnica formaliza o seu parecer técnico e coloca à aprovação do dono de obra para posterior atualização dos cadastros dessa infraestrutura no concelho;
- Elaborar a revisão de preços da empreitada e submete a revisão à aprovação do empreiteiro adjudicatário e posteriormente ao dono de obra;
- Elaborar a conta final da empreitada e submete-a a aprovação do dono de obra;
- Com base em toda a documentação de obra, Livro de Obra, Telas Finais da obra, PSS, PGROCD, Fichas Técnicas e garantias dos equipamentos, revista fotográfica da obra (antes, durante e depois), etc. elabora a compilação técnica da obra e junta-a ao Plano de Controlo de Qualidade da infraestrutura para o seu desenvolvimento na fase de exploração e manutenção;
- Procede em conformidade com a legislação atualmente em vigor às vistorias para efeitos das receções definitivas “parciais”, formaliza-as em auto e propõe a sua aprovação e a restituição da respetiva percentagem da garantia ao dono de obra;
- Realiza a última vistoria para efeitos de receção definitiva da obra, formaliza-a em auto e propõe a sua aprovação e restituição da última parcela da garantia ao dono de obra;
- Encerra formalmente o processo administrativo de construção da infraestrutura.

7.1.5 Acompanhamento técnico das empreitadas

Relativamente às empreitadas “*Pavimentação da Rua Entre Freguesias, entre a E.M. 533 e Vale do Roxo*” e “*Requalificação da Estrada Municipal 525, Troço entre a EN 113 e São Simão*” seguiram os procedimentos de controlo de qualidade de obra atrás descritos, nomeadamente:

- Fiscalização técnicas dos trabalhos e o controlo de qualidade em obra;
- Segurança e Saúde no Trabalho em espaço de obra;
- Salvaguarda das questões ambientais relacionadas com a ação da empreitada.

Para cada uma destas vertentes e para cada uma das empreitadas o dono de obra nomeou os respetivos responsáveis técnicos. Em ambas tive a responsabilidade da direção da fiscalização e do controlo de qualidade em obra, na qual, houve o cuidado de:

- Garantir a qualidade dos materiais e equipamentos aplicados em obra;
- Efetuar a verificação e controlo dos trabalhos executados, desde o trabalho de movimento terras, construção das camadas granulares, camadas betuminosas, drenagens das águas superficiais e freáticas, à sinalização das vias rodoviárias;

- Apresentar infraestruturas que garantam aos seus utilizadores segurança, conforto, durabilidade e estabilidade;
- Cadastro da infraestrutura.

8 PLANO DE CONTROLO DE QUALIDADE - PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS MUNICIPAIS

8.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo pretende de forma simplificada apresentar um Plano de Controlo de Qualidade para infraestruturas rodoviárias municipais. O PCQ encontra-se definido para uma via rodoviária e é composto por três fases complementares:

- **Primeira fase**, pretende definir procedimentos de controlo e verificação de qualidade:
- Estudos de construção e reabilitação de intervenções a realizar em vias rodoviárias;
- **Segunda fase**, pretende definir procedimentos de controlo e verificação de qualidade:
- Obra e construção ou reabilitação em vias rodoviárias;
- **Terceira fase**, pretende definir procedimentos de controlo e verificação de qualidade:
- Observação ao comportamento de pavimentos rodoviários em funcionamento;
- Elaborar **Plano de Controlo de Qualidade** para cada via rodoviária municipal de atualização contínua;
- Elaborar **Plano Anual de Investimentos Para a Conservação** da Infraestrutura Rodoviária Municipal.

Pode-se dizer, que a rede viária municipal se encontra consolidada em termos de população servida, embora, genericamente envelhecida e a necessitar de investimentos de conservação. As assimetrias de desenvolvimento económico entre o litoral e o interior do país, tendem a agravar este problema em zonas mais desfavorecidas.

Deste modo, necessitamos de canalizar mais investimento para a conservação das vias rodoviárias municipais existentes do que propriamente investir em construção de novas vias. Este investimento deve ser fundamentado com base no conhecimento real das condições de conservação das vias, assente num trabalho contínuo de recolha de dados por observação das suas condições físicas e de funcionamento. A partir daí, elaborar plano anual de investimento para a conservação da infraestrutura rodoviária municipal.

Em síntese, podemos concluir que o país se encontra numa época de poucos recursos financeiros disponíveis (com principal incidência no interior do país), servidos por concelhos que dispõe de redes viárias que servem genericamente as suas populações, mas, cujo estado de conservação impõe investimentos de conservação de algum significado. Face às dificuldades financeiras do país a concretização dos investimentos de conservação deve ser fundamentada em Planos de Controlo de Qualidade das vias rodoviárias municipais previamente desenvolvidos pelo corpo técnico de cada município.

8.2 FASES DO PLANO DE CONTROLO DE QUALIDADE

8.2.1 PRIMEIRA FASE DO PLANO CONTROLO QUALIDADE – ESTUDOS E PROJETOS DE EXECUÇÃO

Um Plano de Controlo de Qualidade de uma via rodoviária municipal tem início numa das três situações abaixo indicadas:

- Início de procedimento administrativo para realização de obra de construção de uma nova via;
- Início de procedimento administrativo para realização de obra de reabilitação de um via existente;
- Início de um procedimento de gestão da infraestrutura – Ex: -Levantamento das condições físicas e funcionais de uma via em funcionamento;

8.2.1.1 Identificação da via rodoviária municipal - designação, localização geográfica e caracterização cadastral

Cada município deve dispor de um cadastro devidamente atualizado em base informatizada de Sistema de Informação Geográfico (SIG) da infraestrutura: Vias Rodoviárias Municipais.

Este cadastro deve dispor da seguinte informação:

- Cartografia atualizada do concelho à escala 1/25000 (militar); 10000; 5000; 2000 e 1000;
- Informação gráfica das vias:
 - Layer com a linha fronteira do concelho;
 - Layers com as matrizes para cada uma das cartografias atrás enumeradas;
 - Layer com os traçados das vias rodoviárias de perfil - Autoestradas;
 - Layer com os traçados das vias rodoviárias de perfil – Itinerários Principais;
 - Layer com os traçados das vias rodoviárias de perfil – Itinerários Complementares;
 - Layer com os traçados das vias rodoviárias de perfil – Estradas Nacionais;
 - Layer com os traçados das vias rodoviárias de perfil – Estradas Municipais;
 - Layer com os traçados das vias rodoviárias de perfil – Caminhos Vicinais.
- Construir base de dados com a informação abaixo indicada para cada uma das vias municipais (Sistema de Informação Geográfica):
 - Autoestradas – Designação; Entidade Gestora; Ano de Construção; Quilómetro inicial e final.
 - Itinerários Principais – Designação; Entidade Gestora; Ano de Construção; Quilómetro inicial e final.
 - Itinerários Complementares – Designação; Entidade Gestora; Ano de Construção; Quilómetro inicial e final.

- Estradas Nacionais – Designação; Entidade Gestora; Ano de Construção; Quilómetro inicial e final; Ano de mudança para gestão municipal; Relatórios das vistorias realizadas ao estado de conservação das EMs.

- Estradas Municipais – Designação; Localização (concelho e freguesia); Ano de Construção; Data da última Intervenção; Características do pavimento; Levantamento topográfico georreferenciado; Relatórios das vistorias realizadas ao estado de conservação das CVs.

- Caminhos Vicinais – Designação; Localização (concelho e freguesia); Ano de Construção; Data da última Intervenção; Características do pavimento; Levantamento topográfico georreferenciado.

- Definir sistema de alertas para a realização de vistoria para verificação do estado de conservação da infraestrutura rodoviária municipal, a contar a partir da data da consignação dos trabalhos. Sistema de alerta aos 10 anos em 10 anos;
- Com base nesses alertas, emitir listagens com as vias rodoviárias a serem verificadas e controladas no ano seguinte – Apoio ao planeamento do trabalho de campo;
- Nomear técnico municipal pela responsabilidade do cadastro da infraestrutura rodoviária municipal, sua manutenção e atualização;
- Nomear equipa técnica municipal interna e externa com responsabilidade pela manutenção e exploração das vias rodoviárias municipais;
- Realizar auditorias internas ao funcionamento do sistema de cadastro da infraestrutura rodoviária municipal de 5 em 5 anos.

8.2.1.2 Estudo da construção ou reabilitação da via rodoviária - Projeto de execução

8.2.1.2.1 Peças do projeto

O projeto de execução de uma empreitada de construção ou reabilitação deve ser composto com as seguintes peças:

- Declaração de responsabilidade do técnico projetista;
- Documentação de identificação do técnico projetista e declaração de conformidade emitida pela ordem profissional que o representa;
- Memória descritiva e justificativa;
- Cálculos do dimensionamento da infraestrutura rodoviária (a construir de novo ou a reabilitar) e determinação de quantidades de trabalhos de obra (volumes de movimentos de terras, volumes de agregados para camadas não agregadas, volumes de argamassas betuminosas para camadas ligadas, etc.);
- Mapa de trabalhos (com espécie e quantidades);
- Estimativa orçamental dos trabalhos a realizar, com preços de mercado atualizados;
- Caderno de Encargos;
- Programa de Concurso;
- Peças desenhadas;
- Plano de Segurança e Saúde no Trabalho;

- Plano de Resíduos de Construção e Demolição;
- Estudo de Impacto Ambiental (a existir em função da natureza e dimensão da obra);
- Estudo geotécnico (a existir em função da natureza e dimensão da obra);
- Outros estudos que se revelem necessários pelo projetista;
- Documento de aprovação do projeto de execução por parte do dono de obra.

8.2.1.2.2 Áreas de estudo de apoio ao projeto execução

8.2.1.2.2.1 Estudo do terreno de fundação (morfológico, geológico e hidrológico)

Uma via rodoviária é uma infraestrutura de grande desenvolvimento longitudinal onde a plataforma do pavimento assenta diretamente sobre o solo existente, se tiver características para esse efeito, ou indiretamente sobre estruturas específicas ou camada granular previamente estuda para esse efeito (leito de fundação). É, portanto, fundamental para o seu projeto de execução de construção ou reabilitação conhecer as características altimétricas, geológicas e hídricas da zona de implantação.

O conhecimento das características do terreno de fundação inicia-se com o estudo do terreno afeto à construção:

- Estudo de impacte ambiental;
- Levantamento topográfico;
- Estudo geológico;
- Estudo hídrico.

Os estudos referidos anteriormente revelam-se de grande importância no apoio ao estudo a realizar nomeadamente na definição das soluções do projeto de execução, do ponto de vista técnico e económico. A necessidade de realizar cada um destes estudos é normalmente justificada com as características do local de implantação, classificação da via a construir ou reabilitar, dimensão da obra e o seu impacto no meio ambiente.

8.2.1.2.2.2 Levantamento topográfico

Efetuar levantamento topográfica do local afeto à intervenção a realizar, quer seja para construção de nova via rodoviária municipal, quer seja em intervenção de conservação de via rodoviária existente. O levantamento topográfico deverá realizado de forma a permitir a sua integração no sistema de informação geográfica e cadastral da futura infraestrutura rodoviária municipal.

8.2.1.2.2.3 Estudo geológico

O estudo geológico do terreno de implantação vai apurar as características físicas e mecânicas dos solos e rochas existentes na zona de implantação do pavimento rodoviário. Com o conhecimento das características dos solos/rochas da fundação, o projetista dispõe de uma variável importante para determinar o estudo das soluções técnicas/económicas da fundação ao longo do perfil longitudinal do pavimento da via.

8.2.1.2.2.3.1 Caracterização física do solo

A caracterização física do solo existente é obtida com recurso à realização de ensaios específicos em laboratório de solos em alternativa/complemento ensaios realizados “In Situ”. Apresento apenas os ensaios a realizar laboratório de solos:

- Análise granulométrica por peneiração - (Norma ISO 17892-4:2016)
- Análise granulométrica da parte fino do solo por sedimentação;
- Ensaio de Azul de Metileno – Teor de finos (Norma BS EN 933-8:2012)
- Ensaio de determinação: Limite de liquidez (Norma ISO 17892-4: 2016)
- Ensaio de determinação: Limite de plasticidade (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Limite de retração (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Teor de matéria orgânica (ASTM D4253-06); (ASTM D4253-06)
- Ensaio de determinação – Método do Picnómetro: Massa volúmica das partículas (Norma ISO 17892-6:2017)
- Ensaio de determinação: Massa volúmica do solo (Norma ISO 17892-03:2018)
- Ensaio de determinação: Peso volúmico seco máximo e mínimo (Norma NP EN ISO 17892-2:2018)

8.2.1.2.2.3.2 Classificação do solo para fins rodoviários

Os solos provenientes das terraplanagens, submetidos a ensaios específicos para caracterização física determinam, ou não, a sua classificação para “uso em fins rodoviários” de acordo com as especificações LNEC E 240 e LNEC E 241.

Solos granulares – classificação para uso rodoviário:

- A-1-a (seixo ou calhau sem qualquer aglutinante);
- A-1-b (areia grossa sem ou com pouco aglutinante);
- A-3 (areia fina tipo duna da praia, sem silte e sem plasticidade);
- A-2-4 e A-2-5 (material granular com seixo e areia grossa e com menos de 35% do material passado no peneiro ASTM n.º 200, índice de plasticidade excessivo relativamente ao solo A-1 e a areia fina com quantidade de silte não plástico em excesso relativo ao solo A-3;

Solos Silto- Argilosos:

- A-4; A-5; A-6 e A-7, são solos com mais de 35% de material passado no peneiro ASTM n.º 200, com teor de finos e com índice de plasticidade elevados.

8.2.1.2.2.3.3 Caracterização do solo por características mecânicas

Garantido que esteja, que os solos existentes em obra reúnem características físicas adequadas para que possam ser classificadas para “uso para fins rodoviários”, ainda assim, para que possam ser usados como fundação de um pavimento rodoviário será necessário que também

tenham características mecânicas capazes de suportar tensões provenientes dos carregamentos rodoviários.

As características mecânicas de um solo são obtidas a partir de ensaios específicos de laboratório de solos e/ou ensaios realizados “In Situ” que, abaixo se indicam:

Ensaio de compactação:

- Ensaio Proctor normal ou modificado (Norma 13286-2:2004)
- Ensaio de determinação do CBR (Norma 13286-47:2004)
- Ensaio de determinação da Expansibilidade (Norma ASTM D4829-03)

Ensaio de Consolidação:

- Ensaio de consolidação edométrico – Terminação da curva de consolidação/tempo para cinco níveis de carga e dois de descarga (Norma ISO 17892-5:2017)
- Ensaio edométrico em solo saturado, com medição de deslocamentos e tensões totais e neutras – Edômetro de Rowe (Norma BS 1377-6:1990)
- Ensaio edométrico, com medição da permeabilidade – Edômetro hidráulico de Rowe (Norma BS 1377-6:1990)

Ensaio de Corte:

- Ensaio de corte direto simples cíclico (Norma ISO/FDIS 17892-10:2018)

Ensaio Triaxiais:

- Ensaio triaxial consolidado não drenado (Norma ISO/FDIS 17892-9:2017)
- Ensaio triaxial não consolidado não drenado (Norma ISO/FDIS 17892-9:2017)
- Ensaio triaxial com consolidação anisotrópica (Norma ISO/FDIS 17892-9:2017)
- Ensaio triaxial para determinação de permeabilidade (Norma CEN ISSO/TS 17892-11:2004)

8.2.1.2.2.4 Estudo hidrológico - zona de influência

A implantação de novas infraestruturas rodoviárias em meio natural ou simplesmente, altera com mais ou menos significado a morfologia natural dos terrenos da sua implantação e envolvente, alterando por inerência as condições naturais de drenagem das águas pluviais superficiais e por vezes as linhas de água subterrâneas de aquíferos, nascentes, poços, etc. Esta questão também é válida em obras de conservação e beneficiação em vias rodoviárias existentes, na qual, houve também as alterações das condições do meio natural a quando a sua construção, entretanto, restabeleceu-se e consolidou-se novas condições de drenagem das águas, mas, que o novo projeto de reabilitação pode perturbar novamente. É necessário ter especial atenção ao impacto da construção/reabilitação de uma via rodoviária em ambiente natural nas condições naturais de drenagem das águas superficiais e subterrâneas, não apenas por condições ambientais, mas também para segurança da infraestrutura.

8.2.1.2.2.4.1 Águas superficiais

O estudo hidrológico deve considerar o estudo da drenagem superficial, sentidos de escoamento no terreno, linhas de água, bacias hidrográficas, estudo dos caudais de cheia nos pontos de interseção do perfil longitudinal da via rodoviária com linhas de água e em locais de proximidade com a sua estrutura, condições de drenagem superficial, permeabilidade dos solos, permeabilidade dos espaços com construção na envolvente, existência ou não de uma cobertura vegetal capaz de reduzir caudais e velocidades de escoamento, etc.

8.2.1.2.2.4.2 Águas freáticas

O estudo hidrológico deve ainda considerar o movimento natural da água subterrânea. A existência de aquíferos, linhas de água subterrâneas (rios, algares), nascentes naturais, poços, presas, etc., devem ser consideradas em fase de projeto de execução quando se encontram afetadas à zona de implantação da via rodoviária, quer por razões ambientais, quer por razões de salvaguarda estrutural da via. Não são raros os casos, onde algumas destas questões não são consideradas em projeto, nem posteriormente em obra e os problemas estruturais dos pavimentos surgem sistematicamente nesses locais.

8.2.1.2.2.5 Clima predominante – zona de influência

Podemos referir que as condições climáticas têm influência no comportamento físico e na durabilidade dos pavimentos rodoviários flexíveis. Sob condições climáticas amenas, o estudo técnico, atenua o efeito negativo do clima sob o pavimento com a implementação de soluções técnicas e de dimensionamento, a escolha dos materiais de construção com mais apetência a resistir a determinadas condições climáticas, condições de drenagem, desgaste e aderência dos pavimentos, normalmente salvaguardam condições utilização dos pavimentos rodoviárias em segurança e conforto no decorrer do seu tempo de vida.

A influência do clima nos pavimentos torna-se mais significativa em condições extremas. Pavimentos sob condições de temperaturas muito baixas ou muito altas interfere no comportamento estrutural das camadas betuminosas. Por outro lado, poderemos ter o tempo chuvadas intensas em períodos cada vez mais curtos, surgem caudais muito elevados num espaço de tempo muito curto, os solos saturam, a sua coesão diminui, as velocidades de escoamento aumentam, condições que, podem levar ao colapso da estrutura rodoviária em zonas críticas.

Em tempos de alterações climáticas com registo de episódios extremos cada vez mais frequentes sem regiões salvaguardadas, o que alguns anos se considerava atípico tende a ser nos dias de hoje cada vez mais normal. Ainda assim, o clima padrão de cada região deve ser considerado como tal no estudo da infraestrutura rodoviária seguindo o padrão clássico, sem, contudo, deixar de considerar as condições extremas do clima. Assim, a influência do clima no estudo da infraestrutura rodoviária deve considerar:

- O clima padrão da região de implantação da infraestrutura (temperatura do ar, pluviosidade, velocidade dos ventos, etc.);
- O estudo dos pavimentos rodoviários betuminosos a fatores extremos de temperatura, não característicos, mas previsíveis;
- Dimensionamento dos pavimentos em condições de drenagem e permeabilidade de forma a mitigar os efeitos das chuvadas intensas de curto período;
- Condições de salvaguarda da segurança estrutural da infraestrutura quando sujeita à ação erosiva das escorrências de caudais elevados com escoamento a velocidades elevadas, geradas pelas chuvadas extremas em zonas (taludes, aterro, de fundações de elementos estruturais, junto a pontos de interseção com linhas de água, zonas de níveis freáticos elevados, etc.).

8.2.1.2.2.6 Tráfego característico para a via

No estudo da via rodoviária será necessário definirmos as ações características para procedermos ao dimensionamento das camadas flexíveis do pavimento rodoviário, que são:

- Tráfego rodoviário;
- Temperatura do ar padrão da região;
- Radiação solar sobre os pavimentos;
- Velocidade do vento à superfície dos pavimentos (importante na troca de calor por convecção);
- Teor de água nas camadas estruturais não ligadas e solo de fundação;
- Pluviosidade.

Para os pavimentos rodoviários flexíveis as ações fundamentais no dimensionamento das camadas:

- Ação do tráfego;
- Ação da temperatura de serviço – considera-se este fator no dimensionamento das vias rodoviárias porque condiciona a rigidez das camadas betuminosas, portanto, um elemento fundamental a considerar no dimensionamento das camadas do pavimento.

Nota: A variação do teor em água nas camadas resistentes não ligadas e no solo de fundação é tido em conta ao fixarmos as características de resistência e deformabilidade, tomando-se em geral a situação do teor de água mais desfavorável. Por outro lado, considera-se que o sistema de drenagem da via se encontra a funcionar convenientemente, não existe fendilhação nos pavimentos betuminosos, admitindo-se que a variação do teor de água não é considerável.

No dimensionamento de pavimentos flexíveis apenas é considerado o tráfego de veículos pesados (com carga acima de 3 ton) do tipo “F”, todos os outros têm efeito desprezável. Dentro deste tipo de veículos, eles podem ter vários eixos cujos pesos máximos estão definidos em portaria.

Classes de tráfego definidas pelo número de pesados acumulados em 20 anos na via de projeto, segundo MACOPAV (JAE, 1995).

- Grupo T6 – $0,5 \times 10^6$ a $1,5 \times 10^6$
- Grupo T5 – $1,5 \times 10^6$ a $2,9 \times 10^6$
- Grupo T4 – $3,3 \times 10^6$ a $5,4 \times 10^6$
- Grupo T3 – $5,4 \times 10^6$ a $8,7 \times 10^6$
- Grupo T2 – $9,7 \times 10^6$ a $14,5 \times 10^6$
- Grupo T1 – $14,5 \times 10^6$ a $24,1 \times 10^6$

8.2.1.2.2.7 Dimensionamento do pavimento rodoviário

A realizar pelo técnico projetista responsável pelo projeto de execução da infraestrutura a construir ou a reabilitar.

8.2.1.2.2.8 Registo Fotográfico

Efetuar registo fotográfico do espaço afeto à construção ou reabilitação da via rodoviária municipal em fase da elaboração do projeto de execução ou estudo de intervenção.

8.2.1.3 Ficha de Verificação e Controlo de Qualidade - Estudos e Projetos de Execução - Via Rodoviária Municipal Ref.^a EM ... – Ref.^a FVCQ-01

A desenvolver em trabalhos futuros.

8.2.2 SEGUNDA FASE DO PLANO DE CONTROLO DE QUALIDADE – CONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO DE VIA RODOVIÁRIA MUNICIPAL

8.2.2.1 Verificação e Controlo dos Trabalhos - Movimento de terras

O estudo geotécnico realizado em fase prévia ao estudo do projeto de execução será o referencial de apoio aos trabalhos de preparação da fundação da via rodoviária.

Já em obra, os trabalhos de construção/reabilitação da via rodoviária iniciam-se com os movimentos de terras e decorrem até definir a plataforma da fundação da via e o acerto de taludes, será, a fase mais delicada da obra de construção de via rodoviária onde, poderão surgir as variáveis até aqui desconhecidas (exemplo terrenos de natureza diferentes e alturas diferentes de aterro abaixo da rasante) . Nesta fase de obra, em regra, são realizados os ensaios de controlo/validação às características físicas e mecânicas do solo de fundação.

8.2.2.1.1 Controlo das características físicas do solo de fundação

Verificação em obra das características físicas do solo de fundação ou de solos de empréstimo.

Para além do acompanhamento técnico a fiscalização da obra acompanha também a realização dos ensaios de verificação e controlo de qualidade à caracterização física dos solos de fundação. Os ensaios abaixo indicados serão a realizar por laboratório creditado para o efeito:

- Análise granulométrica por peneiração - (Norma ISO 17892-4:2016)

- Análise granulométrica da parte fino do solo por sedimentação;
- Ensaio de Azul de Metileno – Teor de finos (Norma BS EN 933-8:2012)
- Ensaio de determinação: Limite de liquidez (Norma ISO 17892-4: 2016)
- Ensaio de determinação: Limite de plasticidade (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Limite de retração (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Teor de matéria orgânica (ASTM D4253-06); (ASTM D4253-06)
- Ensaio de determinação – Método do Picnómetro: Massa volúmica das partículas (Norma ISO 17892-6:2017)
- Ensaio de determinação: Massa volúmica do solo (Norma ISO 17892-03:2018)
- Ensaio de determinação: Peso volúmico seco máximo e mínimo (Norma NP EN ISO 17892-2:2018)

Os referidos ensaios deverão ser realizados com a frequência definida nas peças do procedimento da empreitada (projeto de execução e caderno de encargos).

8.2.2.1.2 Controlo das características mecânicas do solo de fundação

Verificação em obra das características mecânicas dos solos de fundação.

