

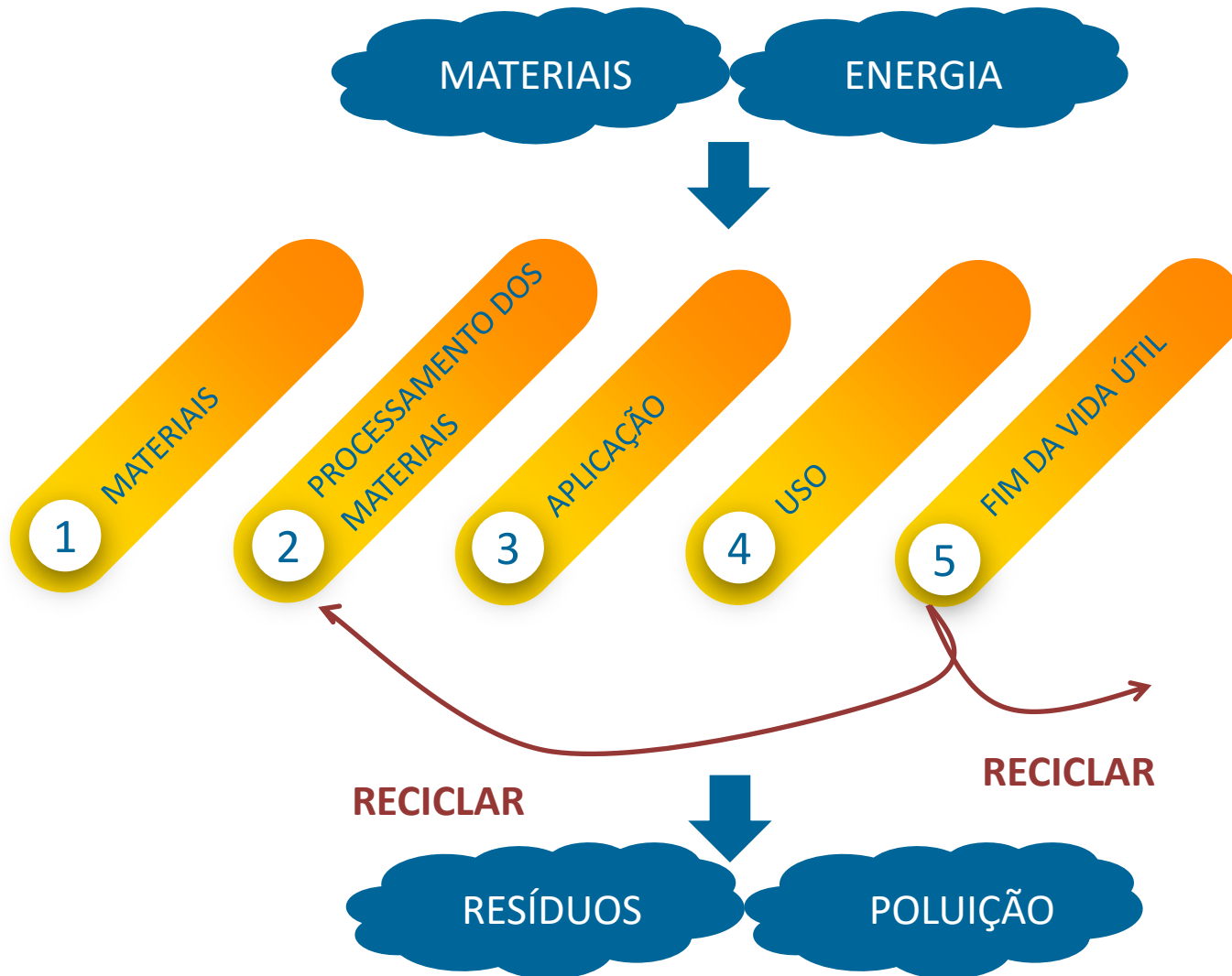


PTR 3322 – PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

**RECICLAGEM DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS**

13/05/2022

INTRODUÇÃO (Ciclo de vida dos pavimentos)



ANTES DA RECICLAGEM...

