

3.3 AGREGADOS – CLASSIFICAÇÃO

3.3.1 INTRODUÇÃO

- **DEFINIÇÃO**

Partículas minerais granulares que combinadas com outros tipos de materiais cimentados (ligantes, aglomerantes) formam concretos (CCP ou CBUQ) ou isoladamente formam bases e sub-bases (areia, pedras britadas, pedregulho e outros).

- **APLICAÇÕES**

- Revestimentos (CCP, CBUQ, Blocos de Concretos).
- Bases, sub-bases e reforço (Camadas Granulares).

- **FUNÇÕES**

- Estabilidade mecânica dos revestimentos
- Resiste à abrasão superficial
- Suporta as tensões solicitantes do tráfego e as transmite as camadas inferiores de forma atenuada.

3.3.2 CLASSIFICAÇÃO

3.3.2.1 AGREGADOS NATURAIS

Aplicados da maneira como são extraídos da natureza.

(A) SAIBROS

- Solos saprolíticos arenosos de bom comportamento originados in situ (cor variável)
- Vestígios da rocha matriz = f (rocha de origem, grau de intemperismo).
 - Rochas silicosas $\Rightarrow$ Arenito, Quartzito (amarelados).
 - Rochas argilosas $\Rightarrow$ Folhelho, Xisto, Filito (avermelhados).
- Características: pequenos volumes e contaminação heterogeneidade

(B) ALTERAÇÕES DE ROCHA

- Material granular formado por rocha alterada ou fraturada (depósitos, residuais).
- Resistência variável = f (rocha original, grau de alteração, intensidade de fraturamento)
 - Alteração de granito (Moledo) $\Rightarrow$ finos siltosos / arenosos
 - Alteração de calcário $\Rightarrow$ finos siltosos / argilosos
 - Alteração de basalto $\Rightarrow$ finos siltosos / argilosos
- Principal parâmetro - qualidade dos finos.

(C) AREIAS ($0,05\text{mm} < \varnothing \text{AREIA} < 4,8\text{mm}$)

- Depósitos residuais (decomposição da rocha)
 - Pouca frequência e quantidade
 - Geralmente contém impurezas (areia de barranco)
- Depósitos aluviais (transportado fluvial ou marítimo)
 - Encontrados em várzeas e leitos de rios (aluvião)
 - Maior volume e melhor qualidade

(D) CASCALHOS OU PEDREGULHOS ($\varnothing > 4,8\text{mm}$)

- Cascalheira de rio
- Terraço aluvionar
- Linha de seixos

(E) LATERITAS

- Materiais consolidados de elevada resistência mecânica e cor avermelhada, ocorrentes em regiões quentes e úmidas, tropicais ou subtropicais.
- Forma = f (grau de intemperismo químico)
 - Forma maciça de grandes dimensões (rocha de origem secundária).
 - Forma de materiais granulares (cascalhos, lateríticos).

3.3.2.2 AGREGADOS ARTIFICIAIS

(A) PEDRA BRITADA

Propriedades dependem da rocha matriz (composição, granulação, textura).

- ROCHAS ÍGNEAS:
 - Formadas pelo resfriamento e cristalização da rocha fundida (magma)
 - Granulação grossa → esfriamento lento (GRANITO)
 - Granulação fina → esfriamento mais rápido (BASALTO)
 - Muita variação de granulação, textura e densidade.
 - Rocha Ácida → alto teor de sílica (má adesividade)

GRANULAÇÃO	ÁCIDAS	INTERMEDIÁRIAS	BÁSICAS	
Grossa (Plutônica)	GRANITO	Diorito	Gabro	+ Friável
Média (Hipoabissal)	Granófilo	Pórfiro	DIABÁSIO	↑
Fina (Vulcânica)	Riolito	Andesito	BASALTO	- Friável
	Cor Clara	→	Cor Escura	
	Densidade Baixa	→	Densidade Alta	

- ROCHAS SEDIMENTARES
 - Intemperismo por decomposição química e transporte
 - Origem a minerais mais simples de estrutura estratificada
 - o Calcários (solúveis em água)
 - o Silicosos (arenosas)
 - o Argilosos (muitos finos)

TIPO		COMENTÁRIOS
CALCÁREAS	Calcítico	Mais moles que rochas ígneas $\gamma = 2,65$ a $2,75$, cor clara, boa resistência, Boa adesão aos ligantes
	Dolomito	Mais forte ($2,70 - 2,80$)
	Greda	Muito mole
SILICOSAS	Arenito (siltito)	Estrutura laminar $\gamma = 2,60 - 2,75$, pior adesão do que os calcários
	Quartzito	Muito duro, adesão variável.
	Silex Calcedônia	Muito duro
ARGILOSAS	Folhelho Lutito	Inadequado para pavimentação

- ROCHAS METAMÓRFICAS
 - Movimentos da crosta terrestre que submetem as rochas a enorme pressões
 - Modificadas pelo calor → rocha mais dura que a original
 - o Arenitos → Quartzitos
 - o Calcários → Mármore
 - Modificadas pela pressão → rocha com características semelhantes a original
 - o Granitos → **GNAISS**