Para além do acompanhamento técnico a fiscalização da obra acompanha também a realização dos ensaios de verificação e controlo de qualidade às capacidades mecânicas dos solos de fundação. Os ensaios abaixo indicados serão a realizar por laboratório creditado para o efeito:

Ensaios de compactação:

- Ensaio Proctor normal ou modificado (Norma 13286-2:2004)
- Ensaio de determinação do CBR (Norma 13286-47:2004)
- Ensaio de determinação da Expansibilidade (Norma ASTM D4829-03)

Ensaios Consolidação:

- Ensaio de consolidação edométrico – Terminação da curva de consolidação/tempo para cinco níveis de carga e dois de descarga (Norma ISO 17892-5:2017)
- Ensaio edométrico em solo saturado, com medição de deslocamentos e tensões totais e neutras – Edómetro de Rowe (Norma BS 1377-6:1990)
- Ensaio edométrico, com medição da permeabilidade – Edómetro hidráulico de Rowe (Norma BS 1377-6:1990)

Ensaios de Corte:

- Ensaio de corte direto simples cíclico (Norma ISO/FDIS 17892-10:2018)

Ensaios Triaxiais:

- Ensaio triaxial consolidado não drenado (Norma ISO/FDIS 17892-9:2017)
- Ensaio triaxial não consolidado não drenado (Norma ISO/FDIS 17892-9:2017)

- Ensaio triaxial com consolidação anisotrópica (Norma ISO/FDIS 17892-9:2017)
- Ensaio triaxial para determinação de permeabilidade (Norma CEN ISO/TS 17892-11:2004)

Os referidos ensaios deverão ser realizados com a frequência definida nas peças do procedimento da empreitada (projeto de execução e caderno de encargos).

8.2.2.2 Verificação e Controlo dos Trabalhos – Camadas não Ligadas

8.2.2.2.1 Construção do Leito de Fundação

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais empregues na construção do leito de fundação. Os materiais empregues devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

Para além da verificação e controlo de qualidade referido anteriormente e do acompanhamento técnico a realizar aos trabalhos, deve ainda, a fiscalização da obra solicitar ao empreiteiro adjudicatário a realização dos ensaios de verificação e controlo de qualidade ao leito de fundação construído. As soluções mais usadas para a construção do leito de fundação:

- Solos seleccionados provenientes da própria escavação ou provenientes de terras de empréstimo;
- Materiais granulares não britados;
- Materiais granulares britados “Tout-Venant”;
- Mistura de solos com aglutinantes hidráulicos (cal, cimento, etc.)

As características que deve obedecer o leito de fundação:

- | | |
|--|-------------------|
| • Dimensão máxima do inerte | 75mm; |
| • Dimensão menor que 0,074 mm (peneiro ASTM n.º 200) | 20% máx; |
| • Limite de liquidez (LL) | 25% máx |
| • Índice de plasticidade (IP) | 6% máx |
| • Equivalente de areia (EA) | 30% min |
| • Valor do azul de metileno (VA) dos finos (<0,074 mm) | 2g/100g finos máx |
| • CBR (a 95% da baridade máxima, compactação pesada) | 10% min |
| • Expansão no ensaio CBR | 1,5% máx |
| • Matéria orgânica | 0% máx |

Os ensaios abaixo indicados serão a realizar por laboratório creditado para o efeito:

- Análise granulométrica por peneiração - (Norma ISO 17892-4:2016)
- Análise granulométrica da parte fino do solo por sedimentação;
- Ensaio de Azul de Metileno – Teor de finos (Norma BS EN 933-8:2012)
- Ensaio de determinação: Limite de liquidez (Norma ISO 17892-4: 2016)
- Ensaio de determinação: Limite de plasticidade (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Limite de retração (Norma ISO/TS 17892-12:2004)

- Ensaio de determinação: Teor de matéria orgânica (ASTM D4253-06); (ASTM D4253-06)
- Ensaio Proctor normal ou modificado (Norma 13286-2:2004)
- Ensaio de determinação do CBR (Norma 13286-47:2004)
- Ensaio de determinação da Expansibilidade (Norma ASTM D4829-03)

Os referidos ensaios deverão ser realizados com a frequência definida nas peças do procedimento da empreitada (projeto de execução e caderno de encargos).

8.2.2.2.2 Construção da Camada Sub-Base

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais empregues na construção da camada sub-base. Os materiais empregues devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

Para além da verificação e controlo de qualidade referido anteriormente e do acompanhamento técnico a realizar aos trabalhos, deve ainda, a fiscalização da obra solicitar ao empreiteiro adjudicatário a realização dos ensaios de verificação e controlo de qualidade à camada sub-base construída.

Caraterísticas de solos selecionados para sub-base:

- Dimensão máxima do inerte 75mm;
- Dimensão menor que 0,074 mm (peneiro ASTM n.º 200) 19% máx;
- Limite de liquidez (LL) 25% máx
- Índice de plasticidade (IP) 6% máx
- Equivalente de areia (EA) 30% min
- Valor do azul de metileno (VA) dos finos (<0,074 mm) 1,5g/100g finos máx
- CBR (a 95% da baridade máxima, compactação pesada) 20% min
- Expansão no ensaio CBR 1,9% máx
- Matéria orgânica 0% máx

Agregado de natureza aluvionar (não britado) para sub-base:

- Granulometria tipo continua:
 - 75 mm 100%
 - 63 mm 90-100%
 - 19 mm inferior a 30%
 - 4,75 mm 35-60%
 - 0,075 mm 0-15%
- Limite de liquidez (LL) 25% máx
- Índice de plasticidade (IP) 6% máx
- Equivalente de areia (EA) 45% min
- Matéria orgânica 0% máx

Características de agregados de granulometria extensa para sub-base:

- Granulometria tipo continua:
 - 37,50 mm 100%
 - 31,50 mm 75-100%
 - 19 mm 55-85%
 - 9,50 mm 40-70%
 - 6,30 mm 33-60%
 - 4,75 mm 27-53%
 - 2,00 mm 22-45%
 - 0,425 mm 11-28%
 - 0,180 mm 7-19%
 - 0,075 mm 2-10%
- Percentagem retido no peneiro 19,00 mm <30%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles < 45%
- Limite de liquidez (LL) NP
- Índice de plasticidade (IP) NP
- Equivalente de areia (EA) 45% min

Os ensaios abaixo indicados serão a realizar por laboratório creditado para o efeito:

Para solos selecionados

- Análise granulométrica por peneiração - (Norma ISO 17892-4:2016)
- Análise granulométrica da parte fino do solo por sedimentação;
- Ensaio de Azul de Metileno – Teor de finos (Norma BS EN 933-8:2012)
- Ensaio de determinação: Limite de liquidez (Norma ISO 17892-4: 2016)
- Ensaio de determinação: Limite de plasticidade (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Limite de retração (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio de determinação: Teor de matéria orgânica (ASTM D4253-06); (ASTM D4253-06)
- Ensaio Proctor normal ou modificado (Norma 13286-2:2004)
- Ensaio de determinação do CBR (Norma 13286-47:2004)
- Ensaio de determinação da Expansibilidade (Norma ASTM D4829-03)

Para agregados de natureza aluvionar

- Análise granulométrica por peneiração - (Norma ISO 17892-4:2016)
- Ensaio de determinação: Limite de liquidez (Norma ISO 17892-4: 2016)
- Ensaio de determinação: Limite de plasticidade (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio equivalente de areia
- Ensaio Proctor normal ou modificado (Norma 13286-2:2004)
- Ensaio de determinação do CBR (Norma 13286-47:2004)

Para agregados de granulometria extensa

- Análise granulométrica por peneiração - (Norma ISO 17892-4:2016)
- Ensaio de determinação: Limite de liquidez (Norma ISO 17892-4: 2016)
- Ensaio de determinação: Limite de plasticidade (Norma ISO/TS 17892-12:2004)
- Ensaio equivalente de areia
- Ensaio Proctor normal ou modificado (Norma 13286-2:2004)
- Ensaio de determinação do CBR (Norma 13286-47:2004)

Os referidos ensaios deverão ser realizados com a frequência definida nas peças do procedimento da empreitada (projeto de execução e caderno de encargos).

8.2.2.3 Verificação e Controlo dos Trabalhos – Camadas Ligadas

8.2.2.3.1 Construção de Camada Base ou de Regularização

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais empregues na construção da camada base. Os materiais empregues devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

Para além da verificação e controlo de qualidade referido anteriormente e do acompanhamento técnico a realizar aos trabalhos, deve ainda, a fiscalização da obra solicitar ao empreiteiro adjudicatário a realização dos ensaios de verificação e controlo de qualidade à camada base construída. Os ensaios abaixo indicados serão a realizar por laboratório creditado para o efeito:

Controlo das características de betumes e emulsões (rega impregnação e rega de colagem)

Betumes

- Ensaio de penetração com agulha (Norma EN 1426)
- Ensaio de determinação da temperatura de amolecimento do betume: Método do anel e bola (Norma EN 1427)
- Ensaio de resistência ao endurecimento sob influência de calor RTFOT (Norma EN 1427)
- Ensaio de densidade do betume (Norma ASTM D 70)
- Ensaio de recuperação do betume (Norma EN 12697-3)

Emulsões

- Ensaio de determinação da polaridade da emulsão (Norma EN 1430)
- Ensaio de determinação do teor de água na emulsão (Norma EN 1428)
- Ensaio de determinação da tendência para sedimentar da emulsão (Norma EN 12847)

Controlo das características das misturas betuminosas da camada base

- Colheita das amostras das misturas (Norma EN 12697-27)
- Preparação e amostras das misturas (Norma EN 12697-28)
- Ensaio de determinação do teor de betume pelos Métodos de centrifugação ou método do refluxo (Norma ASTM D 2172)

- Ensaio de determinação da baridade de misturas compactas (Norma ASTM D 2726)
- Ensaio de determinação do índice de vazios (Procedimento LNEC)
- Ensaio de determinação da adesividade “aglutinantes-inertes” (Norma JAE P.9-53)
- Ensaio de determinação do efeito da água sobre a coesão de misturas betuminosas abertas – ensaio Cântabro de perda por desgaste (Norma NLT 362)
- Ensaio de determinação da permeabilidade - misturas porosas (Norma NLT 327)

Controlo do comportamento da camada betuminosa base

- Ensaio de preparação dos carotes para ensaio (Norma EN 12697-28)
- Ensaio de medição dos carotes (Norma EN 12697-29)
- Características de provetes betuminosos (Norma ASTM D 3203)
- Ensaio de compressão Marshall – determinação do comportamento das misturas betuminosas à ação das cargas, resistência e deformabilidade (Norma ASTM D 1559; NP EN 12697-34; NP 142)
- Ensaio da determinação da resistência conservada – provetes do método de Marshall (Norma ASTM D-1075; MIL-STD-620A e RILE BM/N. °3)
- Ensaio de determinação da resistência à compressão simples (Norma ASTM D-1074)

Em resumo o controlo das camadas base deve incidir nos fatores:

- Controlo da composição da mistura betuminosa;
- Controlo da granulometria do agregado (fase grossa e fina);
- Controlo das características do agregado (natureza, granulometria, forma, se é britado ou não);
- Verificação da espessura das camadas betuminosas base (1.º camada base subjacente à camada de desgaste com erro de espessura mais ou menos 1 cm, 2.º camada base subjacente à camada de desgaste com erro de espessura mais ou menos 2 cm);

Os referidos ensaios deverão ser realizados com a frequência definida nas peças do procedimento da empreitada (projeto de execução e caderno de encargos).

8.2.2.3.2 Construção de Camada de Desgaste

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais empregues na construção da camada de desgaste. Os materiais empregues devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

Para além da verificação e controlo de qualidade referido anteriormente e do acompanhamento técnico a realizar aos trabalhos, deve ainda, a fiscalização da obra solicitar ao empreiteiro adjudicatário a realização dos ensaios de verificação e controlo de qualidade à camada de desgaste construída. Os ensaios abaixo indicados serão a realizar por laboratório creditado para o efeito:

Controlo das características de betumes e emulsões (rega impregnação e rega de colagem)

Betumes

- Ensaio de penetração com agulha (Norma EN 1426)
- Ensaio de determinação da temperatura de amolecimento do betume: Método do anel e bola (Norma EN 1427)
- Ensaio de resistência ao endurecimento sob influência de calor RTFOT (Norma EN 1427)
- Ensaio de densidade do betume (Norma ASTM D 70)
- Ensaio de recuperação do betume (Norma EN 12697-3)

Emulsões

- Ensaio de determinação da polaridade da emulsão (Norma EN 1430)
- Ensaio de determinação do teor de água na emulsão (Norma EN 1428)
- Ensaio de determinação da tendência para sedimentar da emulsão (Norma EN 12847)

Controlo das características das misturas betuminosas da camada desgaste

- Colheita das amostras das misturas (Norma EN 12697-27)
- Preparação e amostras das misturas (Norma EN 12697-28)
- Ensaio de determinação do teor de betume pelos Métodos de centrifugação ou método do refluxo (Norma ASTM D 2172)
- Ensaio de determinação da baridade de misturas compactas (Norma ASTM D 2726)
- Ensaio de determinação do índice de vazios (Procedimento LNEC)
- Ensaio de determinação da adesividade “aglutinantes-inertes” (Norma JAE P.9-53)
- Ensaio de determinação do efeito da água sobre a coesão de misturas betuminosas abertas – ensaio Cântabro de perda por desgaste (Norma NLT 362)
- Ensaio de determinação da permeabilidade - misturas porosas (Norma NLT 327)

Controlo do comportamento da camada betuminosa base

- Ensaio de preparação dos carotes para ensaio (Norma EN 12697-28)
- Ensaio de medição dos carotes (Norma EN 12697-29)
- Características de provetes betuminosos (Norma ASTM D 3203)
- Ensaio de compressão Marshall – determinação do comportamento das misturas betuminosas à ação das cargas, resistência e deformabilidade (Norma ASTM D 1559; NP EN 12697-34; NP 142)
- Ensaio da determinação da resistência conservada – provetes do método de Marshall (Norma ASTM D-1075; MIL-STD-620A e RILE BM/N. °3)
- Ensaio de determinação da resistência à compressão simples (Norma ASTM D-1074)
- Ensaio da determinação da capacidade de carga – carga com placa (Norma AFNOR NF P94-117-1; DIN 18134)

- Ensaio de verificação da regularidade da superfície do pavimento
(Norma NP EN 13036-7 :2011; (NP EN 13036-6 :2012 – perfilómetro de laser)
- Ensaio de determinação da permeabilidade “in situ” do pavimento
(Norma NP EN 12697-40; ASTM C 1701)
- Ensaio de determinação do atrito do pavimento – método do “pêndulo britânico”
(Norma EN 13036-4; ASTM E 303-93)
- Ensaio de determinação do desgaste do pavimento – método do polímero
(Norma EN 1097 – 8)
- Ensaio de determinação da textura do pavimento – método da mancha de areia
(Norma EN 13036-1: 2010; ASTM E 965; Proc.)
- Ensaio abrasivo com roda molhada
(Norma NLT 173)
- Ensaio de torsão
(Norma ASTM D-3910)

Os referidos ensaios deverão ser realizados com a frequência definida nas peças do procedimento da empreitada (projeto de execução e caderno de encargos).

8.2.2.4 Verificação e Controlo dos Trabalhos – Drenagem de Águas

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais empregues na construção dos equipamentos de drenagem da via rodoviária. Os materiais e equipamentos devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

8.2.2.5 Verificação e Controlo dos Trabalhos – Sinalização

8.2.2.5.1 Sinalização Horizontal

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais e equipamentos empregues na implantação da sinalização horizontal da via rodoviária. Os materiais e equipamentos devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

8.2.2.5.2 Sinalização Vertical

Verificação em obra da solução técnica definida no projeto de execução e controlo da qualidade dos materiais e equipamentos empregues na implantação da sinalização vertical da via rodoviária. Os materiais e equipamentos devem dispor de fichas de caracterização técnica e certificado de homologação CE.

8.2.2.6 Registo Fotográfico da Obra

Efetuar registo fotográfico do espaço afeto à construção ou reabilitação da via rodoviária municipal no decorrer dos trabalhos da empreitada.

8.2.2.7 Telas Finais da Obra

Sempre que conste nas peças de procedimento da empreitada o empreiteiro adjudicatário deverá as telas finais da obra em formato digital. As telas finais deverão ser realizadas com levantamento topográfico e em sistema de coordenadas compatível com o usado no sistema cadastral da infraestrutura (SIG).

8.2.2.8 Compilação Técnica da Obra

O empreiteiro adjudicatário, após receção provisória da obra entrega ao dono de obra toda a informação referente às operações de obra e à infraestrutura construída, livro de obra, Plano de Segurança e Saúde devidamente preenchido e com a documentação produzida em obra, Plano de Resíduos de Obra de Construção e Demolição, Fichas técnicas e certificados de conformidade CE dos materiais e equipamentos instalados em obra, Certificados de garantia de equipamentos, etc. Toda esta documentação deve fazer parte do Plano de Controlo de Qualidade da Via Rodoviária – Fase de Obra.

8.2.2.9 Registo técnico das condições físicas do pavimento – receção provisória

A receção provisória da obra é o ato administrativo a partir a infraestrutura passa para o domínio público e o município toma a responsabilidade pela exploração e manutenção.

8.2.2.10 Ficha de Verificação e Controlo Qualidade – Obra de Construção/Reabilitação - Via Rodoviária Municipal Ref.^a EM – Ref.^a FVCQ-02

A desenvolver em trabalhos futuros.

8.2.3 TERCEIRA FASE DO PLANO DE CONTROLO DE QUALIDADE – OBSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS

8.2.3.1 Avaliação da qualidade dos pavimentos – a cada 10 anos após receção provisória

Com apoio dos alertas emitidos pela aplicação informática “Sistema de Informação Geográfica” do cadastro da infraestrutura rodoviária municipal, efetuar planeamento prévio das ações de vistoria às vias rodoviárias municipais a realizar no ano seguinte. Decorrido que seja, o tempo de vida de 10 anos após última intervenção de construção, conservação ou mesmo a primeira vistoria de observação e cadastro, procede-se à realização da avaliação e controlo de qualidade do pavimento rodoviária, em termos estruturais, textura e condições de atrito do pavimento, regularidade longitudinal e transversal do pavimento, condições de drenagem de água, previsão de realizar intervenção de conservação a “X” anos a partir da data da vistoria, estimativa orçamental da intervenção conservação, etc. Os dados recolhidos nesta ação de vistoria são compilados numa ficha de verificação e controlo de qualidade para posterior atualização do Plano de Controlo de Qualidade da via rodoviária Municipal. O Plano de Controlo de Qualidade da via rodoviária deve estar em plataforma informática que emitirá alertas prévios, emitidos com base na data estimada pelo técnico para a sua eventual intervenção. Este alerta servirá posteriormente para elaboração do Plano de Investimento Anual para a Conservação da Infraestrutura Rodoviária Municipal a realizar pelo técnico responsável.

A avaliação da qualidade do pavimento rodoviário deve incidir:

- Qualidade estrutural
- Qualidade funcional – superfície da camada de desgaste
- Atrito transversal
- Ruído
- Visibilidade
- Resistência ao movimento
- Poluição atmosférica e da água
- Vibrações

Os parâmetros mais usados na avaliação da qualidade do pavimento são:

- Capacidade estrutural
- Estado superficial
- Regularidade longitudinal
- Regularidade transversal
- Atrito transversal

8.2.3.1.1 Parâmetros a observar - classificação da qualidade da via:

A observação de uma via rodoviária deve considerar dois grupos de parâmetros, o grupo ligado à caracterização do estado do pavimento e o grupo que caracteriza o estado funcionar do pavimento. Para termos uma análise mais objetiva à observação feita ao pavimento devemos considerar ainda os seguintes dados:

- Características geométricas do traçado (traçado em planta e perfil)
- O tráfego real
- O registo de acidentes
- Características das intervenções realizadas
- As condições climatéricas reais

Metodologia das observações – Definição de um plano:

Frequência das observações

As observações a realizar na via devem ser feitas em função dos dados que necessitamos, os meios disponíveis, o estudo que necessitamos efetuar e à evolução dos parâmetros que pretendemos observar.

De acordo com Pereira & Miranda, 1999, as frequências de observação aos parâmetros devem ser feitas segundo os períodos, sendo “n” o ano inicial da colocação em serviço:

- Deflexão: n+2 ; n+6; n+10 e n+12 (anos)
- Degradações: n+2 ; n+4; n+6 e n+8 (anos)
- Irregularidade: n+2 ; n+6; n+10 e n+14 (anos)
- Aderência: n+1 ; n+5; n+9 e n+13 (anos)

O presente estudo trata de redes viárias municipais pertencentes a municípios enquadradas no contexto:

- Dificuldades económicas dos municípios;
- Vias rodoviárias de baixa densidade de tráfego;
- Gestão viária com baixo conhecimento cadastral das redes;
- Estado de conservação das vias deficitário.

Atendendo ao estado da arte referido anteriormente, considera-se interessante desenvolver progressivamente o conhecimento cadastral e apontar para um planeamento das observações de períodos de 10 anos em 10 anos para todos os parâmetros a observar e para pavimentos intervencionados. Para as vias restantes proceder à observação e atualização do cadastro, seguindo o critério prioridade:

- Os que apresentam o estado físico mais degradado;
- Por divisão territorial do concelho (freguesia a freguesia).

Vias a observar

O Plano de Controlo de Qualidade de Vias Rodoviárias prevê na sua fase inicial (atualização cadastral) a definição das vias rodoviárias municipais da seguinte forma:

- Divisão das vias municipais em Estradas Municipais e Caminhos Vicinais;
- Atribuição de um Identificador cadastral (EX: EM 535; CV 1230);
- Definição do seu início e fim de via municipal (pontos georreferenciados).

A observação da via recai sobre a totalidade da via rodoviária municipal.

8.2.3.1.1.1 Estado estrutural

As deflexões e os assentamentos visíveis são indicados ao estado estrutural dos pavimentos rodoviários sob efeito dos carregamentos.

A partir do conhecimento da deflexão podemos caracterizar a capacidade global do conjunto pavimento e fundação e identificar a contribuição de cada tipo de camada para as deflexões medidas a várias distâncias do ponto de aplicação da carga.

Observações a realizar – Parâmetro deflexões

A observação do parâmetro “deflexão” pode ser realizada pelos seguintes métodos de medição da capacidade de carga do pavimento a realizar pelos equipamentos:

- Defletómetros ou defletógrafos – medem a deflexão do pavimento estacionária ou a baixa velocidade ao efeito do carregamento;
- Equipamentos que se encontram num determinado local do pavimento e aplicam uma carga rápida por impacto de uma massa, que cai de uma determinada altura sobre uma placa assente num pavimento. A capacidade estrutural do pavimento neste método é determinada pelos equipamentos:

- Viga Benkleman;
- Defletógrafo FLASH;
- Curviâmetro;
- Defletógrafo de Impacto (FWD).

No entanto, dadas as características da rede viária municipal o presente Plano de Controlo de Qualidade considera na avaliação do estado estrutural das vias a irregularidade longitudinal e as degradações observáveis nos parâmetros do estado.

8.2.3.1.1.2 Estado funcional - estado superficial da camada de desgaste

8.2.3.1.1.2.1 Textura superficial – irregularidades da superfície

A textura da superfície da camada de desgaste é uma das propriedades que contrui para a qualidade do pavimento, quer pela resistência ao deslizamento quer pela produção de ruído.

Avaliação da textura pontual

- Realização do ensaio da Mancha de Areia – Determina a profundidade média da macro textura da superfície da camada de desgaste. Para caracterizar uma determinada zona do pavimento devem ser realizados 5 ensaios alinhados ao longo do eixo da via e afastados entre si em 1 metro. $Aa = V / \pi \times R^2$
Sendo,
Aa – Profundidade média da textura superficial em mm;
V – Volume de areia espalhado em mm³;
R – Raio médio obtido com o espalhamento da areia em mm.
- Leitura da textura por laser (RUGO);

8.2.3.1.1.2.2 Regularidade longitudinal

Quando se constrói um pavimento rodoviário existe sempre um desvio entre o perfil realizado e o perfil de projeto (perfil de referência). Este desvio é designado por desvio geométrico da superfície do pavimento.

A irregularidade do perfil longitudinal é analisada sob dois aspetos:

- Irregularidades geométricas, desvios geométricos da solução construída relativamente à solução projetada;
- Efeitos físicos provocados pela irregularidade.

A avaliação de qualidade do pavimento pela sua regularidade longitudinal é importante para a segurança e conforto dos utentes, no entanto, não é de fácil medição a sua avaliação.

8.2.3.1.1.2.3 Regularidade transversal

O perfil transversal de um pavimento rodoviário é um importante fator global de avaliação da qualidade de um pavimento. A sua avaliação de qualidade consiste em medir o tamanho das rodeiras provocadas pela passagem dos veículos ao longo do tempo.

A observação da irregularidade transversal consiste em definir o perfil transversal existente de uma via numa determinada data. As observações a realizar:

- Verificar se o perfil transversal da via se encontra conforme a solução de projeto;
- Verificar fenómenos de deformações plásticas e assentamentos diferenciais;
- Verificar zonas de acumulação de água “poças de água”

O técnico responsável pela observação das vias rodoviárias deve proceder na observação do parâmetro “Regularidade transversal” realizando:

- Usar régua de 3 metros ou de 1,5 metros de extensão – medição manual das deformações;
- Transversoperfilógrafo – régua de 3,5 metros graduada em centímetros com dois apoios com um cursor que suporta a roda que apoio na superfície do pavimento – efetua o levantamento do perfil transversal da via. Este dispositivo encontra-se ligado a um medidor eletrónico para um gráfico a distância percorrida pela roda para o eixo das abcissas e as distâncias da vertical para o eixo das ordenadas, sempre com a régua nivelada;
- Equipamento de laser ou ultrassons - Este equipamento é composto por uma viatura com dispositivos eletrónicos junto aos para-choques que fazem a leitura do pavimento e os transmitem para dispositivos informativos informáticos.

8.2.3.1.1.2.4 Atrito transversal

O atrito entre a superfície do pavimento e os pneus, é um parâmetro que interessa à segurança de circulação dos veículos e seus custos. Encontra-se diretamente ligado a fatores de velocidade de circulação e os acidentes.