TRINCAMENTO POR
FADIGA



DEFORMAÇÃO
PERMANENTE



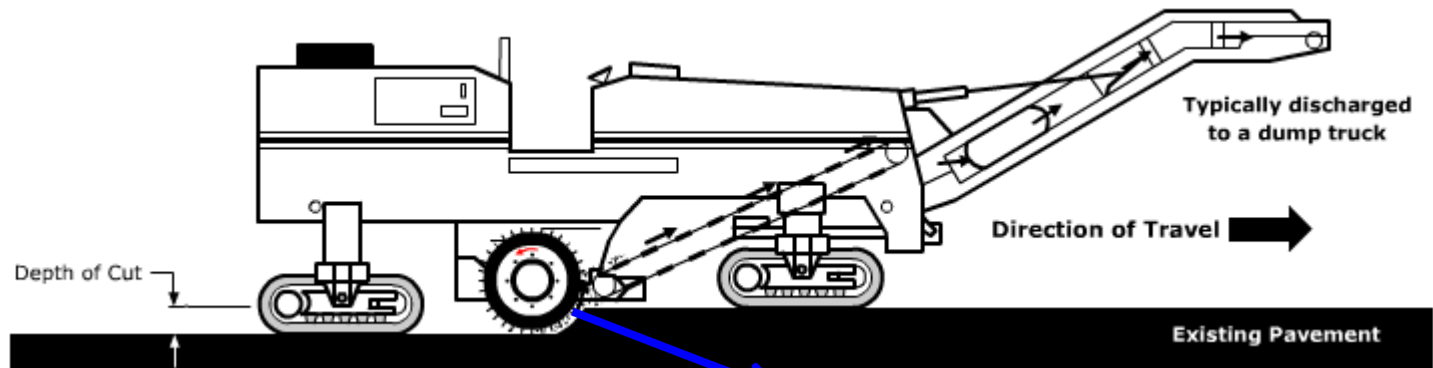
EXSUDAÇÃO



QUANTO PRECISA SER
RETIRADO/RESTAURADO?

INTRODUÇÃO (Fresagem)

FRESAGEM



**REUTILIZAÇÃO DO MATERIAL
ASFÁLTICO ENVELHECIDO**



INTRODUÇÃO (RAP)

RAP

Reclaimed Asphalt Pavement

A FRESAGEM é a principal fonte para obtenção do RAP.

Fonte: West, 2015.

Todos os dias, centenas de metros cúbicos de material fresado são gerados em todo o Brasil.

Fonte: Bonfim, 2013.

Somente na cidade de São Paulo são gerados em torno de 40 mil toneladas de RAP todos os meses.

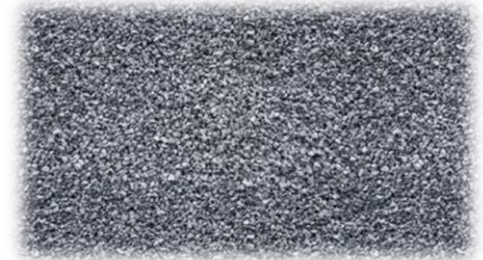
Fonte: Suzuki e Bonfim, 2017.

Fonte: O Autor, 2017.



RECICLAGEM A QUENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS

MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS A QUENTE



DOSAGEM DE MISTURAS RECICLADAS

Baixos teores
de RAP

Altos teores
de RAP



- Granulometria
- Teor de asfalto

- **Propriedades do asfalto**
- Tipo e dosagem do agente rejuvenecedor

EUA

- **RAP < 15%** → Não é necessária nenhuma mudança na classificação PG;
- **15% ≤ RAP ≤ 25%** → Selecionar o ligante virgem um grau de desempenho menor que o projeto inicial;
- **RAP > 25%** → Seguir recomendações dos *blending charts*.