(B) ESCÓRIA DE ALTO FORNO

- Sub-produto não metálico das fornalhas de fundição
- Constituído por aluminatos e silicatos
- Material mais variável que a rocha natural

3.4 AGREGADOS – PROPRIEDADES E ENSAIOS

3.4.2 GRANULOMETRIA

- CURVAS GRANULOMÉTRICAS
 - Contínuas – presença de todas as frações de maneira proporcional (sem degraus)
 - Descontínuas – ocorrência de descontinuidade ou falta de certa porção

- **GRANULOMETRIAS CONTÍNUAS**

- Atendimento a “Curva de Talbot”, em que os grãos menores preenchem os vazios entre os grãos maiores.

$$p = 100 (d / D)^n$$

p = % passa na # de diâmetro d

D = $\phi_{\text{MÁX}}$

n = índice empírico

- **CLASSIFICAÇÃO DAS CURVAS CONTÍNUAS**

- o Graduação aberta

- Bem graduado / sem finos
 - Percentual de vazios > 30%
 - $n > 0,6$

- o Graduação densa

- Bem graduado / quantidade suficiente de finos
 - Baixo percentual de vazios
 - $0,4 < n < 0,6$
 - “Resistência”

- o Graduação uniforme

- Mau graduado / diâmetro máximo e mínimo muito próximos
 - Elevado percentual de vazios
 - $n < 0,4$
 - “Permeabilidade”

3.4.3 DURABILIDADE

- Verificação da estabilidade da distribuição granulométrica quando submetido aos esforços (equipamentos, tráfego, intempéries).

3.4.3.1 ABRASÃO

- Ensaio de abrasão Los Angeles
- Simula a ação do tráfego e do atrito entre os grãos pela ação abrasiva e impacto de esferas metálicas.
- Desgaste Los Angeles (DLA)

$$DLA = (P_i - P_f) / P_i$$

P_i = 5 kg retido na # nº 8

P_f = mat. retido na # nº 12 após 500 rotações ($v = 33 \text{ rpm}$)

- Bases – $DLA \leq 50\%$

- Revestimentos - DLA $\leq 40\%$

3.4.3.2 SANIDADE

- Ensaio de Durabilidade ou *Soundness Test*
- Simula a ação das intempéries (importante para materiais basálticos) pela desintegração do agregado (passando na # 9,5 mm) após 5 ciclos de molhagem e secagem em sulfato (sódio ou magnésio)
- PERDA $\leq 12\%$

3.4.3.3 ADESIVIDADE

- Ensaio de Adesividade
- Simula a resistência do agregado em manter a película betuminosa e a capacidade de adsorção pela imersão em água aquecida por 24 horas
- Materiais ácidos (granito) $\Rightarrow$ HIDROFÍLICOS – não têm boa adesividade com água
- Materiais básicos (granito) $\Rightarrow$ HIDROFÓBICOS - têm boa adesividade com água
- Corretivos de adesividade
 - o Sólidos
 - Cal hidratada
 - Pós calcáreos
 - Cimento Portland
 - o Líquidos
 - Alcatrões (10%)
 - Dopes a base de amina (0,5 a 2,5%)

3.4.3.4 POLIMENTO

- Máquina Dorry (CPA) ou Pêndulo Britânico (VRD)
- Simula a resistência do agregado ao polimento pela ação do tráfego (revestimentos)
- Avaliam a textura superficial do agregado – Microtextura
- Importante para a resistência à derrapagem em pista seca e baixas velocidades

3.4.3.5 IMPACTO

- Ensaio de Tenacidade Treton
- Simula a resistência ao impacto (choque) quando submetido a golpes de soquete em um cilindro
- Importante para aeroportos

3.4.3.6 ESMAGAMENTO

- Simula a resistência a ação de cargas estáticas quando submetido a pressão de um êmbolo em um cilindro

- Importante para áreas de estacionamento

3.4.4 DENSIDADE

- Importante para ajuste na quantidade de agregados e teor de vazios na mistura
- Densidade Real (γ_R) = P / V_S
 V_S = volume de sólidos, exclusive os vazios permeáveis à água
- Densidade Aparente (γ_A) = $P / (V_S + V_P)$
 V_P = volume da parte porosa, inclusive os vazios permeáveis à água
- Densidade Efetiva (γ_E) = $P / (V_S + V_A)$
 V_A = volume da parte permeável ao asfalto < V_P
- $\gamma_R > \gamma_E > \gamma_A$

3.4.5 FORMA

- Importante para avaliar indiretamente o contato entre grãos e a resistência ao cisalhamento
- Formas
 - Agregados Cúbicos – preferíveis
 - Agregados Lamelares – indesejáveis (Relação $a/b > 6$)
- Ensaio de Cubicidade – determinação do Índice de Forma (f)
 - $f = 1,0$ – Agregado cúbico (calcáreo)
 - $f = 0,0$ – Agregado lamelar (basalto)
- Norma – $f > 0,5$

3.4.6 IMPUREZAS

- Verificar a proporção de impurezas em agregados miúdos (silte, argila e pó fino)
- Ensaio de Equivalente de Areia - $EA > 30$