Trata-se de um parâmetro que vai evoluindo ao longo do tempo, conforme os seguintes fatores:

- Desgaste dos agregados devido à ação de polímero dos pneus;
- Exsudação da camada de desgaste;
- Aparecimento de descontinuidade devidas a fendilhação;
- Redução da porosidade devido à densificação da camada de desgaste;
- Existência de rodeiras e acumulação de água nesses locais;
- Derrames de combustíveis e a colmatação da rugosidade da superfície do pavimento.

O atrito de um pavimento deve ser avaliado em termos de atrito longitudinal (associado à distância de paragem do veículo) e atrito transversal (avaliação da segurança em curva).

O atrito transversal (CAT) é o que tem mais importância na segurança de circulação, velocidade e custos de circulação. O seu valor depende dos seguintes valores:

- Perfil transversal da via;
- Macroestrutura do pavimento;
- Permeabilidade da camada de desgaste.

Observações a realizar – Atrito transversal

O técnico responsável pela observação das vias rodoviárias deve proceder na observação do parâmetro “atrito transversal” realizando:

A medição do atrito de uma camada de desgaste de um pavimento rodoviário segue:

- Medição do atrito pontual, sem utilização de pneu. Pelos métodos:
 - Pêndulo Britânico;
 - Ensaios a realizar em laboratório:
 - Desgaste pelo polímero acelerado (EN 1097-1: 2011)
 - Desgaste pelo ensaio Micro-Deval (NP EN 1097-1: 2002)
- Medição do atrito longitudinal em contínuo, com pneu bloqueado. Pelos métodos:
 - Atrito longitudinal em contínuo, com uso de reboques tracionados em alta velocidade com bloqueio das rodas durante uns instantes. Neste ensaio mede a força desenvolvida entre o pneu-pavimento. Tem interesse a sua medição em aeroportos.
- Medição do atrito transversal em contínuo, com pneu livre. Pelos métodos:
 - Tem interesse a sua medição em pavimentos rodoviários, são medidos com equipamentos com pneus que fazem um certo ângulo com a direção do deslocamento.

8.2.3.2 Avaliação da Qualidade do Pavimento

A ferramenta de gestão de pavimentos rodoviários municipais “Plano de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários Municipais” tem tarefas fundamentais de observação contínua da evolução física e ao comportamento de cada pavimento rodoviário, recolha dos dados observados, atualização contínua dos cadastros, e por fim, com base em toda a informação obtida em campo planear as ações de conservação em função das suas condições e da capacidade financeira do município.

O processo de gestão “Plano de Controlo de Qualidade de pavimentos Rodoviários Municipais” é suportado em duas ferramentas informáticas interligadas entre si:

Primeira aplicação informática em tecnologia de sistema de informação geográfica, para uso na gestão da informação cadastral obtida em campo. Esta ferramenta executa as seguintes tarefas no Plano:

- Atualização georreferenciada da rede viária municipal do trabalho realizado em campo;
- Gestão e planeamento das ações de vistoria ao estado de conservação de cada via rodoviária municipal;

Segunda aplicação informática: Com base no trabalho realizado em campo e na atualização da informação de cada uma das vias conceber aplicação informática de gestão dos Planos de Controlo de Qualidade de cada uma das vias municipais, numa ótica, de ferramenta de apoio à decisão gestão municipal na sua tarefa de gerir a rede viária municipal. Esta ferramenta está interligada com a aplicação informática de gestão cadastral e tem as seguintes tarefas fundamentais:

- Elaborar o Plano de Controlo de Qualidade de cada via rodoviária municipal;
- Classificar a via em termos de qualidade do seu pavimento, considerando para o efeito, a sua vertente estrutural (capacidade de suporte e estado de degradação da estrutura do pavimento) e na sua vertente funcional (conforto e segurança de circulação);
- Definir o estudo prévio da intervenção conservação a realizar na via e atribuir-lhe uma estimativa orçamental;
- A aplicação emitirá para o ano seguinte listagem de vias a intervir em função:
 - Classificação obtida no Plano de Controlo de Qualidade;
 - A listagem terá os valores atualizados (ao dia da emissão das listagens) das estimativas orçamentais dos estudos prévios das intervenções de conservação a realizar;
 - O número de vias da listagem é determinado automaticamente pela aplicação de acordo a verba disponível pelo município para a conservação de pavimentos rodoviários (do ano seguinte) e da soma dos valores atualizados das estimativas orçamentais das intervenções de conservação previamente previstas.

A avaliação de qualidade das vias rodoviárias municipais pode ser feita segundo três metodologias diferentes:

- Avaliação global
- Avaliação paramétrica
- Avaliação mista

8.2.3.2.1 Avaliação global

A avaliação global do pavimento resulta de um único índice (índice global) que, resulta da agregação dos diferentes “parâmetros de estado” utilizando um algoritmo de cálculo onde cada parâmetro tem um peso. Este peso de cada parâmetro depende da política definida pelo município para a conservação das vias rodoviárias e do estado de desenvolvimento da rede rodoviária de cada concelho.

Índices desenvolvidos para a metodologia (Paterson, 1987) – Pavimentos flexíveis

Paterson definiu o índice global de classificação de qualidade de vias rodoviárias “PSI” pela técnica de regressão múltipla linear aos resultados do ensaio Rodoviário AASHO, tendo sido desenvolvidos dois modelos, um para pavimentos flexíveis e outro para pavimentos rígidos. Para pavimentos flexíveis

Eq.75
$$\text{PSI} = 5.03 - 1.91 \times \log(1 + \text{SV}) - 1.38 \times \text{RD} - 0.01 \times \sqrt{(\text{C} + \text{P})}$$

Sendo,

SV – média da variância da inclinação do perfil longitudinal, medido com o perfilómetro CHLOE

RD – profundidade média das rodeiras (polegadas)

C – Superfície com reparações localizadas, expressa em 1/1000

P – Pavimento com a superfície com pele de crocodilo ou com desagregação, expressa em 1/1000

A avaliação da qualidade do pavimento (condições funcionais de circulação), obtida em na seguinte escala de valores:

- PSI entre 0 e 1 – pavimento muito mau
- PSI entre 1 e 2 – pavimento mau
- PSI entre 2 e 3 – pavimento regular
- PSI entre 3 e 4 – pavimento bom
- PSI entre 4 e 5 – pavimento muito bom

Índices global R, produto de um índice estrutural por um índice funcional (sistema de gestão viária de Washington),

Eq.76
$$\text{R} = (100 - \text{D}) \times [1 - 0.3 \times (\text{CPM} / 5000)^2]$$

Sendo,

R – Nota global (apresenta-se com valores entre 0 e 100 – por ordem crescente de qualidade)

D – Soma ponderada dos diferentes tipos de degradação, considerando coeficientes de ponderação em função da gravidade e da extensão de cada tipo de degradação – Representa o índice qualidade estrutural

CPM – é a medição da irregularidade longitudinal por cada milha através do equipamento PCA
– Representa o índice qualidade funcional

8.2.3.2.2 Avaliação Paramétrica

A avaliação da qualidade de um pavimento rodoviário por metodologia paramétrica define classes para cada um dos parâmetros considerados na avaliação, em função das consequências que o estado do pavimento correspondente a cada uma delas terá, quer para a qualidade estrutural, quer pela qualidade funcional.

Avaliação de qualidade do pavimento pelo método paramétrico Finlandês (OCDE, 1994)

O sistema Finlandês considera os seguintes parâmetros de estado:

- Capacidade de suporte (5 módulos de deformabilidade)
- Fendilhamento e reparações (3 classes)
- Rodeiras (3classes)
- Irregularidades longitudinais – parâmetro IRI (3 classes)

O valor atribuído para cada classe destes parâmetros é atribuído em função do conhecimento que se tem da rede viária e da relação do correspondente estado do pavimento para cada componente de qualidade (estrutural e funcional).

Outro objetivo da definição dos valores dos intervalos das classes de cada parâmetro de avaliação é maximizar as diferenças entre as classes para os custos de administração e para os custos dos utentes.

Os parâmetros que tem maior valor na avaliação da qualidade do pavimento:

- Capacidade de suporte
- Segue-se o estado da superfície

A definição das soluções de conservação a tomar, caso a caso.

Avaliação de qualidade do pavimento pelo método paramétrico Francês (OCDE, 1994)

O sistema de avaliação de qualidade paramétrica Francês define três objetivos de conservação:

- Manutenção da estrutura
- Integridade da camada superficial
- Segurança e conforto

Outro índice tem vindo a ser desenvolvidos no campo do conhecimento da rede viária e do estado de evolução a longo prazo, um desses parâmetros IQRN, permite atribuir uma classificação entre 0 e 20 em função do custo dos trabalhos que são precisos realizar para a conservação em função do estado da via de modo a manter o padrão de qualidade da rede viária do país.

Sistema Francês de avaliação de qualidade de um pavimento rodoviário: objetivos e parâmetros de avaliação:

- Objetivo: Manutenção da estrutura – Parâmetros de avaliação: Deflexões e degradações
- Objetivo: Irregularidade da camada superficial – Parâmetro de avaliação: Degradações
- Objetivo: Segurança e conforto – Parâmetros de avaliação: Irregularidade longitudinal, atrito transversal e degradações

8.2.3.2.3 Avaliação Mista

A metodologia de avaliação mista da qualidade permite combinar as metodologias globais com as metodologias paramétricas de modo a eliminar os inconvenientes das metodologias globais e manter as vantagens das metodologias paramétricas.

A metodologia global de Paterson (1987) que considera os seguintes parâmetros de avaliação:

- Irregularidade longitudinal – medido com medidor de maio
- Degradações observadas na superfície do pavimento

As degradações são quantificadas quanto ao tipo, extensão (densidade de ocorrência) e quanto à respectiva gravidade, por troços de 60 metros de extensão, consideradas as seguintes famílias:

- Fendilhamento longitudinal
- Fendilhamento transversal
- Pele de crocodilo
- Rodeiras
- Desagregação do material, reparações parciais
- Estado das bermas

O fendilhamento e as reparações parciais são quantificadas por percentagem da área da superfície degradada versus superfície em análise.

Para determinar o tipo de ação de conservação esta metodologia usa uma árvore de decisão, onde são combinados os diferentes parâmetros.

A metodologia de avaliação de qualidade pelo Sistema de Gestão de Pavimentos da JAE, considera três parâmetros:

- Capacidade de suporte (deflexão) – é classificada por 3 classes em função da classe de tráfego da via (TMDA p)
- Irregularidade longitudinal – é classificada por 3 classes em função dos valores observados NBO (notação para bandas de onda) e da classe de tráfego (TMDA)
- Estado da superfície do pavimento – classificação em 10 classes em função da densidade das degradações e da gravidade das degradações

A avaliação dos três parâmetros e as suas diferentes classes definem 90 estados possíveis por cada trecho avaliado.

8.2.3.3 Método de avaliação da qualidade dos pavimentos rodoviários municipais - “Plano de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários Municipais”

A avaliação da qualidade das vias rodoviárias previsto no desenvolvimento do Plano de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários Municipais” será a realizar seguindo uma metodologia mista composta pela metodologia global de Paterson (1987) e a metodologia paramétrica do Sistema de Gestão de Pavimentos da JAE.

8.2.3.4 Ficha de Avaliação da Qualidade do Pavimento – Observação de Pavimentos - Via Rodoviária Municipal Ref.^a EM – Ref.^a FVCQ-03

A desenvolver em trabalhos futuros.

8.2.3.5 Elaboração de processo administrativo: “Plano de Controlo de Qualidade para Via Rodoviária Municipal Ref.^a...” – Ferramenta de apoio à decisão.

Conceber uma plataforma informática, na qual, serão inseridos os Planos de Controlo de Qualidade das vias rodoviárias municipais. Esta plataforma tem a função de permitir uma gestão técnica da infraestrutura rodoviária municipal, com as seguintes funcionalidades:

- Promover o arquivo dos Planos de Controlo de Qualidade de cada via rodoviária municipal;
- Possibilitar atualização continua dos Planos de Controlo de Qualidade;
- Emitir alertas prévios - Necessidade de realizar intervenções de conservação em cada via rodoviária em função do Plano de Controlo de Qualidade (dois antes da data para a intervenção);
- Para cada ano corrente, efetuar atualização dos valores das estimativas orçamentais previstas nos Planos de Controlo de Qualidade das vias rodoviárias ao ano da intervenção (com base numa taxa previamente definida para cada município);
- Para cada ano corrente, emitir listagem das vias de rodoviárias a intervir com os valores atualizados das estimativas das intervenções de conservação a realizar. Este documento servirá de apoio à construção do Plano de Investimento Anual para a Conservação da Infraestrutura Rodoviária Municipal.
- Realizar auditorias internas ao funcionamento dos Planos de Controlo de Qualidade das Vias rodoviárias municipais de 5 em 5 anos, enquanto, sistema técnico de apoio à gestão da infraestrutura rodoviária municipal.

8.3 PLANEAMENTO DAS INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO DAS VIAS RODOVIÁRIAS MUNICIPAIS

8.3.1 Ferramenta de apoio à gestão – Desenvolvimento contínuo do Cadastro da Infraestrutura Rodoviária e Planos de Controlo de Qualidade das Vias

A ferramenta de apoio à gestão municipal da infraestrutura rodoviária que se define no relatório de estágio encontra-se estruturada no trabalho técnico desenvolvido desde a fase do estudo da via rodoviária (da nova via ou reconstrução de via existente), fase de construção e posterior fase de exploração e manutenção – Plano de Controlo Qualidade da Via Rodoviária. O trabalho encontra-se sustentando em dois vetores:

- Cadastro da infraestrutura viária municipal em sistema de informação geográfica de atualização permanente, com ferramenta de apoio ao planeamento do trabalho de campo de verificação e controlo ao estado físico e de funcionamento;
- Planos de Qualidade das Vias Rodoviárias Municipais geridos por ferramenta informática que permite a sua evolução contínua e permite o apoio na elaboração do Planeamento das Intervenções de Conservação para o ano seguinte em função de critérios técnicos e financeiros.

8.3.1.1 Plano Anual de Investimento - Conservação da Infraestrutura Rodoviária Municipal no Ano 20...

O Plano Anual de Investimento para a Conservação da Infraestrutura Rodoviária Municipal será elaborado com base dos dados técnicos e financeiros provenientes dos Planos de Controlo de Qualidade das vias rodoviárias municipais referentes ao cada ano civil seguinte.

8.3.2 Modelos de previsão da evolução de comportamento dos pavimentos rodoviários

A pesar do trabalho de planeamento municipal da conservação da infraestrutura rodoviária se encontrar desenhado com base no acompanhamento contínuo e real do estado físico e funcional das vias, existem modelos de previsão ao longo do tempo a evolução da degradação física e funcional dos pavimentos rodoviários, sob o efeito da ação contínua e acumulada da passagem do tráfego.

8.3.2.1 Classificação dos modelos de previsão

De acordo com os autores que elaboram os estudos dos modelos de previsão do comportamento de pavimento rodoviários sob ação contínuo do tráfego e considerando as duas realidades dos pavimentos das vias rodoviárias municipais:

- Pavimentos rodoviários novos;
- Pavimentos rodoviários submetidos a intervenções periódicas de conservação e reabilitação.

Considerando estes dois estados dos pavimentos rodoviários assim podemos classificar os modelos de previsão de comportamento:

- Modelos de previsão de comportamento de pavimentos novos;
- Modelos para estimar a melhoria imediata após a ação de conservação e reabilitação;
- Modelos de previsão da deterioração resultantes da aplicação das cargas e sob ação das condições atmosféricas.

Em função do tipo de variáveis probabilísticas podemos classificar os modelos de previsão de comportamento dos pavimentos rodoviários:

Variáveis dependentes requeridas:

- Modelos globais – Expressão o estado do pavimento com índices globais (índices de degradação e de índices de serviço);
- Modelos paramétricos (PIARC, 1995) – Expressão o estado do pavimento com índices que representam os diversos parâmetros do estado do pavimento.

Variáveis independentes envolvidas

- Modelos relativos – Permitem prever o estado futuro dos pavimentos considerado os diferentes parâmetros do estado (degradações; deflexão; irregularidade longitudinal e transversal, aderência), medidos ao longo dos anos de serviço considerando apenas uma variável de independente, anos de serviço ou tráfego suportado (número acumulado equivalente de eixos padrão);
- Modelos absolutos – Consideram várias variáveis independentes para explicar o comportamento do pavimento (espessura das camadas, módulos de deformabilidade, características das misturas, clima e tráfego). Tratam de modelos mais completos e complexos de difícil desenvolvimento principalmente pela dificuldade de conhecer os valores das variáveis.

A classificação dos modelos de comportamento em função da metodologia aplicada (PIARC, 1995):

- Modelos teóricos (mecanicistas);
- Modelos experimentais (empíricos);
- Modelos combinados (empírico – mecanicistas).

A classificação dos modelos de comportamento quanto à sua formulação:

- Modelos determinísticos (reativos) – Indicam um valor do parâmetro comportamento correspondente a cada grupo de variáveis independentes do modelo;
- Modelos probabilísticos (proactivos) – Indica o valor esperado, que pode ser comparado com valor previsto calculado a partir do modelo determinístico, como também indica as probabilidades de cada estado do pavimento definido após “x” anos de deterioração.

8.3.2.2 Análise económica de estratégias de conservação

A avaliação económica dos pavimentos rodoviários deve ser fundamentada como uma análise técnica prévia sobre as soluções de construção, conservação, reabilitação, manutenção, exploração. Estas soluções técnicas devem ser posteriormente sustentadas do ponto de vista económico – avaliação económica de apoio à decisão da gestão.

Os pavimentos rodoviários são infraestruturas com tempo de vida longo, com encargos financeiros elevados na sua fase de construção, no decorrer do seu tempo de utilização vão aumentando os custos com a manutenção e exploração. A avaliação económica de um pavimento rodoviário deve considerar a totalidade do seu tempo de vida, custo do investimento inicial, custos de manutenção e exploração e os benefícios.

Em regra, o estudo económico segue as seguintes fases:

- Identificação e definição das diferentes soluções técnicas para resolução dos problemas dos pavimentos, incluindo alternativas intermédias e alternativa de não fazer qualquer intervenção;
- Identificação e definição dos fatores que podem contribuir para a diferenciação dos custos e benefícios das diversas soluções em causa;
- Conversão de todas as soluções na mesma base de comparação (exemplo: custo atual).

Definir índices de custos benefícios para a mesma base de comparação, a partir de diferentes métodos de avaliação económica:

- Valor atual;
- Custo equivalente anual uniforme;
- Taxa de rentabilidade;
- Razão custo/benefício.

Para a escolha do método de avaliação económica das diferentes soluções em causa deve-se ter em consideração os seguintes aspetos:

- Importância do capital inicial a investir e a relação com custos futuros previstos para cada solução;
- O método de fácil compreensão para a tomada de decisão;
- Inclusão ou não dos benefícios na análise.

A análise económica das diferentes soluções não se fica por comparar custos em diferentes tempos ao um determinado tempo referencial (exemplo tempo de início da construção da infraestrutura) será necessário conhecer o custo de oportunidade desse capital nesses períodos, ou seja, conhecer a rentabilidade desse capital ou custo do capital nesses períodos de comparação. Esse custo depende dos seguintes fatores económicos:

- Procura do capital no mercado financeiro;
- Disponibilidade do capital (liquidez);
- Credibilidade do projeto;

- Confiança no futuro;
- A inflação.

O custo do capital é traduzido pela taxa de atualização do dinheiro (t), que engloba o custo líquido do dinheiro também a inflação. Em alternativa podemos considerar o custo real do dinheiro pela taxa de rentabilidade englobando a taxa de inflação $(1 + t)^n \text{ €}$, sendo n o número de anos.

Os princípios da engenharia económica e métodos de avaliação económica aplicáveis a análise de pavimentos, resume-se ao seguinte procedimento:

- Identificação do nível de gestão para o qual a avaliação económica é realizada. Este nível varia entre o planeamento ao nível da rede da infraestrutura, ao nível do projeto de execução onde cada tipo de vertente é avaliado economicamente nas suas diferentes soluções possíveis;
- A análise económica fornece informação como base para a decisão, mas não inclui a decisão, os critérios de escolha devem ser formulados separadamente e antes de aplicar os resultados da avaliação económica;
- A análise económica deve considerar várias alternativas possíveis dentro das restrições dos recursos e do dinheiro;
- As diversas alternativas devem ser comparadas ao mesmo período de tempo;
- A avaliação económica deve considerar custos da administração, custos dos utilizadores e benefícios.

Custos associados á gestão de pavimentos rodoviários:

- Custos de estudos e projeto de execução;
- Custos iniciais de construção;
- Custos de manutenção e exploração;
- Valor residual (negativo).

8.3.2.3 Desenvolvimento de programa de conservação dos pavimentos

8.3.2.3.1 Definição de prioridades

Para o desenvolvimento de um Plano de Conservação de Pavimentos Rodoviários é necessário:

- Conhecer o estado físico e de funcionamento das vias rodoviárias a que pertencem a rede viária;
- Definir um padrão de qualidade em função dos recursos disponíveis pela entidade gestora;
- Determinar critérios técnicos/económicos diferenciadores que defina ordem de intervenção nas vias rodoviárias por prioridade da EG. Para identificação da ordem de prioridade de intervenção considera-se os seguintes fatores:
 - O estado de conservação (físico e funcional) da via rodoviária;

- A classe da via rodoviária (em termos municipal, Estrada Municipal ou Caminho Vicinal);
- A classe do Tráfego (TMDA);
- Recursos financeiros disponíveis.
- Desenvolver Plano de Conservação de Pavimentos Rodoviário e coloca-lo a aprovação da gestão.

8.3.2.3.2 Desenvolvimento de um plano estratégico – Conservação de Pavimentos Rodoviários (PECPR)

Um Plano Estratégico para Conservação de Pavimentos Rodoviários é elaborado com base na informação real recolhida de forma continuada ao estado físico e funcional da rede viária (solução proposta no relatório de estágio) ou por informação obtida por modelos que permitem determinar a evolução de um pavimento rodoviário sujeito a determinadas ações.

Com base na informação obtida ao estado físico e funcional dos pavimentos das vias, programar para o ano seguinte as vias a intervencionar por ordem de execução determinada por critérios técnicos pré-definidos (referidos no ponto anterior).

8.3.2.3.3 Desenvolvimento de um programa execução de PECPR municipal

Com base no Plano Estratégico de Conservação de Pavimentos Rodoviários (por exemplo para um período de um ano ou um biénio), será necessário definir um programa de execução desse Plano Estratégico aprovado.

A implementação de um programa de execução de um Plano Estratégico de Conservação de Pavimentos Rodoviários para um município (por exemplo):

- Nomeação da equipa responsável pela execução do Plano;
- Proceder ao desenvolvimento dos estudos/projetos de execução internamente no município ou por procedimento de contratação pública. Caso já existam projetos de execução para as intervenções, dever-se-á ter o cuidado de atualizar valores dos trabalhos previstos nas estimativas orçamentais do projeto de execução, aos valores de mercado atuais;
- Analisar os projetos de execução e submete-los à aprovação da Câmara Municipal;
- Programar para execução interna as intervenções que o município disponha de meios para as executar, caso se torne mais rentável para CM;
- Programar os procedimentos de contratação pública das empreitadas;
- Nomear os responsáveis técnicos pela fiscalização, coordenação de segurança em obra e responsáveis pelas questões ambientais, tanto para as obras de administração direta como para as obras de empreitada;
- Promover a atualização dos cadastros com as telas finais da obra;
- Zelar pelos procedimentos administrativos dos processos de empreitada e pelos processos internos de obra de administração direta.

8.4 Referências bibliográficas

- Fernando Branco, Paulo Pereira, Luís Picado Santos, (2020). “Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 Pavimentação – Características dos Materiais. Estradas de Portugal S.A. 2014.
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 15.03 Pavimentação – Métodos Construtivos. Estradas de Portugal S.A. 2014.
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. I, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. II, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

9 SÍNTESE, CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTO FUTURO DO TRABALHO

9.1 Síntese

O estágio curricular desenvolveu o seu programa em torno de um objetivo, a definição de um “Plano de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários Flexíveis para Vias Municipais”.

O trabalho seguiu duas linhas fundamentais de trabalho, uma primeira linha ligada à vertente de obra, com a fiscalização e acompanhamento técnico de obras públicas de reabilitação e beneficiação em duas vias rodoviárias distintas, ambas pertencentes ao concelho de Tomar. A segunda linha do trabalho, seguiu a vertente mais teórica da tecnologia associada ao tema “Pavimentos Rodoviários de Vias Municipais”, iniciando o trabalho com a prévia revisão bibliográfica, focando-se depois, com o desenvolvimento do Plano de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários de bitola municipal.

Em síntese apresenta-se o trabalho realizado:

9.1.1 Vertente de Obra

No âmbito das funções de técnico superior no Departamento de Obras da Câmara Municipal de Tomar e no papel de estagiário do Curso de Mestrado de Engenharia de Construção Civil – Construções Cívicas, desenvolveu-se o trabalho de fiscalização e acompanhamento técnico nas duas empreitadas de obras públicas de reabilitação e beneficiação de duas vias rodoviárias do concelho de Tomar:

- *“Empreitada de pavimentação da rua entre freguesias, troço entre a E.M. e Vale Roxo”;*
- *“Empreitada de Requalificação da Estrada EM 525, Troço entre a EN113 e São Simão”.*

Em cada uma das empreitadas foram realizadas tarefas:

- Atribuídas pelo Código de Contratação Pública à fiscalização da execução de contratos de empreitada de obra pública por responsabilidade do dono de obra;
- De acompanhamento e apoio técnico na realização dos trabalhos em obra;
- De verificação e controlo das condições de qualidade das condições e procedimentos de obra e execução dos trabalhos em conformidade com as regras definidas para cada uma das empreitadas, projeto de execução e restantes peças de procedimento.