EUROPA

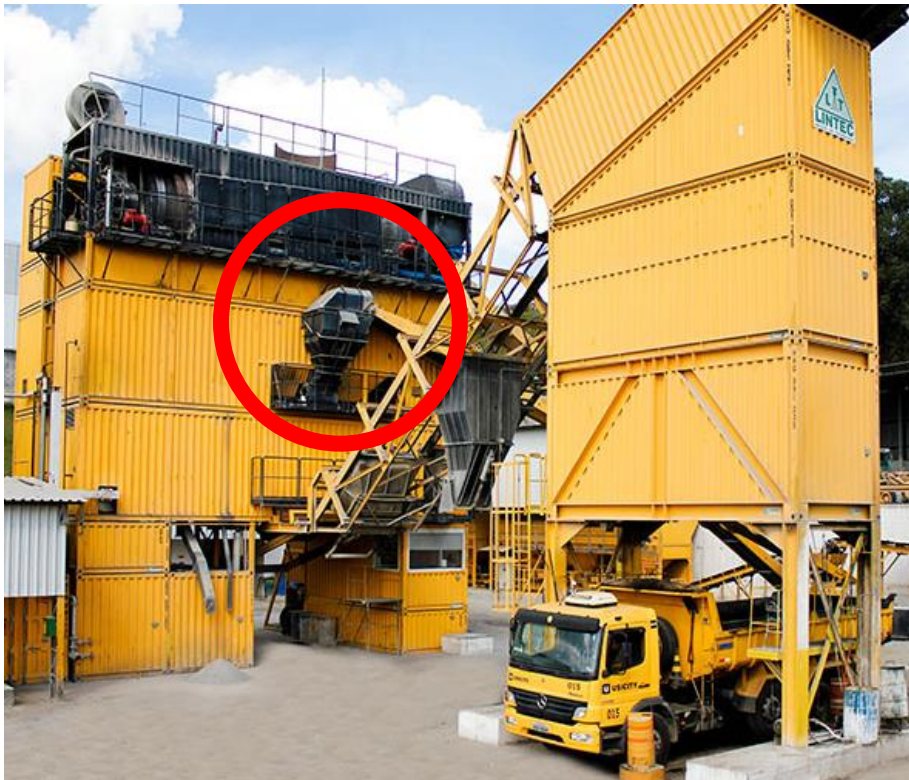
- Penetração;
- Ponto de amolecimento.

ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS NA USINA DE ASFALTO

- Usina gravimétrica (**baixo teor de RAP $\leq 25\%$**)
- Entrada no misturador



Adição de **AGENTE DE RECICLAGEM (AR)** na linha de ligante



CORREIA TRANSPORTADORA DE MATERIAL RECICLADO

COMPORTAMENTO MECÂNICO

?

Resistência à tração



Resistência à deformação permanente



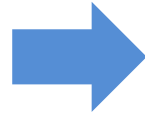
Rigidez

?

Vida de fadiga

Fonte: Suzuki (2019)

BIOLIGANTES



Biomassa

Óleos vegetais

Dejetos suínos

Microalgas

Resíduos de madeira

Resíduos de óleo de cozinha



Podem ser adicionados:

- Diretamente como ligante novo
- Como agente de reciclagem - modificador do ligante asfáltico novo

Reduz o **consumo** do ligante asfáltico e permite aumentar as **proporções do RAP** na mistura

BIOLIGANTES + **RAP** → **DURABILIDADE?**

INCERTEZAS!

- ❖ Variabilidade do material
- ❖ Diversidade da fonte
- ❖ Efeito do envelhecimento
- ❖ Susceptibilidade à água
- ❖ Variabilidade do material
- ❖ Características do ligante recuperado
- ❖ Grau de ativação
- ❖ Interação com o ligante novo

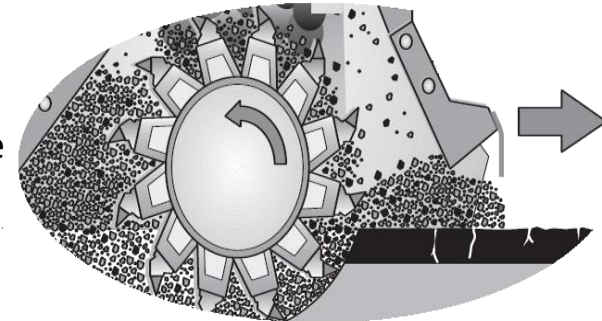
MÚTIPLAS RECICLAGENS

O QUE É?

DETERIORAÇÃO DO PAVIMENTO



FRESAGEM DA CAMADA DANIFICADA PARA RECONSTRUÇÃO



MÚTIPLAS RECICLAGENS

Quando este ciclo se repete para o mesmo material, onde os materiais da primeira mistura são reciclados mais de uma vez

PRODUÇÃO MISTURA RECICLADA



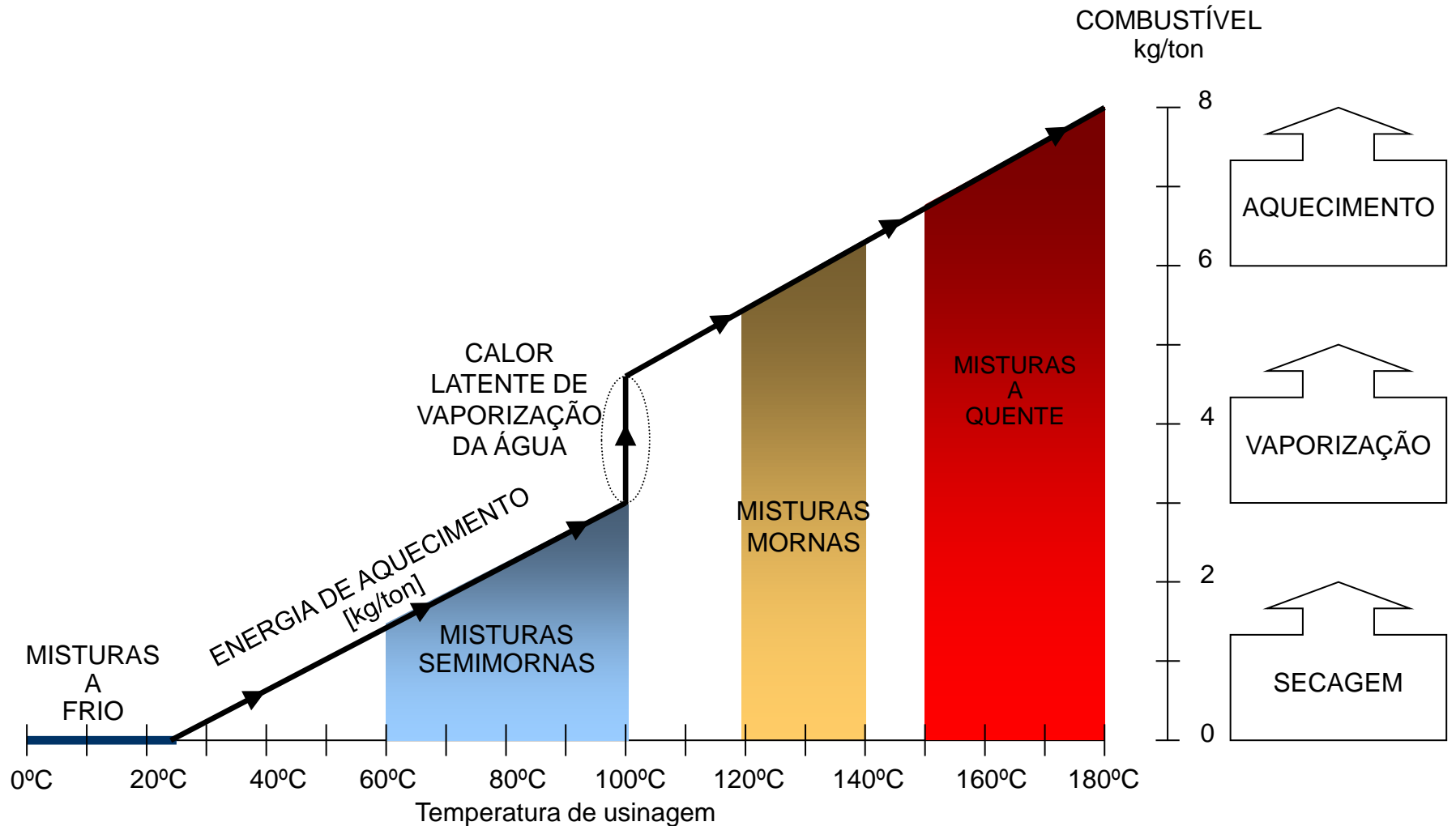
CONSTRUÇÃO/RECONSTRUÇÃO





RECICLAGEM MORNHA DE MISTURAS ASFÁLTICAS

MISTURA ASFÁLTICA MORNA



COMBINAÇÃO DAS DUAS TÉCNICAS

Economia de Recursos



Economia de Energia





**É PRECISO QUE HAJA CALOR
SUFICIENTE PARA ATIVAR O LIGANTE