9.1.2 Vertente Teórica do Tema “Pavimentos Rodoviários de Vias Municipais”

Relativamente à tecnologia da construção dos pavimentos rodoviários flexíveis em vias municipais, o trabalho compreendeu:

9.1.2.1 Revisão Bibliográfica

- Capítulo 2 – Breve Referência à Geologia e ao Comportamento Mecânico dos Solos em Obras de Engenharia.

O capítulo 2, neste capítulo o relatório procurou descrever de forma sucinta questões relacionadas com geologia, classificação de solos, comportamento mecânico dos solos vista na sua relação da água/solos e na sua relação dos carregamentos/solos.

- Capítulo 3 - Tecnologia dos Pavimentos Rodoviários Flexíveis.

O capítulo 3, procurou tratar de forma genérica, mas abrangente todas as temáticas relacionadas com a constituição dos pavimentos, patologias associadas, construção, comportamento e por fim dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis.

- Capítulo 4 - Funcionamento de uma Central de Fabrico de Betão Betuminoso.

O capítulo 4, retratou a temática do fabrico de misturas betuminosas a quente e a respetiva certificação de qualidade. Trata-se de uma matéria de relevo no processo de construção e reabilitação de pavimentos rodoviários flexíveis. Com grau de segurança as fiscalizações em obra conseguem garantir a aplicação de misturas betuminosas definidas em projeto de execução, quando o fabrico dos betões betuminosos resulta de centrais certificadas, basta em obra, validar as suas características com a realização por laboratório creditado dos respetivos ensaios de verificação e controlo. O capítulo descreve resumidamente o funcionamento de uma central fixa de produção de misturas betuminosas e o seu processo de certificação da qualidade.

- Capítulo 5 – Ensaios de Controlo de Qualidade de Materiais, Normas e Especificações Técnicas de Referência – Pavimentos Rodoviários Flexíveis.

O capítulo 5, descreve sucintamente os ensaios de verificação e controlo de qualidade no estudo e construção de pavimentos rodoviários a realizar nos solos de fundação ou camadas de suporte, agregados, camadas betuminosas e nos pavimentos. Faz uma breve referência à frequência de realização de cada um dos ensaios.

- Capítulo 6 – Patologias Associadas a Pavimentos Rodoviários Flexíveis.

O capítulo 6, desenvolveu o tema das principais patologias associadas a pavimentos rodoviários flexíveis e as suas causas.

9.1.2.2 Definição do Plano Genérico de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários Flexíveis para Vias Municipais

O Plano Genérico de Controlo de Qualidade de Pavimentos Rodoviários Flexíveis de Vias Rodoviárias municipais procurou contemplar as fases da vida de um pavimento, desde a sua fase de estudo e desenvolvimento do projeto de execução, fase de obra, fase de cadastro geográfico e de ativos e por fim, a fase de manutenção e exploração ao longo da sua vida útil. Em cada uma destas fases procurou-se definir procedimentos de atuação, de controlo, de verificação, garantindo economia dos meios, acréscimo de tempo de vida da infraestrutura em condições de segurança e conforto para os utilizadores.

9.2 Conclusão

A construção e reabilitação de vias rodoviárias municipais tem um impacto significativo nos orçamentos municipais, quer pela dimensão das redes, quer pela própria natureza da infraestrutura.

A evolução das operações de manutenção em vias rodoviárias tem uma relação muito próxima com a economia do país e dos respetivos concelhos, em tempos de crise muitas das requalificações são feitas tardiamente, acrescendo custos de manutenção e em consequência a redução do tempo de vida dos pavimentos.

Por outro lado, trata-se de uma infraestrutura que teve sempre um impacto significativo na vida dos municípios e no desenvolvimento da economia dos territórios que servem. Hoje, nos tempos da informação digital, as pessoas dão como adquirida a existência da infraestrutura, a exigência passa a estar na qualidade, conforto, acesso e segurança da infraestrutura.

Como referi, o desenvolvimento do estado da arte da infraestrutura rodoviária está ao longo dos tempos associado à “necessidade de” e ao estado da economia em cada período. Nos dias de hoje, para os municípios portugueses a “necessidade de” no uso das vias rodoviárias está em ter vias de qualidade que potenciem conforto, segurança e baixo custo de utilização, isto por um lado, por outro, tivemos o país mergulhado em crises económicas e financeiras nas últimas duas décadas que, resultou atrasos investimentos de manutenção nas vias rodoviárias, principalmente em zonas mais desfavorecidas do interior, investimentos de reabilitação de fraca qualidade, construção em massa de infraestruturas de saneamento em vias rodoviárias municipais sem o cuidado necessário da reposição dos respetivos pavimentos. Facilmente se conclui que toda esta conjuntura, tem frustrado as expectativas dos municípios.

Atendendo que o estado da economia do país se manterá em crise, interessa aos municípios portugueses procurarem terem uma gestão da sua infraestrutura rodoviária baseada em modelos

de gestão pela qualidade, procurando reduzir recursos de construção, manutenção e exploração, por um lado, por outro, produzir vias rodoviárias de maior qualidade, com maior tempo de vida útil, seguras e com mais conforto para os utilizadores.

O modelo de controlo de qualidade de pavimentos rodoviários municipais cujo estudo teve início neste trabalho, será um modelo de apoio à gestão da infraestrutura rodoviária municipal pela qualidade, com objetivo de:

- Produzir estudos e projetos de execução de intervenções de construção e reabilitação em vias municipais, procurando, salvaguarda do meio ambiente natural, soluções sustentáveis do ponto de vista económico e o controlo de qualidade;
- Em obra, garantir as condições do projeto de execução;
- Produzir cadastros geográficos e de ativos do município;
- Promover a utilização da via rodoviária municipal em conformidade com as expectativas dos municípios;
- Garantir a atualização continua do Plano de Qualidade com as auditorias periódicas, assim como, as intervenções realizadas de manutenção, exploração e utilização.

9.3 Desenvolvimento futuro do trabalho

O plano desenvolvido para no âmbito do presente estágio curricular teve como objetivo iniciar o trabalho de desenvolvimento de um modelo teórico de controlo de qualidade de pavimentos rodoviários em vias municipais. Este trabalho, não encerra com o relatório de estágio, será, portanto, necessário dar continuidade ao desenvolvimento do modelo e testa-lo na prática da atividade da gestão da infraestrutura rodoviária de um determinado concelho. Só desta forma podemos obter uma “ferramenta de gestão” amadurecida que possa prestar o devido apoio aos municípios portugueses.

O desenvolvimento do modelo teórico para o controlo da qualidade dos pavimentos rodoviários no concelho de Tomar deverá seguir a seguinte metodologia:

- Dar continuidade ao desenvolvimento tecnológico do “Plano de Controlo de Qualidade – Vias Rodoviárias Municipais”;
- Verificar a sua aplicabilidade ao concelho de Tomar;
- Após confirmação da aplicabilidade do modelo e dos benefícios de gestão, iniciar o processo administrativo para a sua aprovação e implementação formal no concelho de Tomar;
- Promover a evolução continua do plano;
- Criar condições para que possa criar uma norma ou especificação técnica nacional para a sua eventual divulgação pelos restantes municípios portugueses.

10 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Fernando Branco, Paulo Pereira, Luís Picado Santos, (2020). “Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;
- Rosa Conceição Luzia, (2008).” Camadas não Ligadas em Pavimentos Rodoviários”, Coimbra: Edições Almedina, S.A.;
- Emanuel Maranha das Neves, (2016). “Mecânica dos Estados Críticos – Solos Saturados e Não Saturados”, Lisboa: IST Press;
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 Pavimentação – Características dos Materiais. Estradas de Portugal S.A. 2014.
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 15.03 Pavimentação – Métodos Construtivos. Estradas de Portugal S.A. 2014.
- EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.00 Controlo de Qualidade. Estradas de Portugal S.A. 2009
- Fernando E.F. Branco, Memória, N.º 700, (1988). “A Geotecnia nas Vias de Comunicação”, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Especialização e Aperfeiçoamento CPP 524, (2011).” Ensaios para Controlo de Terraplanagens”, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. I, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. II, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. III, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Orlando Almeida Pereira, (1999).” Pavimentos Rodoviários” – Vol. IV, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- LNEC E 35-1956, Materiais betuminosos. Determinação da densidade com o Picnómetro. Série B – Secção 5. 1957;

11 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

11.1 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

11.1.1 Agregados

- NP EN 13043 – Agregados e fileres obtidos a partir do processamento de materiais naturais, artificiais ou reciclados para utilização em misturas betuminosas e tratamentos superficiais.
- NP EN 932-2 - Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 2 – Métodos de redução de amostras laboratoriais.
- NP EN 932-3 - Ensaio das propriedades gerais dos agregados. Parte 3 - Método e terminologia para a descrição petrográfica simplificada.
- NP EN 932-5 - Ensaio das propriedades gerais dos agregados. Parte 5 – Equipamento comum e calibração.
- NP EN 932-6 - Ensaio das propriedades dos agregados. Parte 6 – Definições de repetibilidade e reprodutibilidade.
- NP EN 933-1:2014 - Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica - Método da peneiração.
- NP EN 933-2:2014 - Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 2: Determinação da distribuição granulométrica – Peneiros de ensaio, dimensão nominal das aberturas.
- NP EN 933-3:2014 - Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 3: Determinação da forma das partículas – Índice de achatamento.
- NP EN 933-9: 2011 - Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 9: Avaliação dos finos - Ensaio de azul de metileno.
- NP EN 1097-3:2016 - Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 3: Determinação da baridade e do volume de vazios.
- NP EN 1097-6:2016 - Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 6: Determinação da massa volúmica e absorção de água.

11.1.2 Ligantes e emulsões

- EN 14188 - 1 – Produtos betuminosos para selagem de juntas a quente.
- EN 14188 - 2 – Produtos betuminosos para selagem de juntas a frio.
- EN 14188 - 3 – Produtos betuminosos para selagem de juntas pré-moldado.
- EN 12591 – Betume e betuminoso – Especificações para pavimentação de betumes de qualidade.
- EN 13808 – Betume e betuminoso – Quadro para especificação de emulsões betuminosas catiónicas.
- EN 13924 - Betume e ligantes betuminosos - especificações para betumes duros para pavimentação dura.
- EN 14023 – Betumes e ligantes betuminosos – Especificação- Quadro para betumes modificados por polímeros.

11.1.3 Misturas betuminosas e misturas não ligadas

- NP EN 13108-1:2011 - Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 1: Betão betuminoso.
- NP EN 13108-2:2011 - Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 2: Betão betuminoso para camadas delgadas.
- NP EN 13108-7:2011 - Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 7: Betão betuminoso drenante.
- NP EN 13108-8:2011, Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 8: Misturas Betuminosas.
- NP EN 13108-20:2008, Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 20: Ensaio Tipo.
- NP EN 13108-21:2008, Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 21: Controlo da produção em fábrica.
- NP EN 12697-2:2002, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 2: Determinação da granulometria.
- NP EN 12697-5:2002, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 5: Determinação da baridade máxima.
- NP EN 12697-6:2003, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 6: Determinação da baridade de provetes betuminosos.
- NP EN 12697-30:2004, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 30: Preparação de provetes por compactador de impacto.
- NP EN 12697-34:2004, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 34: Ensaio Marshall.
- ASTM D 1559-1989, Misturas betuminosas. Ensaio de compressão Marshall;
- NP EN 12697-34:2004, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 34: Ensaio Marshall.
- LNEC E 35-1956, Materiais betuminosos. Determinação da densidade com o Picnómetro. Série B – Secção 5. 1957
- EN 13285 - Especificação das misturas não ligadas.

12 ANEXOS – CONTROLO DE QUALIDADE EM OBRA

12.1 EMPREITADA DE OBRA PÚBLICA – LOCALIDADE DE VALE DO ROXO

12.1.1 Fichas técnicas

12.1.1.1 Inertes



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO
Nº DC63



Código de identificação único do produto tipo: AGE 0/31,5 -1* (CALCÁRIO)

Utilizações previstas: Materiais tratados com ligantes hidráulicos e materiais não ligados para utilização em engenharia civil e construção de estradas

Fabricante: Bripealtos Agregados e Construções Lda,
Penedos Altos – Apartado 9
3250-173 Avelizara
Tel.: +351 238 655 827 / Fax: +351 238 655 857 /
e-mail: geral@br.pt / www.br.pt
Centro de Produção de Casal do Galo

Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVCP): Sistema 2+

Norma harmonizada: EN 12422:2002+A1:2007

Organismo notificado: A EIC, organismo notificado nº1515 realizou a inspeção inicial da unidade fabril e o controlo da produção em 16/03/2019 como o respectivo acompanhamento, apreciação e aprovação certifica, no âmbito do sistema 2+ a emissão e certificado de conformidade do controle de produção em 16/03/2019.

Desempenho declarado:

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS		DESEMPENHO	NORMA HARMONIZADA APLICÁVEL	
			EN 12422:2002+A1:2007	
Composição mínima agregado			Calcário (100%)	
Dimensão e granulometria do agregado			0-31,5; 0-63; 0-110	
Umidade	Teor de água		Ca	
	Quantidade de água		96-98; Máx. 0,5	
Formação do agregado grosso	Índice de achateamento		NPD	
	Índice de forma		NPD	
% Partículas arredondadas			Cen	
Resistência à fragmentação			L-10	
Resistência ao poeireamento			NPD	
Resistência ao desgaste			NPD	
Resistência ao choque térmico			NPD	
Massa volumétrica dos partícula	ρ ₂₀		[2,72] Mg/m ³	
	ρ ₁₅		[2,67-2,68] Mg/m ³	
	ρ ₁₀		[2,62] Mg/m ³	
Absorção de água			[0,9] %	
Compatibilidade Leir	Estatuto Leir		S	
	Teor de íons		Uma matéria orgânica	

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração é emitida, em conformidade com o Regulamento (EU) nº 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante (identificado acima).

Assinado por e em nome do fabricante por:



(Mano da Luz dos Santos Rodrigues, Administradora)
Quinta da Sardinha, 07 de Junho de 2019

Fabrica de Penedos Altos
3250-173 Avelizara
Portugal

Tel.: +351 238 655 827 / 238 655 402
Fax: +351 238 655 857
Email: geral@br.pt
www.br.pt

Pedreira de Vendinha
Tel: +351 236 531 440
Fax: +351 236 531 441

Serviços Administrativos
Tel: +351 244 749 730
Fax: +351 244 749 738



bc6304

12.1.1.2 Betumes



REPSOL

FICHA TÉCNICA

**BETUME DE PAVIMENTAÇÃO
35/50**

1. DESCRIÇÃO

Betume de penetração, para produção de misturas betuminosas a quente.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO	ESPECIFICAÇÃO
Penetração a 25°C	0,1mm	EN 1426	35-50
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	50-58
Resistencia ao envelhecimento			
• <i>Penetração retida</i>	%	EN12607-1	≥53
• <i>Incremento temperatura de amolecimento</i>	°C		
Severidade 2			≤11
• <i>Varição de massa (valor absoluto)</i>	%		≤0,5
Ponto de inflamação	°C	EN ISO 2592	≥240
Viscosidade cinemática a 135°C	mm ² /s	EN 12595	≥370
Solubilidade	%	EN 12592	≥99,0
Índice de penetração		Anexo A EN 12591	-1,5 a +0,7
Ponto fragilidade Fraass	°C	EN 12593	≤-5

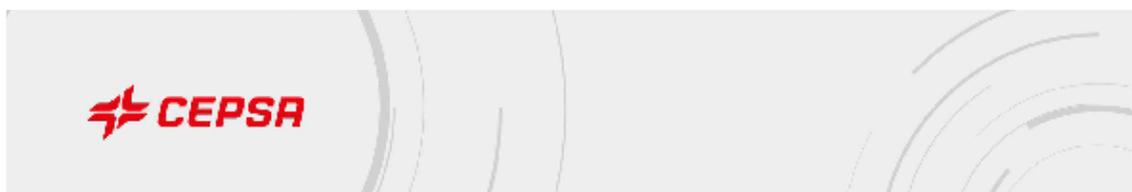
Em conformidade com a norma EN 12591

3. CONDIÇÕES DE USO

Devem ser cumpridas todas as precauções e recomendações de segurança que figuram na Ficha de Segurança do produto.

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Assistência Técnica Asfaltos
FT PT EN ASF046
Ed.5 - Rev.D – 24 Abril 2015

12.1.1.3 Emulsão Betuminosa - rega de impregnação



EMASFALT CL-1 (C60BF4 IMP)

ASFALTOS

DEFINIÇÃO:

Emulsão betuminosa catiónica de rotura lenta, para regas de impregnação, que cumpre todas as especificações na norma EN 13808:2013/1M:2014 para uma emulsão do tipo C60BF4 IMP.

ESPECIFICAÇÕES:

Características	Unidade	Norma	Mín.	Máx.
Emulsão Original				
Polaridade de partículas	-	UNE EN-1430	Positiva	
Índice de rotura	-	UNE EN 13075-1	110	195
Tempo de escoamento 2mm, 40°C	s	UNE EN 12846-1	15	70
Conteúdo de ligante (por cont. em água)	%	UNE EN-1428	58	62
Conteúdo do fluidificante	%	UNE EN-1431	-	8
Peneiração por 0,5 mm	%	UNE EN-1429	-	0,10
Sedimentação aos 7 dias	%	UNE EN-12847	-	10
Adesividade	%	UNE EN 13614	90	-
Resíduo por destilação (UNE EN-1431)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	UNE EN-1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	UNE EN-1427	35	--
Resíduo por evaporação (UNE EN-13074-1)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	UNE EN-1426	-	330(*)
Temperatura de amolecimento	°C	UNE EN-1427	35	-
Resíduo por estabilização (UNE EN-13074-2)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	UNE EN-1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	UNE EN-1427	35	-

(*) Se a penetração a 25°C é > 330 deverá ser realizada uma penetração a 15°C e registado o resultado. É possível um ponto de amolecimento <35°C.



Para mais informações, visite www.cepsa.com

Nota: as recomendações incluídas nesta ficha técnica devem ser consideradas a título indicativo e para situações gerais, sendo que a Cepsa recusa qualquer responsabilidade devido ao uso inadequado. Em casos específicos deverá contactar o Departamento Técnico da Cepsa.

12.1.1.4 Emulsão Betuminosa - rega de colagem

EMASFALT CR-1 (C60B3 ADH)

EMULSÕES ■ REGAS DE ADERÊNCIA

DEFINIÇÃO:

Emulsão betuminosa catiónica de rotura rápida, para regas de colagem, que cumpre todas as especificações incluídas na norma EN 13808:2013/1M:2014 para uma emulsão do tipo C60B3 ADH.

ESPECIFICAÇÕES:

Características	Unidade	Norma	Mín.	Máx.
Emulsão Original				
Polaridade de partículas	-	EN 1430	Positiva	
Índice de rotura	-	EN 13075-1	70	155
Tempo de escoamento 2mm, 40°C (*)	s	EN 12846-1	15	70
Conteúdo de ligante (por cont. em água)	%	EN 1428	58	62
Conteúdo do fluidificante	%	EN 1431	-	3
Peneiração 0,5mm	%	EN 1429	-	0,1
Tendência de sedimentação, 7 dia	%	EN 12847	-	10
Adesividade	%	EN 13614	90	-
Resíduo por destilação (EN-1431)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	EN 1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	35	-
Resíduo por evaporação (EN-13074-1)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	EN 1426	-	330
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	35	-
Resíduo por estabilização (EN-13074-2)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	EN 1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	35	-

(*) É admitido tempo de escoamento por 2mm a 40°C de 40 a 130s.



12.1.1.5 Betão Betuminoso – Binder



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO
N.º AC 20 Base 35/50 (MB)



1. Código de identificação único do produto - Tipo: AC 20 Base 35/50 (MB)	2. Código de identificação do produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º: AC 20 Base 35/50 (MB); Centro de produção de Gesteira; Data e hora: ver no documento comercial que acompanha o produto	3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante: Mistura Betuminosa com dimensão máxima de agregado de 20mm para camadas de base com ligante de goma de penetração 26/50 para aplicação em estradas e outros trabalhos de Engenharia Civil. (EN 13108-1:2006)		
4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> Emílio Gomes & Filhos, Lda </td> <td style="width: 50%;"> Rua Professor Abílio Alves do Brito, N.º 50, 1.º Apartado 17, 2401-870 Leiria Tel.: 244 820 800 / Fax: 244 820 809 e-mail: gara@emg-filhos.pt </td> </tr> </table>			Emílio Gomes & Filhos, Lda	Rua Professor Abílio Alves do Brito, N.º 50, 1.º Apartado 17, 2401-870 Leiria Tel.: 244 820 800 / Fax: 244 820 809 e-mail: gara@emg-filhos.pt
Emílio Gomes & Filhos, Lda	Rua Professor Abílio Alves do Brito, N.º 50, 1.º Apartado 17, 2401-870 Leiria Tel.: 244 820 800 / Fax: 244 820 809 e-mail: gara@emg-filhos.pt			

5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatário cujo mandato abrange os atos especificados no n.º 2 do artigo 12.º: NA (Não aplicável)
6. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V: Sistema 2+
7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada: A EIC, organismo notificado com o n.º 1515, realizou a inspeção inicial da unidade fabril e o controlo de produção em fábricas assim como o respectivo acompanhamento, apreciação e aprovação contínua, no âmbito do sistema 2+ e emitiu o certificado de conformidade de controlo de produção em fábricas 1515-CPR-0218.
8. Identificação do organismo de avaliação técnica, referência da avaliação técnica europeia, referência do documento de avaliação europeia, âmbito das tarefas realizadas, identificação do sistema e identificação dos certificados ou relatórios emitidos: NA (Não aplicável)
9. Desempenho declarado

Características Essenciais (1)	Desempenho Declarado (2)			Especificações Técnicas Harmonizadas	
	Designação	Porcentagem	Tipo		
Composição	Pó de Pedras 0/4 Orla 5,6/1,2 Brita 10/20 Betuma	45,5% 22,9% 26,7% Bruta: 12,2 (25%)	Calcário Calcário Calcário 35/50	EN 13108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008	
Granulometria	% Acumulado de passados				
	Paralelo (mm)	Valores desviados	Límite inferior		Límite superior
	31,5	100	100		100
	20	99	88		100
	10	70	61		79
	2	28	21		36
	0,6	12	7		17
	0,075	3,7	0,7		6,7
Procedido (Anexo C - C.6, Ref. C.1.3. 2x75 percentos de EN 12108-20)	Vires-Vires				
Valores preenchidos com betume	VPR _{bet} 87				
Valores na mistura de agregados	VM _{bet} 4				
Sensibilidade à água (de acordo com EN 12697-12, a 15°C)	ITSR 61				
Temperatura da mistura	130°C a 140°C				
Valores Máximos para aplicação em aeroporos	DND				
Resistência à abrasão provocada por pneus picados	DND				
Resistência a deformação Permanente (EN 12627-20, procedimento B)	WISR _{bet} 10				

Quando, nos termos do artigo 37.º ou do artigo 38.º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: NA (Não Aplicável)

O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9. A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4, no cumprimento do Regulamento (UE) 305/2011, de 9 de Março de 2011, sendo acompanhada pela respectiva Ficha Técnica do produto, onde se encontram mais pormenorizado o desempenho das características essenciais.

10. Responsável pelo Controlo de Produção em Fábrica

Emílio Gomes & Filhos, Lda.
A Gesteira

(Jorge Mendes, Administrador)

Leiria, 20 de maio de 2011

12.1.1.6 Betão Betuminoso – Desgaste



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO
N.º AC 14 Surf 35/50 (BB) Qtz



1. Código de identificação único do produto - Tipo: AC 14 Surf 35/50 (BB) Qtz	2. Código de identificação do produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º: AC 14 Surf 35/50 (BB) Qtz. Centro de produção de Giesteira; Data e hora: ver no documento comercial que acompanha o produto	3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante: Mistura Betuminosa com dimensão máxima de agregado de 14 mm para camadas de desgaste com ligante de gama de penetração 35/50 para aplicação em estradas e outros trabalhos de Engenharia Civil (EN 13108-1:2006)
--	---	--

4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço da contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º: António Emílio Gomes & Filhos, Lda		Rua Professor Abílio Alves de Brito, N.º 311 1º Aparado 17, 2401-970 Leiria Tel.: 244 820 800 / Fax: 244 820 809 e-mail: geral@eog-filhos.pt
--	--	---

- Se aplicável, nome e endereço da contacto do mandatário cujo mandato abrange os atos especificados no n.º 2 do artigo 12.º: NA (Não aplicável)
- Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V: Sistema 2+
- No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada: A EIC, organismo notificado com o n.º 1515, realizou a inspeção inicial da unidade fabril e o controlo de produção em fábricas assim como o respetivo acompanhamento, apreciação e aprovação contínuos, no âmbito do sistema 2+ e emitiu o certificado de conformidade de controlo de produção em fábricas 1515-CPR-0218.
- Identificação do organismo de avaliação técnica, referência da avaliação técnica europeia, referência do documento de avaliação europeia, âmbito das tarefas realizadas, identificação do sistema e identificação dos certificados ou relatórios emitidos: NA (Não aplicável)
- Desempenho declarado

Características Essenciais (1)	Desempenho Declarado (2)			Especificações Técnicas Harmonizadas	
	Designação	Porcentagem	Tipo		
Composição	Hóca pedra (A) Hóca 1 Filer recuperado Betume	75,0% 75,0% 3,0% Bril: 4,8 (5,0%)	Calcário Quartzito Calcário 35/50	EN 13108-1:2009 e EN 13108-1:2009/A2:2010	
Granulometria	% Acumulado de passados				
	Porção (m³)	Valores declarados	Limite inferior		Limite superior
	20	100	100		100
	14	99	90		100
	4	97	40		94
	2	32	26		38
	0,5	15	11		19
0,075	5,8	3,8	7,8		
Porosidade (Anexo C - 3.5, Ref. C.1.3, 2,7% perdas de EN 12103 20)	V ₁₀ e V ₁₀₀				Nota: a) DND - Desempenho Não Definido b) NR - Características Não Reguladas no produto
Valores prescritos em termos	VFB ₁₀₀				
Valores na mistura de agregados	VMA ₁₀₀ 1				
Sensibilidade à água (de acordo com a EN 12697 12, a 15°C)	ITSR ₁₀				
Temperatura de mistura	150 °C a 180 °C				
Valores Máximos para aplicação em saeporbo	DND				
Resistência à abrasão provocada por pneus protodados	DND				
Resistência a deformação Permanente (EN 12697 22, procedimento B)	WTSR ₁₀ 2				

Quando, nos termos do artigo 37.º ou do artigo 38.º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: NA (Não Aplicável)

O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é uniforme com o desempenho declarado no ponto 9. A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4, no cumprimento do Regulamento (UE) 305/2011, de 9 de Março de 2011, sendo acompanhada pela respetiva Ficha Técnica do produto, onde se encontram mais pormenorizado o desempenho das características essenciais.