ASFÁLTICO DO MATERIAL FRESADO**



RECICLAGEM A FRIO DE MISTURAS ASFÁLTICAS

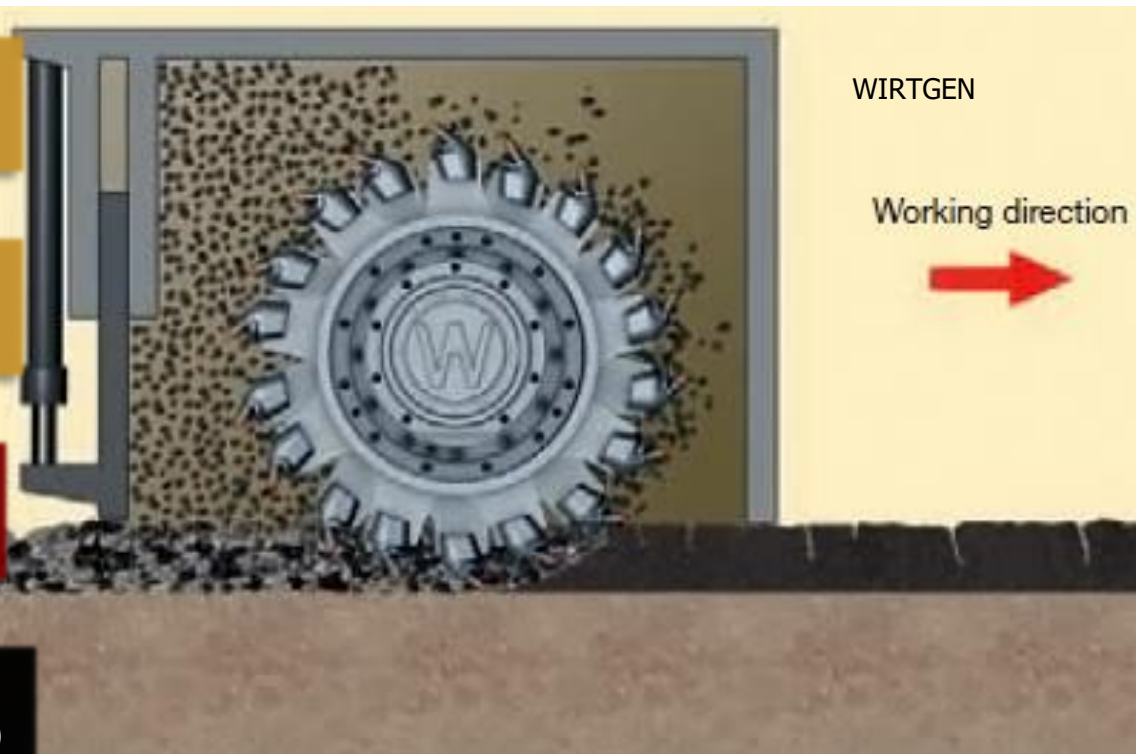
MISTURA ASFÁLTICA RECICLADA A FRIO

**PROFUNDIDADE VARIÁVEL
USUALMENTE > 200mm**

**FRESADO (RAP) É INCOPORADO
A NOVA MISTURA**

**NOVA MISTURA ESTABILIZADA
POR EMULSÃO OU ESPUMA**

**ADITIVOS: CIMENTO, CAL, CINZA
VOLANTE, ESCÓRIA DE ALTO-FORNO
MOÍDA; ESTABILIZAÇÃO
GRANULOMÉTRICA, ETC.**



FRESADO PODE CONTER:

CONCRETO ASFÁLTICO

MATERIAIS CIMENTÍCIOS

BASES GRANULARES

OUTROS

MISTURA ASFÁLTICA RECICLADA A FRIO