10. Responsável pelo Controlo de Produção em Fábrica

António Emílio Gomes & Filhos, Lda.
(Jorge Mendes, Administrador)

Leiria, 20 de maio de 2021



Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0147

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0147 emitido pela eIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Normas Harmonizadas Aplicáveis
	Agregado Granito 0/6,3 Agregado Granito 4/10 Agregado Granito 6/14 Agregado Granito 10/16 Agregado Granito 16/31,5 Agregado Granito 14/20 Agregado Granito 20/31,5	EN 12570: 2002+A1:2006
	Agregado Granito 0/6,3 Agregado Granito 4/10 Agregado Granito 6/14 Agregado Granito 10/16 Agregado Granito 12,5/20 Agregado Granito 16/31,5 Agregado Granito 14/20 Agregado Granito 20/31,5	EN 13043:2003 e EN 13043: 2007/AC:2004
Herdade do Vale de Ferreiros - Vendas Nova (ÉVORA)	Agregado Granito 0/6,3 Agregado Granito 0/31,5 Agregado Granito 5/14 Agregado Granito 4/10 Agregado Granito 10/16 Agregado Granito 12,5/20 Agregado Granito 16/31,5 Sub-Balastro 0/31,5 Agregado Granito 14/20 Agregado Granito 20/31,5 Agregado Granito 0/31,5 (2º) Agregado Reciclado RA 0/31,5	EN 13342: 2002/A1:2007
	Balastro Tipo I 31,5/50 Balastro Tipo II 31,5/50	EN 13450:2002 e EN 13450: 2002/AC:2004
	Bachão 90/180	EN 13383-1:2002 e EN 13383-1: 2002/AC:2004

Pág. 1 de 3

Para confirmar a validade deste certificado, por favor contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 540



Rua de Torre Portuguesa nº16-17 - Bairro de São Cipriano Lisboa - Tel. +351 (0)1 214 220 540 - Fax: +351 (0) 21 421 46 46 - E-mail: geral@eic.pt

Certificado de Conformidade



IFAC
International Federation of
Asphalt Concrete
Producers

Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0147

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado nº 1515-CPR-0147 emitido pela eic e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Normas Harmonizadas Aplicáveis
Casal dos Gatos - Giesteira (FÁTIMA)	Agregado 0/31,5 Pó de Pedra 0/4 (Calcário)	EN 12670: 2002+A1:2008
	Doço de Arroz 4/0,3 (Calcário)	EN 13043:2002 e EN 13043:2002/AC:2004
	Brita 5,5/11,2 (Calcário)	EN 12622: 2002+A1:2007
	Brita 10/20 (Calcário)	
	Brita 16/31,5 (Calcário)	
Brita 20/40 (Calcário)	EN 13042: 2002+A1:2007	
Brita 20/31,5		
	ACE 0/31,5 – 1ª (Calcário)	EN 13042: 2002+A1:2007
	ACE 0/31,5 – 2ª (Calcário)	
	Rachão 90/180 (Calcário)	EN 13383: 1:2002
	Rachão 125/360 (Calcário)	e EN 13383-1: 2002/AC:2004
Monte da Serra - Herdade da Serra (FERREIRA DO ALENTEJO)	Agregado 0/4 T	EN 12620: 2002+A1:2008
	Agregado 4/0,3 T	
	Agregado 6,3/12,5 T	
	Agregado 6,3/12,5	
	Agregado 10/16 T	
	Agregado 10/20	
	Agregado 20/31,5	EN 13043:2002 e EN 13043:2002/AC:2004
	Agregado 0/4 T	
	Agregado 4/6,3 T	
	Agregado 6,3/12,5 T	
Agregado 6,3/12,5		
Agregado 10/16 T		
Agregado 10/20		
Agregado 20/31,5		



Pág. 2 de 3

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eic através de geral@eic.pt ou 214 220 610



eic empresa internacional de certificação

Rua de Fátima Portuguesa, n.º 19 - 2.º, Sacorém, 1310-015 San João Lourenço - Tel: +351 (0) 214 220 610 - Fax: +351 (0) 21 402 06 42 - Email: geral@eic.pt

Certificado de Conformidade



Nº de Organismo Notificado: 1515

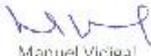
Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0147

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado nº 1515-CPR-0147 emitido pela eIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Normas Harmonizadas Aplicáveis
Monte da Serra - Herdade da Serra (FERTILIZANTE)	Agregado 0/4 T Agregado 4/5,3 I Agregado 5,3/12,5 T Agregado 6,3/12,5 Agregado 10/16 T Agregado 10/20 Agregado 20/31,5 Agregado 0/31,5 (1*) Agregado 0/31,5 (2*) Agregado Reciclado RA 0/31,5	EN 12522: 2002+A1:2007

Pág. 3 de 3

Lisboa, 13 de fevereiro de 2023



Manuel Viciga
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640



eic empresa internacional de certificação

Rua de Trilhos Portugueses 17, 6112-127 - Escarvosa - B - 1100-002 Lisboa - Tel.: +351 (0) 21 420 64 00 - Fax: +351 (0) 21 420 64 05 - Email: geral@eic.pt

12.1.2.2 Betumes



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

DOP0001

Betume de pavimentação 35/50

1. Código de identificação do produto: 50011

2. Uso previsto de acordo com a norma EN 12591:

Para a construção e manutenção de estradas, aeroportos e outras áreas pavimentadas.

3. Nome e endereço do fabricante:

*Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Calle Méndez Álvaro 44. CP 28045. Madrid. Espanha.*

4. Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho:

Sistema 2+

5. Organismo notificado:

BUREAU VERITAS, organismo Nº1035, realizou a avaliação e verificação da regularidade pelo Sistema 2+ e emitiu o Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica, Nº1035-CPR-ES120742, sobre a base de:

- inspeção inicial da unidade de produção e do controlo de produção em fábrica.
- vigilância, avaliação e supervisão permanentes do controlo de produção em fábrica.

CONFIDENCIAL Página 1 de 2
Este documento é propriedade da Repsol Lubricantes y Especialidades S.A., o recetor do mesmo é responsável da custódia e uso adequado que se dê ao mesmo, já que seu conteúdo é CONFIDENCIAL. O documento não deverá ser reproduzido total ou parcialmente e/ou revelado a pessoas não autorizadas ou enviado fora da Repsol Lubricantes y Especialidades S.A. sem a devida autorização por escrito dos seus representantes legais.
DOP0001 35/50
Ed.3 Junho 2021

12.1.2.3 Emulsão Betuminosa - rega de impregnação



Declaração de Desempenho N.º DD-PT-C60BF4 IMP

1. CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ÚNICO DO PRODUTO-TIPO

- EMASFALT CL-1 (C60BF4 IMP)

2. UTILIZAÇÃO(ÕES) PREVISTA(S)

- Regas de impregnação e misturas densas a frio

3. FABRICANTE

- CEPSA PORTUGUESA PETRÓLEOS, S.A.
Av. Columbano Bordalo Pinheiro n.º 108 – 3º
1070-067 Lisboa

TELEFONE: 217 217 829
EMAIL: apoiocliente.qualidade@cepsa.com

4. MANDATÁRIO

- Não aplicável

5. SISTEMA(S) DE AVALIAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DO DESEMPENHO (AVCP)

- 2+

6A. NORMA HARMONIZADA

- EN 13808:2013

ORGANISMO(S) NOTIFICADO(S)

- AENOR 0099
- Certificado n.º 0099/CPR/B11/0269

7. DESEMPENHO(S) DECLARADO(S)

REQUISITO ESSENCIAL	NORMA DE ENSAIO	UNIDADE	CLASSE	VALOR
Índice de rotura	EN 13075-1	-	Classe 4	110-195
Tempo de escoamento 2 mm, 40 °C	EN 12846-1	s	Classe 3	15-70
Teor de ligante (por teor de água)	EN 1428	%	Classe 6	58-62
Teor em óleo destilado	EN 1431	%	Classe 5	≤ 8
Resíduo no peneiro de 0,5 mm	EN 1429	%	Classe 2	≤ 0,1
Sedimentação (7 dias)	EN 12847	%	Classe 3	≤ 10
Ligante Recuperado (EN 13074-1)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 7	≤ 330
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35
Ligantes Estabilizado (EN 13074-1 e 2)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 5	≤ 220
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35

8. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ADEQUADA E/OU DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ESPECÍFICA

- Não aplicável

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:

Ricardo VICENTE
Em Lisboa a 06 de Junho de 2019

12.1.2.4 Emulsão Betuminosa - rega de colagem



Declaração de Desempenho N.º DD-PT-C60B3 ADH/CUR

1. CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ÚNICO DO PRODUTO-TIPO
• EMASFALT CR-1 (C60B3 ADH/CUR)

2. UTILIZAÇÃO(ÕES) PREVISTA(S)
• Regas de colagem

3. FABRICANTE
• CEPSA PORTUGUESA PETRÓLEOS, S.A.
Av. Columbano Bordalo Pinheiro n.º 108 – 3º
1070-067 Lisboa
TELEFONE: 217 217 829
EMAIL: apoiocliente.qualidade@cepsa.com

4. MANDATÁRIO
• Não aplicável

5. SISTEMA(S) DE AVALIAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DO DESEMPENHO (AVCP)
• 2+

6A. NORMA HARMONIZADA
• EN 13808:2013

ORGANISMO(S) NOTIFICADO(S)
• AENOR 0099
• Certificado n.º 0099/CPR/B11/0269

7. DESEMPENHO(S) DECLARADO(S)

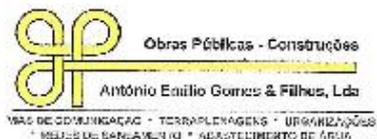
REQUISITO ESSENCIAL	NORMA DE ENSAIO	UNIDADE	CLASSE	VALOR
Índice de rotura	EN 13075-1	-	Classe 3	70-155
Tempo de escoamento 2 mm, 40 °C	EN 12846-1	s	Classe 3	15-70
Teor de ligante (por teor de água)	EN 1428	%	Classe 6	58-62
Teor em óleo destilado	EN 1431	%	Classe 3	≤ 3
Resíduo no peneiro de 0,5 mm	EN 1429	%	Classe 2	≤ 0,1
Sedimentação (7 dias)	EN 12847	%	Classe 3	≤ 10
Ligante Recuperado (EN 13074-1)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 7	≤ 330
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35
Ligante Estabilizado (EN 13074-1 e 2)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 5	≤ 220
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35

8. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ADEQUADA E/OU DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ESPECÍFICA
• Não aplicável

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:
Ricardo VICENTE
Em Lisboa a 06 de Junho de 2019

12.1.2.5 Betão Betuminoso – Binder



DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE N.º 1515 – CPR – 0218

Produtor

António Emílio Gomes & Filhos, Lda

Local de Produção

Giesteira, Casal do Gato
2495-610 Fátima

Declaração de Conformidade

A presente declaração de conformidade inclui os produtos de misturas betuminosas abaixo descritas:

Designação dos produtos	Centro de produção	Normas Aplicáveis
AC 14 Surf 35/50 (DB) Bas	Fátima	EN 13 108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008
AC 14 Surf 35/50 (BB) Gran		
AC 14 Surf 35/50 (BB) Q7		
AC 16 Reg 35/50 (MBD)		
AC 20 Base 35/50 (MH)		

As características relevantes dos produtos encontram-se discriminadas nas Fichas Técnicas dos Produtos, que acompanham esta declaração.

A declaração encontra-se em conformidade com o anexo ZA das normas de aplicação.

Certificado de conformidade

Anexa-se o certificado n.º 1515-CPR-0218, emitido pela empresa EIC em 4 de Maio de 2018, organismo notificado n.º1515, com sede na Rua da Tóbis Portuguesa, n.º 8, 2.º Escritório 10, 1750-232 – Lisboa.

A Gerência
António Emílio Gomes & Filhos, Lda.
A GERENCIA
Leria, 30 de junho de 2021

Certificado de Conformidade

IPAC
accreditação
L09312
ISO/IEC 17025
Prod. QUA

Nº de Organismo Notificado: 1515

Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0218
Este Certificado substitui o anteriormente emitido com o nº 1515-CPR-0218 de 04-05-2018

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011 (Regulamento dos Produtos de Construção), este certificado aplica-se ao(s) seguinte(s) Produto(s) de Construção:
(Ver Anexo Técnico)

produzido(s) por

ANTÓNIO EMILIO GOMES & FILHOS, LDA.
Rua Professor Abílio Alves de Brito, nº 50 - 1º Andar
2401-970 LEIRIA
nos seguintes locais
(Ver Anexo Técnico)

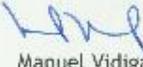
cumpra as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descrito no anexo ZA e os requisitos da(s) norma(s)

EN 13108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008

as quais são aplicadas sob o sistema 2-

Este Certificado foi emitido inicialmente a **20-07-2009**, sendo o mesmo válido até **24-04-2024** e enquanto as condições técnicas estabelecidas pela(s) Norma(s) referida(s) se mantiverem e as condições de fabricação e controle da produção pelo fabricante não se alterem significativamente.

Lisboa, 8 de junho de 2021


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação
Rua da Torre Portuguesa, nº 6 - 2.º - Sacorêlo 10 - 1750-090 Lisboa - Tel: +351 (0) 21 420 64 60 - Fax: +351 (0) 21 427 89 00 - e-mail: geral@eic.pt

Certificado de Conformidade

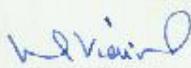
IPAC
accreditação
1000
ISO/IEC 17025
Product

Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0218
Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0218 emitido pela eIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Norma Harmonizada Aplicável
Casal do Gato - Giesteira 2495 FÁTIMA	AC 14 Surf 35/50 (BB) Bas	EN 13108-1:2006 e FN 13108-1: 2006/AC:2008
	AC 14 Surf 35/50 (BB) Gran	
	AC 14 Surf 35/50 (BB) Qlz	
	AC 16 Reg 35/50 (MBD)	
	AC 20 Base 35/50 (MB)	

Lisboa, 8 de junho de 2021


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação

Rua de Torre Portugal, n.º 18 - 2.º - Zócalo 10 • 1050-280 Lisboa • Tel. +351(0)21 227 64 30 • Fax: +351(0)21 227 64 00 • Email: geral@eic.pt

12.1.2.6 Betão Betuminoso – Desgaste



DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE N.º 1515 – CPR – 0218

Produtor

António Emílio Gomes & Filhos, Lda

Local de Produção

Giesteira, Casal do Gato
2495-610 Fátima

Declaração de Conformidade

A presente declaração de conformidade inclui os produtos de misturas betuminosas abaixo descritas:

Designação dos produtos	Centro de produção	Normas Aplicáveis
AC 14 Surf 35/50 (DB) Bas	Fátima	EN 13 108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008
AC 14 Surf 35/50 (BB) Gran		
AC 14 Surf 35/50 (BB) Q7		
AC 18 Reg 35/50 (MBD)		
AC 20 Base 35/50 (MH)		

As características relevantes dos produtos encontram-se discriminadas nas Fichas Técnicas dos Produtos, que acompanham esta declaração.

A declaração encontra-se em conformidade com o anexo ZA das normas de aplicação.

Certificado de conformidade

Anexa-se o certificado n.º 1515-CPR-0218, emitido pela empresa EIC em 4 de Maio de 2018, organismo notificado n.º 1515, com sede na Rua da Tóbis Portuguesa, n.º 8, 2.º Escritório 10, 1750-232 – Lisboa.

A Gerência
António Emílio Gomes & Filhos, Lda.
A GERÊNCIA
Linha 30 de junho de 2021

Certificado de Conformidade

IPAC
accreditação
L09312
ISO/IEC 17025
Prod-Lab

Nº de Organismo Notificado: 1515

Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0218
Este Certificado substitui o anteriormente emitido com o nº 1515-CPR-0218 de 04-05-2018

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011 (Regulamento dos Produtos de Construção), este certificado aplica-se ao(s) seguinte(s) Produto(s) de Construção:
(Ver Anexo Técnico)

produzido(s) por

ANTÓNIO EMILIO GOMES & FILHOS, LDA.
Rua Professor Abílio Alves de Brito, nº 50 - 1º Andar
2401-970 LEIRIA
nos seguintes locais
(Ver Anexo Técnico)

cumpra as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descrito no anexo ZA e os requisitos da(s) norma(s)

EN 13108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008

as quais são aplicadas sob o sistema 2-

Este Certificado foi emitido inicialmente a **20-07-2009**, sendo o mesmo válido até **24-04-2024** e enquanto as condições técnicas estabelecidas pela(s) Norma(s) referida(s) se mantiverem e as condições de fabricação e controle da produção pelo fabricante não se alterem significativamente.

Lisboa, 8 de junho de 2021


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação
Rua da Torre Portuguesa, nº 6 - 2.º - Sacorê 10 - 1750-092 Lisboa - Tel: +351 (0) 21 420 64 00 - Fax: +351 (0) 21 427 80 00 - e-mail: geral@eic.pt

Certificado de Conformidade

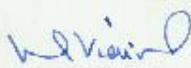
IPAC
accreditação
1000
ISO/IEC 17025
Product

Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0218
Este Anexo Técnico só é válida em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0218 emitido pela eIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Norma Harmonizada Aplicável
Casal do Gato - Giesteira 2495 FÁTIMA	AC 14 Surf 35/50 (BB) Bas	EN 13108-1:2006 e FN 13108-1: 2006/AC:2008
	AC 14 Surf 35/50 (BB) Gran	
	AC 14 Surf 35/50 (BB) Qlz	
	AC 16 Reg 35/50 (MBD)	
	AC 20 Base 35/50 (MB)	

Lisboa, 8 de junho de 2021


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação

Rua de Torre Portugal, n.º 18 - 27 - Zócalo 16 • 1099-060 Lisboa • Tel. +351(0)21 227 64 30 • Fax: +351(0)21 227 64 60 • Email: geral@eic.pt

12.2 EMPREITADA DE OBRA PÚBLICA – LOCALIDADE DE SÃO SIMÃO

12.2.1 Fichas Técnicas

12.2.1.1 Inertes

DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

BRITA 2



N.º DD.09

- Código de identificação único do produto - tipo:**
202
- Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:**
Betão e argamassas para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil.
- Normas Harmonizadas:**
EN 12620:2002+A1:2008;
EN 13043:2002+AC:2004.
- Organismo Notificado:**
EIC – Empresa Internacional de Certificação, S.A., organismo de certificação notificado com o nº 1515.
- Desempenho Declarado**
- Fabricante:**
SICOBRIITA – Extração e Britagem de Pedra, SA
Rua de Santa Luzia, n.º 22, 3.º Piso, Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping
3100-483 POMBAL.
- Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVPC):**
Sistema 2+

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS	NORMAS HARMONIZADAS		GRANULOMETRIA DECLARADA		
	EN 12620:2002 +A1:2008	EN 13043:2002 +AC:2004	Peneiro (mm)	Passados (%)	Límites (%)
Dimensão nominal	11/22		63	100	
Granulometria	G ₈₅ /20	G ₈₅ /20; G ₆₀	45	100	100
Teor de finos	f _{1,1}	f ₁	31,5	100	98-100
Cloratos solúveis em água ⁽¹⁾	<0,001%	NA	22,4	99	85-100
Sulfatos solúveis em ácido ⁽²⁾	A ₅₀₀	NA	16	98	
Enxofre total ⁽³⁾	≤0,1%	NA	11,2	?	0-20
Teor de húmus ⁽⁴⁾	Mais claro	NA	8	1	
Contaminantes orgânicos leves	NPD	NA	5,6	1	0-5
Retração por secagem ⁽⁵⁾	0,039%	NA	4	1	
Massa volúmica ⁽⁶⁾	Material impermeável	(2,71 ± 0,05) Mg/m ³ *	2	1	
	Partículas secas em estufa	(2,64 ± 0,05) Mg/m ³ *	1	1	
	Partículas saturadas	(2,65 ± 0,05) Mg/m ³ *	0,5	1	
Absorção de água ⁽⁷⁾	(1,0 ± 0,6) % *		0,25	1	
Reactividade alcalo-silica	Classe I	NA	0,125	1	
Índice de achatamento	Fl ₁₀	Fl ₁₀	0,063	0,5	0,0-1,0
% de superfícies esmagadas e partidas	NA	C ₁₀₀₀	Abreviaturas: NA – Não aplicável; NPD – Desempenho não determinado.		
Resistência à fragmentação		L ₁₀₀	Nota: ⁽¹⁾ Desempenho determinado noutro produto com a mesma origem.		
Resistência ao desgaste por abrasão		M ₁₀ 15			
Resistência ao polimento		NPD			
Resistência à abrasão		NPD			
Durabilidade face ao choque térmico ⁽⁸⁾	NA	V ₁₀ ≤7; ≤0,4			
Afinidade aos ligantes cementícios	NA	NPD			
Durabilidade face ao gelo-degelo ⁽⁹⁾		≤ 1 (F ₄)			
Substâncias perigosas		NPD			

- O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 3.
A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por Armando José Sant'Ana Reis Vieira, Responsável pela Produção em Fábrica.

Pombal, 09 de novembro de 2020

Armando José Sant'Ana Reis Vieira
SICOBRIITA - Extração e Britagem de Pedra, S.A.

C. Nº 519 217 036
Pedreira - Tel. 236 922 951 - Fax 236 022 214
Esq. - R. Santa Luzia, n.º 22 - 3.º Piso, Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping - 3100-483 Pombal

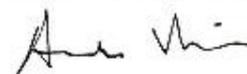


05

Edição 5
Página 1 de 2

Mod.0015.02

 Instruções e Informações de Segurança		Edição 1 Data da edição: 03-01-2019
9. Composição e Informação sobre os componentes		
9.1 Substância:	Calcário. Com mineralização composta por calcite	
9.2 Natureza química:	Mineral constituído essencialmente por carbonato de cálcio.	
9.3 Componentes causadores de riscos:	Não foram identificados componentes que possam causar riscos, nas condições normais de utilização pretendidas.	
10. Propriedades físico químicas		
10.1 Estado físico:	Sólido.	
10.2 Cor:	Branco.	
10.3 Odor:	Inodoro.	
10.4 Inflamabilidade:	Não é inflamável.	
10.5 Radioatividade:	Não é radioativo.	
11. Identificação de perigos		
11.1 Efeitos adversos à saúde humana:	Sem efeitos adversos.	
11.2 Perigos ambientais:	Não apresentam.	
11.3 Perigos físicos e químicos:	Não apresentam.	
11.4 Perigos específicos:	Não apresentam.	
12. Medidas de primeiros socorros		
12.1 Após inalação:	Em caso de inalação acidental solicitar apoio médico.	
12.2 Após ingestão:	Em caso de ingestão acidental solicitar apoio médico.	
12.3 Após contato com a pele:	Não foram identificados riscos. Se houver irritação consulte um médico.	
12.4 Após contato com os olhos:	Lavar com água e se considerar necessário, solicitar apoio médico.	
13. Medidas de combate a incêndio		
13.1 Meios de extinção apropriados:	O material não é inflamável ou combustível.	
14. Exposição e proteção individual		
14.1 Proteção respiratória:	É aconselhável o uso de máscara, principalmente em ambientes fechados.	
14.2 Proteção das mãos:	Durante o manuseio do produto é aconselhável o uso de luvas.	
14.3 Proteção dos olhos:	Não são conhecidas necessidades específicas de proteção dos olhos.	
14.4 Proteção da pele e do corpo:	Não são conhecidas necessidades específicas de proteção da pele e do corpo.	
15. Estabilidade e reatividade		
15.1 Condições de estabilidade:	Substância estável em condições normais de utilização.	
15.2 Reações violentas:	Pode produzir reações exotérmicas violentas em contato com ácidos.	
16. Transporte		
16.1 Condições de transporte:	É transportado em camiões preparados para o efeito, respeitando as normas do código da estrada.	



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

BRITA 1 MB



N.º DD.08

1. Código de identificação único do produto - tipo:
211
2. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:
betão e argamassas para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil.
3. Fabricante:
SICOBRIITA – Extracção e Britagem de Pedra, SA
Rua de Santa Luzia, n.º 22, 3º Piso, Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping
3100-483 POMBAL.
4. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVPC):
Sistema 2+
5. Normas Harmonizadas:
EN 12620:2002+A1:2008;
EN 13043:2002+AC:2004.
6. Organismo Notificado:
EIC – Empresa Internacional de Certificação, S.A., organismo de certificação notificado com o nº 1515.
7. Desempenho Declarado

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS	NORMAS HARMONIZADAS		GRANULOMETRIA DECLARADA		
	EN 12620:2002 +A1:2008	EN 13043:2002 +AC:2004	Peneiro (mm)	Passados (%)	Limites (%)
Dimensão nominal	5/11		63	100	
Granulometria	G _{85/20}	G _{85/20} ; G ₆	45	100	
Teor de finos	f ₆	f	21,5	100	
Claretos solúveis em água ⁽¹⁾	<0,001%	NA	22,4	100	100
Sulfatos solúveis em ácido ⁽²⁾	AS _{2,4}	NA	16	100	96-100
Ferro total ⁽³⁾	≤0,1%	NA	11,2	91	85-100
Teor de húmus ⁽⁴⁾	Mais claro	NA	8	17	
Contaminantes orgânicos leves	NPD	NA	5,6	1	0-20
Retração por secagem ⁽⁵⁾	D, D19%	NA	4	1	
Massa volúmica ⁽⁶⁾	Material impermeável	[2,71 ± 0,05] Mg/m ³ *	2	1	0-5
	Partículas secas em estufa	[2,64 ± 0,05] Mg/m ³ *	1	1	
	Partículas saturadas	[2,65 ± 0,05] Mg/m ³ *	0,5	1	
Absorção de água ⁽⁷⁾		[1,0 ± 0,6] % *	0,25	1	
Reactividade Alcali-silica	Classe I	NA	0,125	1	
Índice de achatamento		F _{1,2}	0,063	0,6	0,0-1,0
% de superfícies esmagadas e partidas	NA	C ₁₀₀	Abreviaturas: NA – Não aplicável; NPD – Desempenho não determinado.		
Resistência à fragmentação ⁽⁸⁾		LA ₁₀	Nota: ⁽¹⁾ Desempenho determinado noutro produto com a mesma origem.		
Resistência ao desgaste por abrasão ⁽⁹⁾		M ₁₀ 15			
Resistência ao polimento		NPD			
Resistência à abrasão		NPD			
Durabilidade face ao choque térmico	NA	V ₁₀ ≤7; IS0,4			
Afinidade aos ligantes betuminosos	NA	NPD			
Durabilidade face ao gelo-degelo ⁽¹⁰⁾		≤ 1 (F ₁)			
Substâncias pegososas		NPD			

8. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 7. A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por Armando José Sanfins Reis Vieira, Responsável pelo Controlo da Produção em Fábrica.

Pombal, 09 de novembro de 2020

Sicobrita - Extracção e Britagem de Pedra, SA
C.º Nº 501 277 676
Pombal - Tel. 236 922 051 - Fax 236 022 214
E-mail: R. Santa Luzia, nº 22 - 3º Piso, Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping - 3100-483 Pombal



05

Edição 5

– Página 1 de 2

Met. 0015.02

	Instruções e Informações de Segurança	Edição 1 Data da edição: 03-01-2019
---	--	--

9. Composição e informação sobre os componentes

9.1 Substância: Calcário. Com mineralização composta por calcite
9.2 Natureza química: Mineral constituído essencialmente por carbonato de cálcio.

9.3 Componentes causadores de riscos: Não foram identificados componentes que possam causar riscos, nas condições normais de utilização pretendidas.

10. Propriedades físico químicas

10.1 Estado físico: Sólido.
10.2 Cor: Branco.
10.3 Odor: Inodoro.
10.4 Inflamabilidade: Não é inflamável.
10.5 Radioatividade: Não é radioativo.

11. Identificação de perigos

11.1 Efeitos adversos à saúde humana: Sem efeitos adversos.
11.2 Perigos ambientais: Não apresentam.
11.3 Perigos físicos e químicos: Não apresentam.
11.4 Perigos específicos: Não apresentam.

12. Medidas de primeiros socorros

12.1 Após Inalação: Em caso de inalação acidental solicitar apoio médico.
12.2 Após Ingestão: Em caso de ingestão acidental solicitar apoio médico.
12.3 Após contato com a pele: Não foram identificados riscos. Se houver irritação consulte um médico.
12.4 Após contato com os olhos: Lavar com água e se considerar necessário, solicitar apoio médico.

13. Medidas de combate a incêndio

13.1 Meios de extinção apropriados: O material não é inflamável ou combustível.

14. Exposição e proteção individual

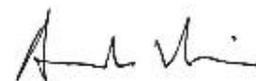
14.1 Proteção respiratória: É aconselhável o uso de máscara, principalmente em ambientes fechados.
14.2 Proteção das mãos: Durante o manuseio do produto é aconselhável o uso de luvas.
14.3 Proteção dos olhos: Não são conhecidas necessidades específicas de proteção dos olhos.
14.4 Proteção da pele e do corpo: Não são conhecidas necessidades específicas de proteção da pele e do corpo.

15. Estabilidade e reatividade

15.1 Condições de estabilidade: Substância estável em condições normais de utilização.
15.2 Reações violentas: Pode produzir reações exotérmicas violentas em contato com ácidos.

16. Transporte

16.1 Condições de transporte: É transportado em camões preparados para o efeito, respeitando as normas do código da estrada.



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

PÓ GRAVILHADO



N.º DD.04

1. Código de identificação único do produto - tipo:
300
2. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:
Betão e argamassas para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil.
3. Fabricante:
SICOBRITA – Extração e Britagem de Pedra, SA
Rua de Santa Luzia, n.º 22, 3º Piso, Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping
3100-183 POMBAL
4. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVPC):
Sistema 2+
5. Normas Harmonizadas:
EN 12620:2002+A1:2008;
EN 12620:2002+A1:2007;
EN 12620:2002+A2:2004.
6. Organismo Notificado:
EIC – Empresa Internacional de Certificação, S.A., organismo de certificação notificado com o nº 1515.
7. Desempenho Declarado

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS	NORMAS HARMONIZADAS			
	EN 12620:2002 NA1:2008	EN 12620:2002 NA1:2007	EN 12620:2002 NA2:2004	
Dimensão nominal	0/4			
Granulometria	G ₈₅	G ₈₅ ; G _{T-20}	G ₈₅ ; G _{T-20}	
Teor de finos	f ₁₅			
Qualidade dos finos: Azul de Metileno	MB < 2,0			
Finos	Azul de Metileno	NA	NA	MB-NR
	Variação do R ₁₀ (R ₁₀ den)	NA	NA	NPD
	Variação da temp. arel e bola	NA	NA	NPD
Concretos solúveis em água ⁽¹⁾	< 0,001%	NA	NA	
Sulfatos solúveis em ácido ⁽²⁾	AS _{0,1}	AS _{0,1}	NA	
Enxofre total ⁽¹⁾	50,1%	S ₁	NA	
Teor de húmus ⁽²⁾	Mais claro	Mais claro	NA	
Contaminantes orgânicos leves	NPD	NA	NA	
Teor de carbonato	NPD	NA	NA	
Retração por secagem ⁽²⁾	0,019%	NA	NA	
Massa volumétrica ⁽¹⁾	Material impermeável	(2,68 ± 0,06) Mg/m ³ *		
	Partículas secas em estufa	(2,64 ± 0,06) Mg/m ³ *		
	Partículas saturadas	(2,00 ± 0,06) Mg/m ³ *		
Absorção de água ⁽¹⁾	(1,0 a 6) % *			
Resistividade álcali-silica	Classe I	NA	NA	
Substâncias perigosas	NPD			

GRANULOMETRIA DECLARADA		
Peneira (mm)	Passados (%)	Limites (%)
80	100	
31,5	100	
22,4	100	
16	100	
11,2	100	
8	100	100
5,6	100	99-100
4	95	90-100
2	68	48-88
1	40	20-60
0,5	25	
0,25	16	0-36
0,125	12	
0,063	9,4	5,4-12,4

Abreviaturas:
NA – Não aplicável;
NPD – Desempenho não determinado.

Notas:
⁽¹⁾ Desempenho determinado noutro produto com a mesma origem.

8. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 7. A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por Armando José Sanfins Reis Vieira, Responsável pelo Controlo da Produção em Fábrica.

Pombal, 09 novembro de 2020

Armando José Sanfins Reis Vieira
Sicobrita - Extração e Britagem de Pedra, SA
C.º nº 201 277 876

Pedreira - Tel. 236 922 951 - Fax 236 922 214
Esrit - R. Santa Luzia, nº 22 - 3º Piso, Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping - 3100-183 Pombal

Mod. 0015.02



05

Edição 5
Página 1 de 2

	Instruções e Informações de Segurança	Edição 1
		Data da edição: 03-01-2019

9. Composição e informação sobre os componentes

9.1 Substância:	Calcário. Com mineralização composta por calcite
9.2 Natureza química:	Mineral constituído essencialmente por carbonato de cálcio.
9.3 Componentes causadores de riscos:	Não foram identificados componentes que possam causar riscos, nas condições normais de utilização pretendidas.

10. Propriedades físico químicas

10.1 Estado físico:	Sólido.
10.2 Cor:	Branco.
10.3 Odor:	Inodoro.
10.4 Inflamabilidade:	Não é inflamável.
10.5 Radioatividade:	Não é radioativo.

11. Identificação de perigos

11.1 Efeitos adversos à saúde humana:	Sem efeitos adversos.
11.2 Perigos ambientais:	Não apresentam.
11.3 Perigos físicos e químicos:	Não apresentam.
11.4 Perigos específicos:	Não apresentam.

12. Medidas de primeiros socorros

12.1 Após inalação:	Em caso de inalação acidental solicitar apoio médico.
12.2 Após ingestão:	Em caso de ingestão acidental solicitar apoio médico.
12.3 Após contato com a pele:	Não foram identificados riscos. Se houver irritação consulte um médico.
12.4 Após contato com os olhos:	Lavar com água e se considerar necessário, solicitar apoio médico.

13. Medidas de combate a incêndio

13.1 Meios de extinção apropriados:	O material não é inflamável ou combustível.
--	---

14. Exposição e proteção individual

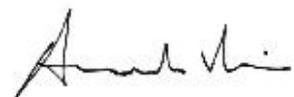
14.1 Proteção respiratória:	É aconselhável o uso de máscara, principalmente em ambientes fechados.
14.2 Proteção das mãos:	Durante o manuseio do produto é aconselhável o uso de luvas.
14.3 Proteção dos olhos:	Não são conhecidas necessidades específicas de proteção dos olhos.
14.4 Proteção da pele e do corpo:	Não são conhecidas necessidades específicas de proteção da pele e do corpo.

15. Estabilidade e reatividade

15.1 Condições de estabilidade:	Substância estável em condições normais de utilização.
15.2 Reações violentas:	Pode produzir reações exotérmicas violentas em contato com ácidos.

16. Transporte

16.1 Condições de transporte:	É transportado em camiões preparados para o efeito, respeitando as normas do código da estrada.
--------------------------------------	---



Página 2 de 2

12.2.1.2 Betumes



FICHA TÉCNICA

BETUME DE PAVIMENTAÇÃO 35/50

1. DESCRIÇÃO

Betume de penetração, para produção de misturas betuminosas a quente.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO	ESPECIFICAÇÃO
Penetração a 25°C	0,1mm	EN 1426	35-50
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	50-58
Resistencia ao envelhecimento			
• <i>Penetração retida</i>	%	EN12607-1	≥53
• <i>Incremento temperatura de amolecimento</i>	°C		≤11
Severidade 2			≤0,5
• <i>Varição de massa (valor absoluto)</i>	%		
Ponto de inflamação	°C	EN ISO 2592	≥240
Viscosidade cinemática a 135°C	mm ² /s	EN 12595	≥370
Solubilidade	%	EN 12592	≥99,0
Índice de penetração		Anexo A EN 12591	-1,5 a +0,7
Ponto fragilidade Fraass	°C	EN 12593	≤-5

Em conformidade com a norma EN 12591

3. CONDIÇÕES DE USO

Devem ser cumpridas todas as precauções e recomendações de segurança que figuram na Ficha de Segurança do produto.

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Assistência Técnica Asfaltos
FT PT EN ASF046
Ed.5 - Rev.0 – 24 Abril 2015

12.2.1.3 Emulsão Betuminosa - rega de impregnação



EMASFALT CL-1 (C60BF4 IMP)

ASFALTOS

DEFINIÇÃO:

Emulsão betuminosa catiónica de rotura lenta, para regas de impregnação, que cumpre todas as especificações na norma EN 13808:2013/1M:2014 para uma emulsão do tipo C60BF4 IMP.

ESPECIFICAÇÕES:

Características	Unidade	Norma	Mín.	Máx.
Emulsão Original				
Polaridade de partículas	-	UNE EN-1430	Positiva	
Índice de rotura	-	UNE EN 13075-1	110	195
Tempo de escoamento 2mm, 40°C	s	UNE EN 12846-1	15	70
Conteúdo de ligante (por cont. em água)	%	UNE EN-1428	58	62
Conteúdo do fluidificante	%	UNE EN-1431	-	8
Peneiração por 0,5 mm	%	UNE EN-1429	-	0,10
Sedimentação aos 7 dias	%	UNE EN-12847	-	10
Adesividade	%	UNE EN 13614	90	-
Resíduo por destilação (UNE EN-1431)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	UNE EN-1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	UNE EN-1427	35	--
Resíduo por evaporação (UNE EN-13074-1)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	UNE EN-1426	-	330(*)
Temperatura de amolecimento	°C	UNE EN-1427	35	-
Resíduo por estabilização (UNE EN-13074-2)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	UNE EN-1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	UNE EN-1427	35	-

(*) Se a penetração a 25°C é > 330 deverá ser realizada uma penetração a 15°C e registado o resultado. É possível um ponto de amolecimento <35°C.



Para mais informações, visite www.cepsa.com

Nota: as recomendações incluídas nesta ficha técnica devem ser consideradas a título indicativo e para situações gerais, sendo que a Cepsa recusa qualquer responsabilidade devido ao uso inadequado. Em casos específicos deverá contactar o Departamento Técnico da Cepsa.

12.2.1.4 Emulsão Betuminosa - rega de colagem

EMASFALT CR-1 (C60B3 ADH)

EMULSÕES ■ REGAS DE ADERÊNCIA

DEFINIÇÃO:

Emulsão betuminosa catiónica de rotura rápida, para regas de colagem, que cumpre todas as especificações incluídas na norma EN 13808:2013/1M:2014 para uma emulsão do tipo C60B3 ADH.

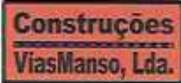
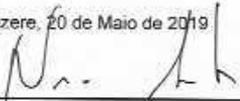
ESPECIFICAÇÕES:

Características	Unidade	Norma	Mín.	Máx.
Emulsão Original				
Polaridade de partículas	-	EN 1430	Positiva	
Índice de rotura	-	EN 13075-1	70	155
Tempo de escoamento 2mm, 40°C (*)	s	EN 12948-1	15	70
Conteúdo de ligante (por cont. em água)	%	EN 1428	58	62
Conteúdo do fluidificante	%	EN 1431	-	3
Peneiração 0,5mm	%	EN 1428	-	0,1
Tendência de sedimentação, 7 dia	%	EN 12847	-	10
Adesividade	%	EN 13814	90	-
Resíduo por destilação (EN-1431)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	EN 1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	35	-
Resíduo por evaporação (EN-13074-1)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	EN 1426	-	330
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	35	-
Resíduo por estabilização (EN-13074-2)				
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	0,1mm.	EN 1426	-	220
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	35	-

(*) É admitido tempo de escoamento por 2mm a 40°C de 40 a 130s.



12.2.1.5 Betão Betuminoso – Binder

	DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO DoP 07	
<p>Código de identificação único do produto-tipo: AC 20 REG 35/50 (MBD)</p> <p>Utilizações previstas Para camadas de desgaste, camadas de ligação, camadas de regularização e camadas de base de estradas e outras áreas sujeitas a ação de tráfego, quer submetidas quer não às disposições sobre a reação ao fogo.</p> <p>Informação de segurança O manuseamento das misturas betuminosas pode causar intoxicações e/ou queimaduras devido à sua constituição com betume e a serem usadas a altas temperaturas (max 180°C). Aconselha-se o uso de botas e luvas para altas temperaturas.</p>	<p>Fabricante: Construções ViasManso, Lda.</p> <p>Sede e Centro de produção: Rua General Humberto Delgado N 1389, CASAL DA VARELA, 2240-008 AGUAS BELAS FZZ</p> <p>Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVCP): Sistema 2+.</p> <p>Organismo Notificado: EIC – Empresa Internacional de Certificação, Organismo Notificado Nº.1515.</p>	
<p>7. Desempenho declarado</p>		
<p>NORMA HARMONIZADA</p>	<p>NP EN 13108-1:2011</p>	
<p>Característica</p>	<p>Desempenho</p>	
D max:	20 mm	
Ligante	35/50	
Porosidade		
Máxima	V _{máx} 7,0	
Mínima	V _{mín} 4,5	
Porosidade após 10 giros	V10G _{mín} NR	
Sensibilidade à água	ITSR ₆₀	
Resistência à abrasão provocada por pneus pitonados	Abr _{Abr}	
Reação ao fogo	NPD	
Temperatura da mistura [°C]	150 a 190	
Percentagem de ligante corrigido	B _{mín} 2	
Resistência à deformação permanente	- -	
Equipamento pequeno, procedimento B acondicionamento ao ar, declive máximo	WTS _{Abr} NR	
<p>NPD – Desempenho Não Determinado</p>		
<p>A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) nº 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima. Assinado por e em nome do fabricante por:</p>		
<p>Ferreira do Zêzere, 20 de Maio de 2019</p> 		
<p>Eng.º Nuno Antunes, Responsável Controlo de Produção</p>		
<p>Mod.38.01 (DoP 07.01)</p>	<p>Marcação CE</p>	

12.2.1.6 Betão Betuminoso – Desgaste

	DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO DoP 05	
---	--	---

Código de identificação único do produto-tipo: AC 14 Surf 35/50 (BB)	Fabricante: Construções ViasManso, Lda.
Utilizações previstas Para camadas de desgaste, camadas de ligação, camadas de regularização e camadas de base de estradas e outras áreas sujeitas a ação de tráfego, quer submetidas quer não às disposições sobre a reação ao fogo.	Sede e Centro de produção: Rua General Humberto Delgado N 1389, CASAL DA VARELA, 2240-008 AGUAS BELAS FZZ
Informação de segurança O manuseamento das misturas betuminosas pode causar intoxicações e/ou queimaduras devido à sua constituição com betume e a serem usadas a altas temperaturas (max 180°C). Aconselha-se o uso de botas e luvas para altas temperaturas.	Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVCP): Sistema 2+. Organismo Notificado: EIC – Empresa Internacional de Certificação, Organismo Notificado N.º 1515.

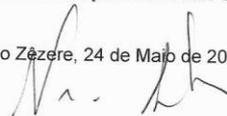
7. Desempenho declarado

NORMA HARMONIZADA	NP EN 13108-1:2011
Característica	Desempenho
D max	14 mm
Ligante	35/50
Porosidade	
Máxima	V _{máx} 7
Mínima	V _{min} 3
Porosidade após 10 giros	V10G _{minNR}
Sensibilidade à água	ITSR ₉₀
Resistência à abrasão provocada por pneus pitonados	Ab _{TANR}
Reação ao fogo	NPD
Temperatura da mistura [°C]	150 a 190
Percentagem de ligante corrigido	B _{min4,2}
Resistência à deformação permanente	
Equipamento pequeno, procedimento B acondicionamento ao ar, declive máximo.	WTS _{AIR NR}

NPD – Desempenho Não Determinado

A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima. Assinado por e em nome do fabricante por:

Ferreira do Zêzere, 24 de Maio de 2016



Eng.º Nuno Antunes, Responsável Controlo de Produção

Mod.38.01
(DoP 05.01)

Marcação CE

12.2.1.7 Certificados de qualidade

12.2.1.8 Inertes



Certificado de Conformidade

IPAC
accreditação
C0002
NORIC 17004
Produtos

Nº de Organismo Notificado: 1515

Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0191
Este Certificado substitui o anteriormente emitido com o nº 1515-CPR-0191 de 06-01-2017

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011 (Regulamento dos Produtos de Construção), este certificado aplica-se ao(s) seguinte(s) Produto(s) de Construção:
(Ver Anexo Técnico)

produzido(s) por

SICÓBRITA - Extracção e Britagem de Pedra, S.A.
Rua de Santa Luzia, nº 22 - 3º Piso - Salas 32 e 33
Edifício Pombal Shopping
3100-483 POMBAL

nos seguintes locais
(Ver Anexo Técnico)

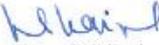
cumpra as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descrito no anexo ZA e os requisitos da(s) norma(s)

EN 12620:2002+A1:2008
EN 13043:2002 e EN 13043:2002/AC:2004
EN 13139:2002 e EN 13139:2002/AC:2004
EN 13242:2002+A1:2007
EN 13383-1:2002 e EN 13383-1:2002/AC:2004

as quais são aplicadas sob o sistema 2+

Este Certificado foi emitido inicialmente a **23-01-2009**, sendo o mesmo válido até **27-11-2022** e enquanto as condições técnicas estabelecidas pela(s) Norma(s) referida(s) se mantiverem e as condições de fabricação e controle da produção pelo fabricante não se alterem significativamente.

Lisboa, 27 de Novembro de 2019


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através da geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação

Rua de Tóvoa Portuguesa, 61-0 - 27 - Externos 10 - 1750-250 LUSOIA - Tel: +351(0)21 427 38 40 + Fax: +351(0)21 427 38 38 + Email: geral@eic.pt



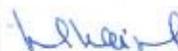
Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0191

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0191 emitido pela EIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Normas Harmonizadas Aplicáveis
Pedreira de Chão Queimado Serra do Sicó Aroeiras - Vila Chã 3100-801 POMBAL	0/4 (Areia Fina) 2/5 (Areia Grossa) 0/4 (Pó Gravilhado) 0/4 (Brita 0,25) 4/8 (Brita 0,5) 6/14 (Brita 1 TZB) 5/11 (Brita 1 MB) 11/22 (Brita 2) 20/40 (Brita 3)	EN 12620: 2002+A1:2008
	0/2 (Pó Fino) 0/4 (Pó Gravilhado) 4/8 (Brita 0,5) 6/14 (Brita 1 TZB) 5/11 (Brita 1 MB) 11/22 (Brita 2) 20/40 (Brita 3)	EN 13043:2002 e EN 13043: 2002/AC:2004
	0/4 (Areia Fina) 2/5 (Areia Grossa) 0/4 (Brita 0,25)	EN 13139:2002 e EN 13139: 2002/AC:2004
	0/4 (Pó Gravilhado) 20/40 (Brita 3) 0/32 (TV 1ª) 0/32 (TV 1ª M) 0/32 (TV 2ª M) 0/22 (Detritos) Brita 4 (31,5/63) Brita 5 (31,5/63)	EN 13242: 2002+A1:2007
	Brita 6 / 45/125 Brita 7 / 90/180	EN 13383-1:2002 e EN 13383-1: 2002/AC:2004

Lisboa, 27 de Novembro de 2019


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, quaira p.f. contactar a **eic** através de geral@eic.pt ou 214 220 640



Rua de Tereza Portugal, n.º 8 - 2.º - Esquina 10 - 1704-207 Lisboa - Tel. +351 (0) 21 422 66 40 - Fax +351 (0) 21 422 66 40 - Email: geral@eic.pt

12.2.1.9 Betumes



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

DOP0001

Betume de pavimentação 35/50

1. Código de identificação do produto: 50011

2. Uso previsto de acordo com a norma EN 12591:

Para a construção e manutenção de estradas, aeroportos e outras áreas pavimentadas.

3. Nome e endereço do fabricante:

*Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Calle Méndez Álvaro 44. CP 28045. Madrid. Espanha.*

4. Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho:

Sistema 2+

5. Organismo notificado:

BUREAU VERITAS, organismo Nº1035, realizou a avaliação e verificação da regularidade pelo Sistema 2+ e emitiu o Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica, Nº1035-CPR-ES120742, sobre a base de:

- inspeção inicial da unidade de produção e do controlo de produção em fábrica.
- vigilância, avaliação e supervisão permanentes do controlo de produção em fábrica.

CONFIDENCIAL Página 1 de 2
Este documento é propriedade da Repsol Lubricantes y Especialidades S.A., o recetor do mesmo é responsável da custódia e uso adequado que se dê ao mesmo, já que seu conteúdo é CONFIDENCIAL. O documento não deverá ser reproduzido total o parcialmente e/ou revelado a pessoas não autorizadas ou enviado fora da Repsol Lubricantes y Especialidades S.A. sem a devida autorização por escrito dos seus representantes legais.
DOP0001 35/50
Ed.3 Junho 2021

12.2.1.10 Emulsão Betuminosa - rega de impregnação



Declaração de Desempenho N.º DD-PT-C60BF4 IMP

1. CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ÚNICO DO PRODUTO-TIPO
• EMASFALT CL-1 (C60BF4 IMP)

2. UTILIZAÇÃO(ões) PREVISTA(S)
• Regas de impregnação e misturas densas a frio

3. FABRICANTE
• CEPSA PORTUGUESA PETRÓLEOS, S.A.
Av. Columbano Bordalo Pinheiro n.º 108 – 3º
1070-067 Lisboa
TELEFONE: 217 217 829
EMAIL: apotocliente.qualidade@cepsa.com

4. MANDATÁRIO
• Não aplicável

5. SISTEMA(S) DE AVALIAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DO DESEMPENHO (AVCP)
• 2+

6A. NORMA HARMONIZADA
• EN 13808:2013

ORGANISMO(S) NOTIFICADO(S)
• AENOR 0099
• Certificado n.º 0099/CPR/B11/0269

7. DESEMPENHO(S) DECLARADO(S)

REQUISITO ESSENCIAL	NORMA DE ENSAIO	UNIDADE	CLASSE	VALOR
Índice de rotura	EN 13075-1	-	Classe 4	110-195
Tempo de escoamento 2 mm, 40 °C	EN 12846-1	s	Classe 3	15-70
Teor de ligante (por teor de água)	EN 1428	%	Classe 6	58-62
Teor em óleo destilado	EN 1431	%	Classe 5	≤ 8
Resíduo no peneiro de 0,5 mm	EN 1429	%	Classe 2	≤ 0,1
Sedimentação (7 dias)	EN 12847	%	Classe 3	≤ 10
Ligante Recuperado (EN 13074-1)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 7	≤ 330
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35
Ligantes Estabilizado (EN 13074-1 e 2)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 5	≤ 220
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35

8. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ADEQUADA E/OU DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ESPECÍFICA
• Não aplicável

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:
Ricardo VICENTE
Em Lisboa a 06 de Junho de 2019

12.2.1.11 Emulsão Betuminosa - rega de colagem



Declaração de Desempenho N.º DD-PT-C60B3 ADH/CUR

1. CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ÚNICO DO PRODUTO-TIPO
• EMASFALT CR-1 (C60B3 ADH/CUR)

2. UTILIZAÇÃO(ões) PREVISTA(S)
• Regas de colagem

3. FABRICANTE
• CEPSA PORTUGUESA PETRÓLEOS, S.A.
Av. Columbano Bordalo Pinheiro n.º 108 – 3º
1070-067 Lisboa

TELEFONE: 217 217 829
EMAIL: apocliente.qualidade@cepsa.com

4. MANDATÁRIO
• Não aplicável

5. SISTEMA(S) DE AVALIAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DO DESEMPENHO (AVCP)
• 2+

6A. NORMA HARMONIZADA
• EN 13808:2013

ORGANISMO(S) NOTIFICADO(S)
• AENOR 0099
• Certificado n.º 0099/CPR/B11/0269

7. DESEMPENHO(S) DECLARADO(S)

REQUISITO ESSENCIAL	NORMA DE ENSAIO	UNIDADE	CLASSE	VALOR
Índice de rotura	EN 13075-1	-	Classe 3	70-155
Tempo de escoamento 2 mm, 40 °C	EN 12846-1	s	Classe 3	15-70
Teor de ligante (por teor de água)	EN 1428	%	Classe 6	58-62
Teor em óleo destilado	EN 1431	%	Classe 3	≤ 3
Resíduo no peneiro de 0,5 mm	EN 1429	%	Classe 2	≤ 0,1
Sedimentação (7 dias)	EN 12847	%	Classe 3	≤ 10
Ligante Recuperado (EN 13074-1)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 7	≤ 330
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35
Ligante Estabilizado (EN 13074-1 e 2)				
Penetração (25 °C ; 100 g ; 5 s)	EN 1426	0,1 mm	Classe 5	≤ 220
Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 8	≥ 35

8. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ADEQUADA E/OU DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA ESPECÍFICA
• Não aplicável

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:
Ricardo VICENTE
Em Lisboa a 06 de Junho de 2019

12.2.1.12 Betão Betuminoso – Binder



Certificado de Conformidade

IPAC
accreditação
C0002
ISO/IEC 17065
Produtos

Nº de Organismo Notificado: 1515

Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0358
Este Certificado substitui o anteriormente emitido com o nº 1515-CPR-0358 de 04-05-2018

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de março de 2011 (Regulamento dos Produtos de Construção), este certificado aplica-se ao(s) seguinte(s) Produto(s) de Construção:

(Ver Anexo Técnico)

produzido(s) por

CONSTRUÇÕES VIASMANSO, LDA.
Rua General Humberto Delgado, nº 1389
Casal da Varela - Águas Belas
2240-008 FERREIRA DO ZÉZERE

nos seguintes locais

(Ver Anexo Técnico)

cumpra as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descrito no anexo ZA e os requisitos da(s) norma(s)

EN 13108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008

as quais são aplicadas sob o sistema 2+

Este Certificado foi emitido inicialmente a **14-05-2015**, sendo o mesmo válido até **23-04-2024** e enquanto as condições técnicas estabelecidas pela(s) Norma(s) referida(s) se mantiverem e as condições de fabricação e controle da produção pelo fabricante não se alterem significativamente.

Lisboa, 27 de abril de 2021


Manuel Vidgal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação

Rua da Tróia Portuguesa, n.º 8 - 2.º - Escritório 10 • 1750-292 Lisboa • Tel.: +(351) 21 422 06 40 • Fax: +(351) 21 422 06 49 • E-mail: geral@eic.pt



Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0358

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0358 emitido pela eIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Norma Harmonizada
Casal da Varcla - Águas Belas 2240-008 FERREIRA DO ZÉZERE	AC 14 Surf 50/70 (BB)	EN 13108-1:2006 e EN 13108-1: 2006/AC:2008
	AC 20 Reg 50/70 (MBD)	
	AC 14 Surf 35/50 (BB)	
	AC 20 Surf 35/50 (BB)	
	AC 20 Reg 35/50 (MBD)	

Lisboa, 27 de abril de 2021

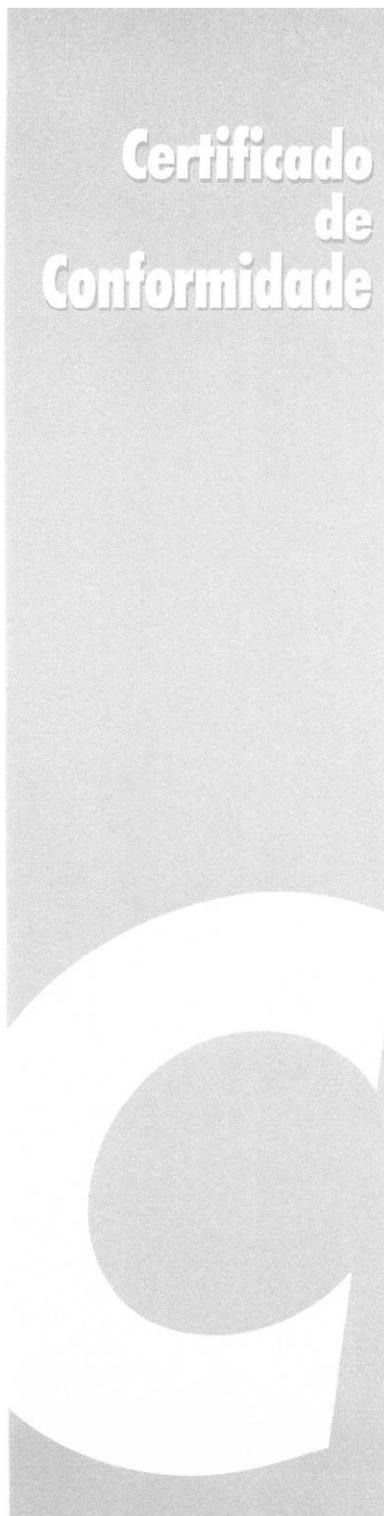

Manuel Vidgal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640



Rua da Távola Portuguesa, 670-2A - Centro de São João - 1503-701 Lisboa - Tel: (351) 21 420 640 - Fax: (351) 21 420 641 - E: geral@eic.pt

12.2.1.13 Betão Betuminoso – Desgaste



Nº de Organismo Notificado: 1515

Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0358

Este Certificado substitui o anteriormente emitido com o nº 1515-CPR-0358 de 04-05-2018

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de março de 2011 (Regulamento dos Produtos de Construção), este certificado aplica-se ao(s) seguinte(s) Produto(s) de Construção:

(Ver Anexo Técnico)

produzido(s) por

CONSTRUÇÕES VIASMANSO, LDA.

Rua General Humberto Delgado, nº 1389
Casal da Varela - Águas Belas
2240-008 FERREIRA DO ZÉZERE

nos seguintes locais

(Ver Anexo Técnico)

cumpra as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descrito no anexo ZA e os requisitos da(s) norma(s)

EN 13108-1:2006 e EN 13108-1:2006/AC:2008

as quais são aplicadas sob o sistema 2+

Este Certificado foi emitido inicialmente a **14-05-2015**, sendo o mesmo válido até **23-04-2024** e enquanto as condições técnicas estabelecidas pela(s) Norma(s) referida(s) se mantiverem e as condições de fabricação e controle da produção pelo fabricante não se alterem significativamente.

Lisboa, 27 de abril de 2021


Manuel Vidgal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eiC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eiC empresa internacional de certificação

Rua da Tábua Portuguesa, n.º 8 - 2.º - Escritório 10 • 1750-292 Lisboa • Tel.: +(351) 21 422 06 40 • Fax: +(351) 21 422 06 49 • E-mail: geral@eic.pt



Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0358

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0358 emitido pela eIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Norma Harmonizada
Casal da Varcla - Águas Belas 2240-008 FERREIRA DO ZÉZERE	AC 14 Surf 50/70 (BB)	EN 13108-1:2006 e EN 13108-1: 2006/AC:2008
	AC 20 Reg 50/70 (MBD)	
	AC 14 Surf 35/50 (BB)	
	AC 20 Surf 35/50 (BB)	
	AC 20 Reg 35/50 (MBD)	

Lisboa, 27 de abril de 2021


Manuel Vidgal
Presidente C.A.

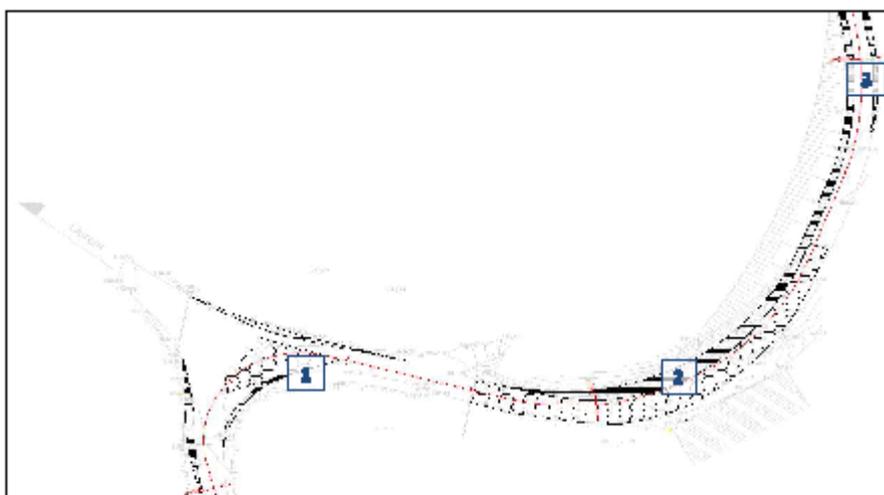
Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a eIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640



Boavista, Lisboa, Portugal, 1515-2015 - Certificado nº 1515-CPR-0358 - 04 - (001) 21 427 60 41 - (001) 21 427 60 41 - P. 001/2021/04/27



Relatório SCL119/23 - Anexo



Relatório SCL119/23 - Anexo

Nota: Os resultados apresentados nestes anexos, sendo meramente, um meio auxiliar e aplicam-se à prática corrente usualizada. Os dados apresentados aqui (7) foram elaborados pelo autor e não de sua inteira responsabilidade. **© Todos os direitos reservados por Artur Jorge Marques.** O presente relatório não pode ser reproduzido, usado ou divulgado, sem o acordo escrito do Autor.

ITECONS

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

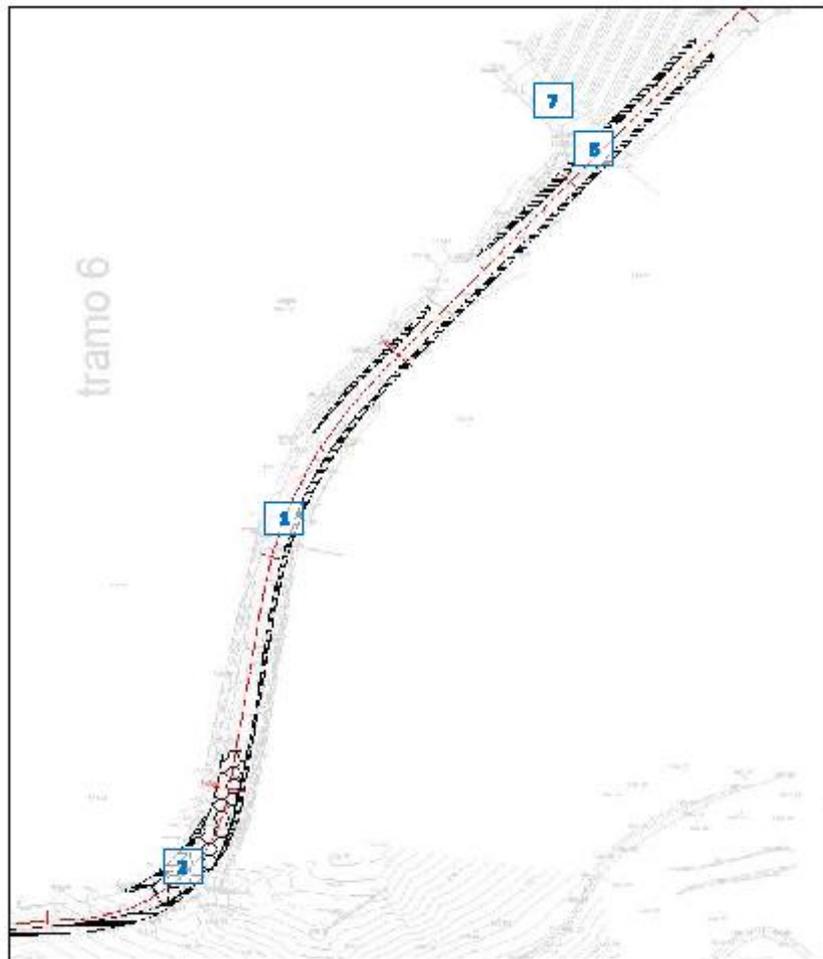
Rua Pedro Hispano, s/n
3110-289 Lourenço
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 85 49
e-mail: itecons@itecons.uc.pt

Página 22



Relatório SQL246/23 - Anexo



Publicado em SQL246/23 - Anexo

Nota: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos locais visitados e aplicam-se à amostra coletada nos locais visitados.
Os dados apresentados aqui (*) devem ser utilizados para efeitos de informação e não de qualquer responsabilidade.
(*) Não são válidos para fins legais ou legais.
O presente relatório não garante a responsabilidade, nem a integridade, nem a segurança dos dados.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-288 Coimbra
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 30 00 49
300000 para a rede fixa nacional
itecons@itecons.ucp.pt

Página 2/2

12.2.2.2 Composição dos betões asfálticos – Binder



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 114/23

Data de emissão: 26-05-2023

Determinação da percentagem de betume solúvel de misturas betuminosas
[Método de ensaio: EN 12697-1:2020 (Anexo B: B1.7)]

Dados relativos ao cliente:

Ciente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.ª Itecons: BTM021A/23 Ref.ª Externa(*): AC20 Reg 35/50
Composição(*): - Data de recolha(*): 10-05-2023
Solubilidade do betume (%)(*): - Tipo de mistura(*): AC20 Reg 35/50

Local de recolha(*): Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar
Responsabilidade da amostragem(*): Ciente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.
Local de realização do ensaio: Itecons
Nota: Não foi entregue certificado da amostra.

Resultados obtidos:

S - Percentagem de betume solúvel (%) ⁽¹⁾	4,4 ± 0,1
B - Percentagem de betume (%) ^(**)	-
T - Percentagem de betume insolúvel (%) ^(**)	-

- Extração de betume por centrifugação, com o equipamento AMB01, de acordo com a parte 1 do Anexo B da Norma de referência.
- Separação de finos da solução de betume com o equipamento AMB01, de acordo com a parte 2.1 do Anexo B, da Norma de referência.

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-017, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k = 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

Ensaio realizado por: Marta Cacho

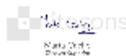
Data e hora de início do ensaio: 11-05-2023 15:27

Data e hora do fim do ensaio: 15-05-2023 09:36

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade. O perímetro assinalado com (**) encontra-se fora do âmbito de acreditação. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM 10.02.V11.01.2023

pág. 1/1



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 115/23

Data de emissão: 26-05-2023

Análise granulométrica de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-2:2015+A1:2019)

Dados relativos ao cliente:

Ciente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Talvado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249366287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa ensaiada:

Ref.ª Itecons: BTM021A/23 Ref.ª Externa (*): AC20 Reg 35/50
Dimensão máx. agregado (mm) (*): 20 Data de recolha (*): 10-05-2023
Tipo de mistura (*): AC20 Reg 35/50 Data de recepção: 10-05-2023
Procedimento: Lavagem e peneiração Séries de peneiros utilizadas: Série Base + Série Dois
Obra (*): Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Responsabilidade da amostragem (*): Ciente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.
Local de realização do ensaio: Itecons

Massa seca total: $M_1 = 1,5037$ kg
Massa seca após lavagem: $M_2 = 1,5026$ kg
Massa seca dos finos removidos por lavagem: $M_1 - M_2 = 0,0012$ kg

Dimensão das aberturas do peneiro (mm)	Massa do material retido R_i (kg)	Percentagem do material retido $R_i/M_1 \times 100$ (%)	Percentagem cumulativa do material passado $100 - \sum (R_i/M_1 \times 100)$
63	-	-	-
40	-	-	-
31,5	-	-	100
20	0,0431	3 ± 1	97
16	0,0435	3 ± 1	94
14	0,0845	6 ± 1	89
12,5	0,0441	3 ± 1	86
10	0,1330	9 ± 1	77
8	0,1735	12 ± 1	65
6,3	0,1009	7 ± 1	59
4	0,0735	5 ± 1	54
2	0,3231	21 ± 1	32
1	0,1962	13 ± 1	19
0,5	0,0930	6 ± 1	13
0,25	0,0513	3 ± 1	10
0,125	0,0291	2 ± 1	8
0,063	0,0153	1,0 ± 0,1	-
P (<0,063)	0,0977		

% de finos que passa o peneiro de 63 μm ⁽¹⁾ $f = \frac{[(M_1 - M_2) + P]}{M_1} \times 100 = 6,6 \pm 0,2$ %

Validação dos resultados: $\frac{[(M_2 - (ER_i + P))]}{M_2} \times 100 = 0,06$ % (deve ser <1%)

(1) A Incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela Incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão $k = 2,1$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A Incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 117/23

Data de emissão: 26-05-2023

Determinação das dimensões de provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-29:2002)

Dados relativos ao cliente:

Ciente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249366287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.ª Itecons: BTM021A/23 Ref.ª Externa(*): AC20 Reg 35/50
Local de recolha(*): a) Data de recolha(*): 10-05-2023
Tipo de mistura(*): AC20 Reg 35/50 Local de realização do ensaio: Itecons

Responsabilidade da amostragem(*): Ciente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Procedimento utilizado: Medição de provetes cilíndricos

Resultados obtidos:

		PROVETES			
		BTM021A/23.3	BTM021A/23.4	BTM021A/23.5	BTM021A/23.6
DIÂMETRO (mm)	Topo	101,7	101,8	101,7	101,6
		101,7	101,7	101,8	101,6
	Centro	101,8	101,7	101,7	101,7
		101,8	101,7	101,7	101,7
	Base	101,8	101,7	101,8	101,6
		101,8	101,7	101,8	101,6
DIÂMETRO MÉDIO (mm) ⁽¹⁾		101,8 ± 0,1	101,7 ± 0,1	101,7 ± 0,1	101,6 ± 0,1
ESPESSURA / ALTURA (mm)		62,5	63,1	62,3	62,8
		62,5	63,0	62,3	62,7
		62,6	63,1	62,3	62,8
		62,6	63,1	62,3	62,8
ESPESSURA / ALTURA MÉDIA (mm) ⁽²⁾		62,5 ± 0,1	63,1 ± 0,1	62,3 ± 0,1	62,8 ± 0,1

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão $k = 2,0$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95%. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(2) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão $k = 2,1$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95%. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Ensaio realizado por: Luis Nunes

Data de ensaio: 23-05-2023

Autoria técnica

Responsabilidade Técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM02-REV1-V0.01-2023

pág. 1/1



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 118/23

Data de emissão: 26-05-2023

Determinação da baridade de provetes de misturas betuminosas
[Método de ensaio: EN 12697-8:2020 - Método B (Baridade saturada com superfície seca)]

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: -- Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.º Itecons: BTM021A/23 Ref.º Externa(*): AC20 Reg 35/50
Tipo de mistura(*): AC20 Reg 35/50 Data de recolha(*): 10-05-2023

Local de recolha(*): Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Responsabilidade da amostragem(*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local de realização do ensaio: Itecons

Resultados obtidos:

		PROVETES			
		BTM021A/23.3	BTM021A/23.4	BTM021A/23.5	BTM021A/23.6
Massa seca do provete	g	1198,4	1203,9	1196,9	1202,6
Massa seca média		1200,5			
Baridade saturada com superfície seca	Mg/m ³	2,410	2,406	2,408	2,418
Baridade saturada com superfície seca média ⁽¹⁾		2,411 ± 0,009			
Espessura **	mm	--	--	--	--
Espessura média **		--			

(1) A Incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-017, está expressa pela Incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k = 3,3, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A Incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

Ensaio realizado por: Luís Nunes

Data do ensaio: 23-05-2023

Autoria técnica



Responsabilidade técnica



A Direção



Notas: **A preencher apenas quando for recolhido em obra.

Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada.

Os dados assinados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM.05/RE.02.V10.01.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3050-289 Coimbra
www.itecons.pt

Tel: 351 239 79 89 40
E-mail: info@itecons.pt
itecons@itecons.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 119/23

Data de emissão: 26-05-2023

Ensaio de Marshall de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-34:2020)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zézere

Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.ª Itecons: BTM021A/23

Local de recolha(*): a)

Tipo de mistura(*): AC20 Reg 35/50

Ref.ª Externa(*): AC20 Reg 35/50

Data de recolha(*): 10-05-2023

Responsabilidade da amostragem(*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local de realização do ensaio: Itecons

Resultados:

PROVETES	BTM021A/23.3	BTM021A/23.4	BTM021A/23.5	BTM021A/23.6
S _C - Estabilidade (kN)	Excluído	19,3	19,0	20,1
S _C <i>meas</i> (kN) ⁽¹⁾		19,5 ± 1,4		
F - Deformação (mm)	Excluído	1,6	1,4	1,6
F <i>meas</i> (mm) ⁽¹⁾		1,5 ± 0,2		
F _T - Deformação tangencial (mm)	Excluído	0,7	0,6	0,6
F _T <i>meas</i> (mm) ⁽¹⁾		0,6 ± 0,1		
F _T - Deformação total (mm)	Excluído	1,6	1,4	1,7
F _T <i>meas</i> (mm) ⁽¹⁾		1,5 ± 0,2		
Quociente de Marshall (kN/mm)	Excluído	12,4	14,0	12,7
Quociente de Marshall médio (kN/mm)		13,0		
Baridade média (Mg/m ³)		2,411		

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento LAC-017, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 4,5, para S_C, 2,4 para F_T, 2,1 para F e 2,5 para F_T, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui e escape relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

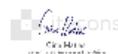
Ensaios realizados por: Luis Nunes/Marta Cacho

Data do ensaio: 23-05-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada.

Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM009-RE-01.V11-01.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/nº
3030-280 Coimbra
www.itecons.pt

Tel: (+351) 239 79 85 19
55 avaco para a pesquisa nacional
itecons@itecons.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 121/23

Data de emissão: 30-05-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zézere

Fax: - Tel: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.ª Itecons: BTM021A/23.3

Local de recolha (*): a)

Ref.ª Externa (*): AC20 Reg 35/50

Data de recolha (*): 10-05-2023

Tipo de mistura (*): AC20 Reg 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volúmica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,482 Baridade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,410
Relatório de ensaio: BTM120/23 Relatório de ensaio: BTM118/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	<u>101,8</u>	<u>62,5</u>	<u>BTM117/23</u>

Percentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 4,4 Baridade do betume, ρ_B (Mg/m³)⁽⁴⁾: 1,100

Relatório de ensaio: BTM114/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 12,5

Vazios do provete betuminoso - V_1 (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ : <u>2,9 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾ : <u>77,1 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-4.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

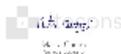
Realizado por: Marta Cacho

Data: 25-05-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documentação validada

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mat. BTM 19/RE01/14/03/2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

E.s. João de Espanha, s/n
3030-539 Coimbra
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
E-mail: paco@itecons.ucp.pt
itecons@itecons.ucp.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 122/23

Data de emissão: 30-05-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax: - Tel: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.º Itecons: BTM021A/23.4

Local de recolha (*): a)

Ref.º Externa (*): AC20 Reg 35/50

Data de recolha (*): 10-05-2023

Tipo de mistura (*): AC20 Reg 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volumica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,482 Baridade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,406
Relatório de ensaio: BTM120/23 Relatório de ensaio: BTM118/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,7	63,1	BTM117/23

Porcentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 4,4 Baridade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 1,100
Relatório de ensaio: BTM114/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 12,7

Vazios do provete betuminoso - V_v (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ :	<u>3,1 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾ :	<u>75,8 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-6.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

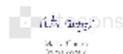
Realizado por: María Cacho

Data: 25-05-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mét. BTM 122/23/EN 12697-8:2018

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-589 Calmota
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 238 79 89 49
d@matopas.uevora.tecnosust
itecons@tecons.uc.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 123/23

Data de emissão: 30-05-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax: - Tel: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.º Itecons: BTM021A/23.5

Local de recolha (*): a)

Ref.º Externa (*): AC20 Reg 35/50

Data de recolha (*): 10-05-2023

Tipo de mistura (*): AC20 Reg 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volumica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,482 Baridade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,408
Relatório de ensaio: BTM120/23 Relatório de ensaio: BTM118/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,7	62,3	BTM117/23

Porcentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 4,4 Baridade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 1,100
Relatório de ensaio: BTM114/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 12,6

Vazios do provete betuminoso - V_v (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ :	<u>3,0 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾ :	<u>76,4 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-6.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

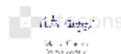
Realizado por: María Cacho

Data: 25-05-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mét. BTM 123/REG/1/VIA/03/2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-589 Calmota
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 238 79 89 49
d.mateus@itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 124/23

Data de emissão: 30-05-2023

**Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)**

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzeamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.ª Itecons: BTM021A/23.6

Local de recolha (*): a)

Ref.ª Externa (*): AC20 Reg 35/50

Data de recolha (*): 10-05-2023

Tipo de mistura (*): AC20 Reg 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volumétrica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,482 Bariedade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,418

Relatório de ensaio: BTM120/23

Relatório de ensaio: BTM118/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,6	62,8	BTM117/23

Porcentagem de betume da mistura, B (%)^(*)⁽³⁾: 4,4

Bariedade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽⁴⁾: 1,100

Relatório de ensaio: BTM114/23

Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁵⁾: 12,3

Vazios do provete betuminoso - V_3 (%) ⁽⁶⁾⁽³⁾	<u>2,6 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁶⁾	<u>78,6 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com o norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com o norma EN 12697-6.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

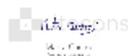
Realizado por: Maria Cachó

Data: 25-05-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM 19/RE/01.V14.03.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
Email: info@itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

12.2.2.3 Composição dos betões asfálticos – Desgaste



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 180/23

Data de emissão: 03/07/2023

Preparação de provetes de misturas betuminosas através do compactador de impacto (Método de ensaio: EN 12697-30:2018)

Dados relativos ao cliente:

Ciente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax: -

Tel.: 249 366 287

e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.ª Itecons: BTM026A/23

Ref.ª Externa(*): 1/2023

Local de recolha(**): -

Data de recolha(*): 31-05-2023

Tipo de mistura(*): AC14 Surf 35/50

Responsabilidade da amostragem(*): Ciente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local de realização do ensaio: Itecons

Resultados obtidos:

Referência dos provetes:	BTM026A/23.1	BTM026A/23.2	BTM026A/23.3	BTM026A/23.4
Tipo de compactador	Compactador de impacto com pedestal de madeira			
Número de pancadas	75			
Temperatura de compactação [°C]	165			
Condições de ensaio	N/A			
Número de provetes	4			
Método de fabrico da mistura	N/A			
Tamanho Amostra (**)	N/A			

Data do ensaio: 19/06/2023

Observações:

Tratando-se de um ensaio qualitativo, não há lugar à apresentação de incerteza.

Ensaio realizado por: Luis Nunes/Marta Cadho

Autoria técnica



Responsabilidade técnica



A Direção



Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada.

Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade.

(**) no caso de amostra ter sido recolhida em obra.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM00RE-01.V11.01.01.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLOGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, 571
3030-289 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 19
Contacto comercial: luis.nunes@itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 181/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação das dimensões de provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-29:2002)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249366287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.ª Itecons: BTM026A/23 Ref.ª Externa(*): 1/2023
Local de recolha(*): a) Data de recolha(*): 31-05-2023
Tipo de mistura(*): AC14 Surf 35/50 Local de realização do ensaio: Itecons

Responsabilidade da amostragem(*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Procedimento utilizado: Medição de provetes cilíndricos

Resultados obtidos:

		PROVETES			
		BTM026A/23.1	BTM026A/23.2	BTM026A/23.3	BTM026A/23.4
DIÂMETRO (mm)	Topo	101,7	101,6	101,7	101,7
	Centro	101,7	101,6	101,7	101,7
	Base	101,6	101,6	101,7	101,7
DIÂMETRO MÉDIO (mm) ⁽¹⁾		101,6 ± 0,1	101,6 ± 0,1	101,7 ± 0,1	101,7 ± 0,1
ESPESSURA / ALTURA (mm)		63,3	63,6	63,3	63,7
		63,3	63,7	63,3	63,6
		63,2	63,7	63,4	63,6
ESPESSURA / ALTURA MÉDIA (mm) ⁽²⁾		63,3 ± 0,1	63,6 ± 0,1	63,3 ± 0,1	63,6 ± 0,1

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k = 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.
(2) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k = 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Ensaio realizado por: Luís Nunes Data de ensaio: 20-06-2023

Autoria técnica

Responsabilidade Técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme reacionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM02/RE.01.V10.01.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3082-289 Loulém
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 79 89 46
itcons@itecons.ucp.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 182/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da baridade de provetes de misturas betuminosas
[Método de ensaio: EN 12807-8:2020 - Método B (Baridade saturada com superfície seca)]

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.ª Itecons: BTM026A/23 Ref.ª Externa(*): 1/2023
Tipo de mistura(*): AC14 Surf 35/50 Data de recolha(*): 31-05-2023

Local de recolha(*): -

Responsabilidade da amostragem(*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local de realização do ensaio: Itecons

Resultados obtidos:

		PROVETES			
		BTM026A/23.1	BTM026A/23.2	BTM026A/23.3	BTM026A/23.4
Massa seca do provete	g	1195,1	1207,0	1205,2	1207,0
Massa seca média		1203,6			
Baridade saturada com superfície seca	Mg/m ³	2,384	2,384	2,382	2,382
Baridade saturada com superfície seca média ⁽¹⁾		2,385 ± 0,008			
Espessura **	mm	-	-	-	-
Espessura média **		-			

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAQ-017, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k = 3,3, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a componente relativa à amostragem.

Observações:

Ensaio realizado por: Luis Nunes

Data do ensaio: 20-06-2023

Autoria técnica



Responsabilidade técnica



A Direção



Notas: **A preencher apenas quando for recolhido em obra.

Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme mencionada.

Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM.03.RE.02.V10.01.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro II, s/nº, 1ºº
3070-280 Coimbra
www.itecons.uc.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
whatsapp para o contacto noturno:
itecons@itecons.uc.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 183/23

Data de emissão: 03-07-2023

Ensaio de Marshall de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-34:2020)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax: — Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.º Itecons: BTM026A/23

Local de recolha(*): a)

Tipo de mistura(*): AC14 Surf 35/50

Ref.º Externa(*): 1/2023

Data de recolha(*): 31-05-2023

Responsabilidade da amostragem(*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local de realização do ensaio: Itecons

Resultados:

PROVETES	BTM026A/23.1	BTM026A/23.2	BTM026A/23.3	BTM026A/23.4
S _C - Estabilidade (kN)	19,8	22,5	21,9	21,5
S _{C média} (kN) ⁽¹⁾	21,4 ± 1,9			
F - Deformação (mm)	1,9	2,1	1,9	2,0
F _{média} (mm) ⁽¹⁾	2,0 ± 0,2			
F _T - Deformação tangencial (mm)	0,8	0,9	0,7	0,7
F _{T média} (mm) ⁽¹⁾	0,8 ± 0,2			
F _T - Deformação total (mm)	1,9	2,1	1,9	2,0
F _{T média} (mm) ⁽¹⁾	2,0 ± 0,2			
Quociente de Marshall (kN/mm)	10,5	10,8	11,6	11,0
Quociente de Marshall médio (kN/mm)	11,0			
Baridade média (Mg/m ³)	2,386			

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-017, está expressa pelo incertezas-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 3,3, para S_C, 2,1 para F, 2,1 para F_T e 2,1 para F_T, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Ensaios realizados por: Luís Nunes / Marta Cacho

Data do ensaio: 20-06-2023

Autoria técnica



Responsabilidade técnica



A Direção



Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada.

Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Met. BTM026/RE.01.V11.01.2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
E-mail: info@itecons.ucp.pt
itecons@itecons.ucp.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 184/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da massa volúmica máxima de misturas betuminosas
Método de ensaio: EN 12697-5:2018 (Método A)

Dados relativos ao cliente:

Ciente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax:

Tel.: 249 366 287

e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.º Itecons: BTM026A/23

Ref.º Externa(*): 01/2023

Local de recolha(*): a)

Data de recolha(*): 31-05-2023

Tipo de mistura(*): AC14 Surf 35/50

Responsabilidade da amostragem(*): Ciente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização do ensaio: Itecons

Resultados obtidos:

Procedimento Utilizado	Procedimento Volumétrico
Fluido de Imersão	Água degaseificada
Temperatura (°C)	29,9
Baridade máxima teórica (Mg/m ³) ⁽¹⁾	2,486 ± 0,001

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento LMO-011, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k=2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Data do ensaio: 19-06-2023

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Ensaio realizado por: Luis Nunes

Autoria técnica



Responsabilidade técnica



A Direção



Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM.05.RE.01.V10.01.2023

Pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, 5/n
2015-209 Coimbra
www.itecons.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
info@itecons.pt
itecons@itecons.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 185/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da percentagem de betume solúvel de misturas betuminosas
[Método de ensaio: EN 12697-1:2020 (Anexo B: B1.7)]

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere

Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.º Itecons: BTM026A/23

Ref.º Externa(*): 01/2023

Composição(*): -

Data de recolha(*): 31-05-2023

Solubilidade do betume (%)(*): -

Tipo de mistura(*): AC14 Surf 35/50

Local de recolha(*): Regulificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Responsabilidade da amostragem(*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local de realização do ensaio: Itecons

Nota: Não foi entregue certificado da amostra.

Resultados obtidos:

S - Percentagem de betume solúvel (%) ⁽¹⁾	5,0 ± 0,1
B - Percentagem de betume (%) ^(**)	-
T - Percentagem de betume insolúvel (%) ^(**)	-

- Extração de betume por centrifugação, com o equipamento AMB01, de acordo com a parte 1 do Anexo B da Norma de referência.
- Separação de finos da solução de betume com o equipamento AMB01, de acordo com a parte 2.1 do Anexo B, da Norma de referência.

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-017, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão $k = 2,0$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

Ensaio realizado por: Luis Nunes

Data e hora de início do ensaio: 15-06-2023 11:12

Data e hora do fim do ensaio: 15-06-2023 15:55

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada.
Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade.
O parâmetro assinalado com (**) encontra-se fora do âmbito de acreditação.
O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

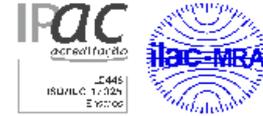
Met. BTM.18.RE.02.V18.12023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Ispano, s/n
3630-289 Coimbra
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 79 85 49
Informações e contacto: info@itecons.ucp.pt
itecons@itecons.ucp.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 186/23

Data de emissão: 03-07-2023

Análise granulométrica de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-2:2015+A1:2019)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249366287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa ensaiada:

Ref.º Itacons: BTM026A/23 Ref.º Externa (*): 01/2023
Dimensão máx. agregado (mm) (*): 14 Data de recolha (*): 31-05-2023
Tipo de mistura (*): AC14 Surf 35/50 Data de recepção: 07-06-2023
Procedimento: Lavagem e peneiração Séries de peneiros utilizadas: Série Base + Série Dois
Obra (*): Carregueiros, São Simão, Tomar

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.
Local de realização do ensaio: itecons

Massa seca total: $M_1 = 1,0890$ kg
Massa seca após lavagem: $M_2 = 1,0881$ kg
Massa seca dos finos removidos por lavagem: $M_1 - M_2 = 0,0009$ kg

Dimensão das aberturas do peneiro (mm)	Massa do material retido R_i (kg)	Percentagem do material retido $R_i/M_1 \times 100$ (%)	Percentagem cumulativa do material passado $100 - \sum (R_i/M_1 \times 100)$
63	-	-	-
40	-	-	-
31,5	-	-	-
20	-	-	-
16	-	-	100
14	0,0380	3 ± 1	97
12,5	0,0552	5 ± 1	91
10	0,0851	8 ± 1	84
8	0,0783	7 ± 1	76
6,3	0,0693	6 ± 1	70
4	0,1140	10 ± 1	60
2	0,2249	21 ± 1	39
1	0,1671	15 ± 1	24
0,5	0,0887	8 ± 1	15
0,25	0,0492	5 ± 1	11
0,125	0,0278	3 ± 1	8
0,063	0,0164	1,5 ± 0,1	—
P (<0,063)	0,0737		

% de finos que passa o peneiro de 63 µm ⁽¹⁾ $f = [(M_1 - M_2) + P] / M_1 \times 100 = 6,9 \pm 0,2$ %

Validação dos resultados: $[(M_2 - (ZR_1 + P)) / M_2] \times 100 = 0,04$ % (deve ser <1%)

(1) A Incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela Incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão $k = 2,1$, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A Incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Met. BTM17/RE.02.V12.02.2023

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
Tecnológico para a Construção, Energia,
Ambiente e Sustentabilidade

Rua Padre Ildefonso, s/n
1600-269 Coimbra
www.itecons.iut.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
itecons@itecons.iut.pt

pág. 1/2



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 187/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zézere

Fax: - Tel: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.ª Itecons: BTM026A/23.1

Local de recolha (*): a)

Ref.ª Externa (*): 1/2023

Data de recolha (*): 31-05-2023

Tipo de mistura (*): AC14 Surf 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volúmica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,486 Baridade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,384
Relatório de ensaio: BTM184/23 Relatório de ensaio: BTM182/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,6	63,6	BTM181/23

Porcentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 5,0 Baridade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽⁴⁾: 1,100

Relatório de ensaio: BTM185/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 14,9

Vazios do provete betuminoso - V_v (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ : <u>4,1 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾ : <u>72,7 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-6.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

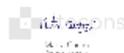
Realizado por: Marta Cacho

Data: 29-06-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Disponibilidade validada

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme mencionada.
Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade.
O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mét. BTM 18/RE01/14/03/2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

E.Ja. Pereira, Espano, s/n
3030-509 Calmota
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
E-mail: pte@itecons.ucp.pt
itecons@itecons.ucp.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 188/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.

Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zézere

Fax: - Tel: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.ª Itecons: BTM026A/23.2

Local de recolha (*): a)

Ref.ª Externa (*): 1/2023

Data de recolha (*): 31-05-2023

Tipo de mistura (*): AC14 Surf 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volúmica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,486 Baridade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,384
Relatório de ensaio: BTM184/23 Relatório de ensaio: BTM182/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,6	63,6	BTM181/23

Porcentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 5,0 Baridade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽⁴⁾: 1,100

Relatório de ensaio: BTM185/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 14,9

Vazios do provete betuminoso - V_v (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ : <u>4,1 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾ : <u>72,7 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-6.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

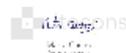
Realizado por: Marta Cacho

Data: 29-06-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Disponibilidade validada

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme mencionada.
Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade.
O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mét. BTM 18/RE01/14/03/2023

pág. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

EJA, Pz. Espano, s/n
3030-509 Calmota
www.itecons.ucp.pt

Tel: (+351) 239 79 89 49
E-mail: pte@itecons.ucp.pt
itecons@itecons.ucp.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 189/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-6:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Aguas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.ª Itecons: BTM026A/23.3 Local de recolha (*): a)
Ref.ª Externa (*): 1/2023 Data de recolha (*): 31-05-2023
Tipo de mistura (*): AC14 Surf 35/50
Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.
Local da realização dos ensaios: Itecons

Resultados obtidos:

Massa volúmica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,486 Bariedade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,392
Relatório de ensaio: BTM184/23 Relatório de ensaio: BTM182/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,7	63,3	BTM181/23

Percentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 5,0 Bariedade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 1,100
Relatório de ensaio: BTM185/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 14,7

Vazios do provete betuminoso - V_v (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ :	<u>3,8 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ :	<u>74,0 ± 0,9</u>

- (1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5. (2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-6. (3) em massa (4) em volume
(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.
(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

Realizado por: Maria Cacho Data: 29-06-2023
Autoria técnica Responsabilidade técnica A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada.
Os dados assinalados com (*) forem fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade.
O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM 19/RE.01.V14.03.2023

pag. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Fed.º Hispano, 6m
3090-295 Coimbra
www.itecons.pt

Tel. (+351) 235 75 85 45
ITECONS@itecons.pt
iteco@itecons.pt



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 190/23

Data de emissão: 03-07-2023

Determinação da composição volumétrica dos provetes de misturas betuminosas
(Método de ensaio: EN 12697-8:2018)

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zêzere
Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à amostra:

Ref.ª Itacons: BTM026A/23.4 Local de recolha (*): a)
Ref.ª Externa (*): 1/2023 Data de recolha (*): 31-05-2023
Tipo de mistura (*): AC14 Surf 35/50

Identificação da presença de adjuvantes (*): Não

Responsabilidade da amostragem (*): Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

Local da realização dos ensaios: itecons

Resultados obtidos:

Massa volumica máxima, ρ_m (Mg/m³)⁽¹⁾: 2,486 Baridade, ρ_b (Mg/m³)⁽²⁾: 2,382
Relatório de ensaio: BTM184/23 Relatório de ensaio: BTM182/23

Dimensões do provete (mm)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Relatório de ensaio
	101,7	63,6	BTM181/23

Porcentagem de betume da mistura, B (%)⁽³⁾: 5,0 Baridade do betume, ρ_b (Mg/m³)⁽⁴⁾: 1,100
Relatório de ensaio: BTM185/23 Vazios da mistura de agregado, VMA (%)⁽⁴⁾: 15,0

Vazios do provete betuminoso - V_v (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ :	<u>4,2 ± 1,0</u>
Vazios da mistura de agregado preenchidos com betume - VFB (%) ⁽⁴⁾⁽⁶⁾ :	<u>72,2 ± 0,9</u>

(1) Determinada de acordo com a norma EN 12697-5.

(2) Determinada de acordo com a norma EN 12697-6.

(3) em massa

(4) em volume

(5) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,1, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

(6) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,0, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, Tomar

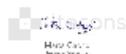
Realizado por: Marta Cacho

Data: 29-06-2023

Autoria técnica

Responsabilidade técnica

A Direção



Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com (*) foram fornecidos pelo cliente e são de sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

Mod. BTM 19/RE-01 V14.03.2023

pag. 1/1

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
www.itecons.ucp.pt

Tel.: (+351) 239 75 83 45
Avenida Maria Adelaide Maciel
itecons@itecons.ucp.pt

12.2.2.4 Verificação de espessura das camadas – Carotagem



Relatório de Ensaio

Relatório nº BTM 179/23

Data de emissão: 29-06-2023

Determinação da espessura de pavimentos betuminosos de misturas betuminosas
[Método de ensaio: EN 12697-36:2003 (Procedimento 4.1)]

Dados relativos ao cliente:

Cliente: Construções ViasManso, Lda.
Endereço: Cruzamento da Ponte de Tabuado, Águas Belas | 2240-029 Ferreira do Zézeze
Fax: - Tel.: 249 366 287 e-mail: construcoesviasmanso@hotmail.com

Dados relativos à mistura betuminosa:

Ref.º Itecons: BTM032A/23 Data de recolha: 21-06-2023
Ref.º Extrema: 1, 2, 3 e 4 Local de recolha: a)
Diâmetro da coroa (mm): 150 mm Tipo de mistura: -

Responsabilidade da amostragem*: Cliente. A amostragem efetuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.
Local de realização do ensaio: Itecons

Resultados obtidos:

Procedimento: Procedimento destrutivo

Espessura média de cada camada (mm)

BTM032A/23.1			BTM032A/23.2		
Camada	t _i (1)		Camada	t _i (1)	
1	43 ± 1		1	34 ± 1	
2	70 ± 1		2	77 ± 1	
3	-		3	-	
4	-		4	-	
5	-		5	-	
6	-		6	-	
t (mm): 113			t (mm): 111		

BTM032A/23.3			BTM032A/23.4		
Camada	t _i (1)		Camada	t _i (1)	
1	33 ± 1		1	55 ± 1	
2	42 ± 1		2	79 ± 1	
3	-		3	58 ± 1	
4	-		4	-	
5	-		5	-	
6	-		6	-	
t (mm): 75			t (mm): 192		

t_i - Espessura média de cada camada (mm) t - Espessura total da coroa (mm) Nota: As camadas são numeradas a partir do topo da coroa.

(1) A incerteza de medição expandida, apresentada de acordo com o documento ILAC-G17, está expressa pela incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de expansão k de 2,2, o qual, para uma distribuição normal, corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95%. A incerteza de medição expandida não inclui a etapa relativa à amostragem.

Observações:

a) Requalificação da EM 525, troço entre a EN 113 e S. Simão, em Tomar

Ensaio realizado por: Luis Nunes Data do ensaio: 26-06-2023

Autoria técnica Responsabilidade técnica A Direção



Documento validado

Notas: Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos itens ensaiados e aplicam-se à amostra conforme rececionada. Os dados assinalados com * foram fornecidos pelo cliente e são da sua inteira responsabilidade. O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto no íntegro, sem o acordo escrito do Itecons.

Met. BTM. V.016.01.V12.02.2023

pág. 1/1

13 FOTOGRAFIAS DE OBRA

13.1 EMPREITADA DE OBRA PÚBLICA – LOCALIDADE DE VALE DO ROXO

13.1.1 Registo fotográfico da obra

13.1.1.1 Antes do início dos trabalhos



13.1.1.2 No decorrer dos trabalhos

13.1.1.2.1 Acompanhamento Técnico de Obra

Movimento de terras - Preparação da fundação da via rodoviária, taludes, bermas e valetas







Movimento de terras – Construção de base de pavimento







Pavimentação betuminosa – Construção de sub-base de pavimento





Pavimentação betuminosa – Construção camada de desgaste



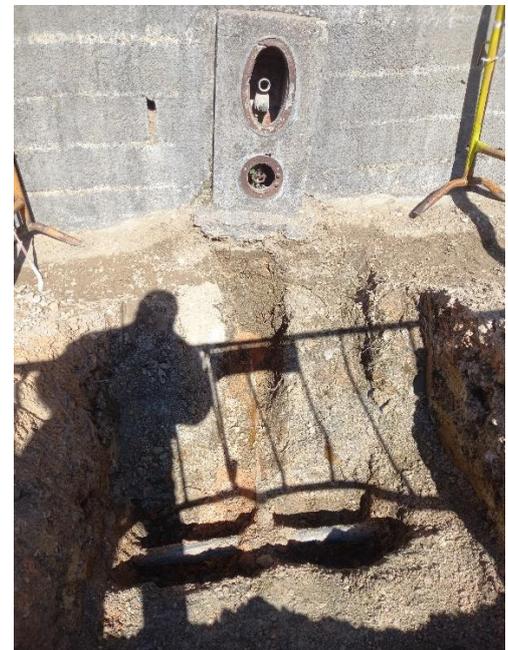


Construção civil – Drenagem das águas pluviais





Construção civil – Reabilitação de infraestruturas existentes







13.1.1.3 Após conclusão dos trabalhos







13.2 EMPREITADA DE OBRA PÚBLICA – LOCALIDADE DE SÃO SIMÃO

13.2.1 Registo fotográfico da obra

13.2.1.1 Antes do início dos trabalhos





13.2.1.2 No decorrer dos trabalhos

13.2.1.2.1 Acompanhamento Técnico de Obra

Movimento de terras - Preparação da fundação da via rodoviária, taludes, bermas e valetas





Movimento de terras – Construção de base de pavimento





Pavimentação betuminosa – Construção de sub-base de pavimento





Pavimentação betuminosa – Construção camada de desgaste





Construção civil – Drenagem das águas pluviais





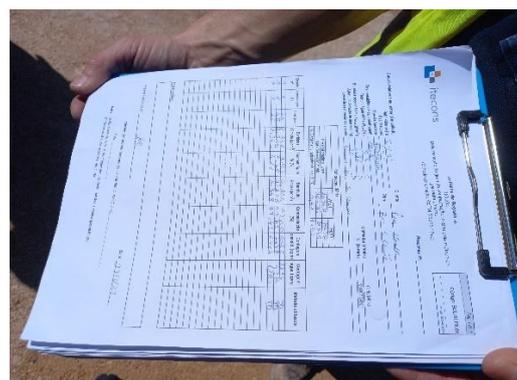
Construção civil – Reabilitação de infraestruturas existentes



13.2.1.2.2 Ensaios de Controlo de Qualidade

13.2.1.2.2.1 Ensaio de Compactação – Gama densímetro

Camada Sub – Base



13.2.1.2.2 Ensaio de Controlo do Betão Betuminoso – Camada base

Em obra



13.2.1.2.3 Ensaio de Controlo de Betão Betuminoso – Camada de Desgaste

Na central de produção





13.2.1.2.2.4 Ensaio de Contro da Espessura de Camadas Betuminosas – Base e Desgaste





13.2.1.2.2.5 Ensaio de Caracterização de Solos – Carga Poluente



13.2.1.3 Após conclusão dos trabalhos (por construir a sinalização horizontal e vertical)







13.3 CENTRAL DE PRODUÇÃO DE BETÃO BETUMINOSO

13.3.1 Registo fotográfico da obra

13.3.1.1 Zona A – Britagem de Inertes



13.3.1.2 Zona B – Armazém de Inertes



13.3.1.3 Zona C – Mistura de Inertes



13.3.1.4 Zona D – Secagem de Inertes



13.3.1.5 Zona E – Armazém do Betume



13.3.1.6 Zona F – Fabrico do Betão



13.3.1.7 Zona G – Saída do Betão para Obra e Controlo de Qualidade





13.3.1.8 Zona H – Comando Central da Fábrica