COLLINGS et al. (2020)



**SÃO EMPREGADAS COM BASE
OU SUB-BASE**

**RECEBEM CAMADA DE
REVESTIMENTO ASFÁLTICO**

**PARA PROTEÇÃO MECÂNICA E
IMPERMEABILIZAÇÃO**

MISTURA ASFÁLTICA RECICLADA A FRIO

A FRIO?

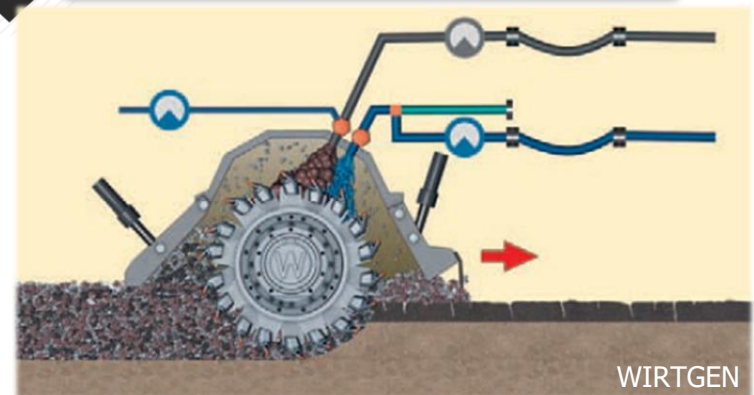


AUSÊNCIA DE AQUECIMENTO

MISTURA

EM USINA

IN LOCO



MISTURA ASFÁLTICA RECICLADA A FRIO

ESTABILIZANTE ASFÁLTICO

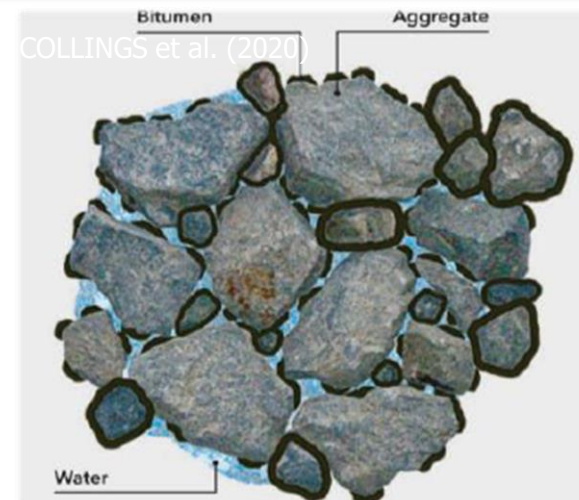


EMULSÃO ASFÁTICA



ASFALTO ESPUMADO

**TEOR RESIDUAL DE
LIGANTE ASFÁLTICO
USUAL
2,0%**

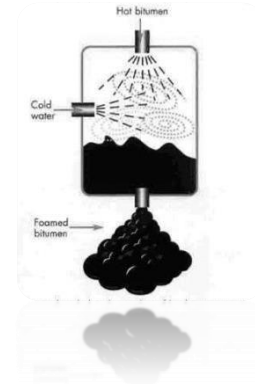
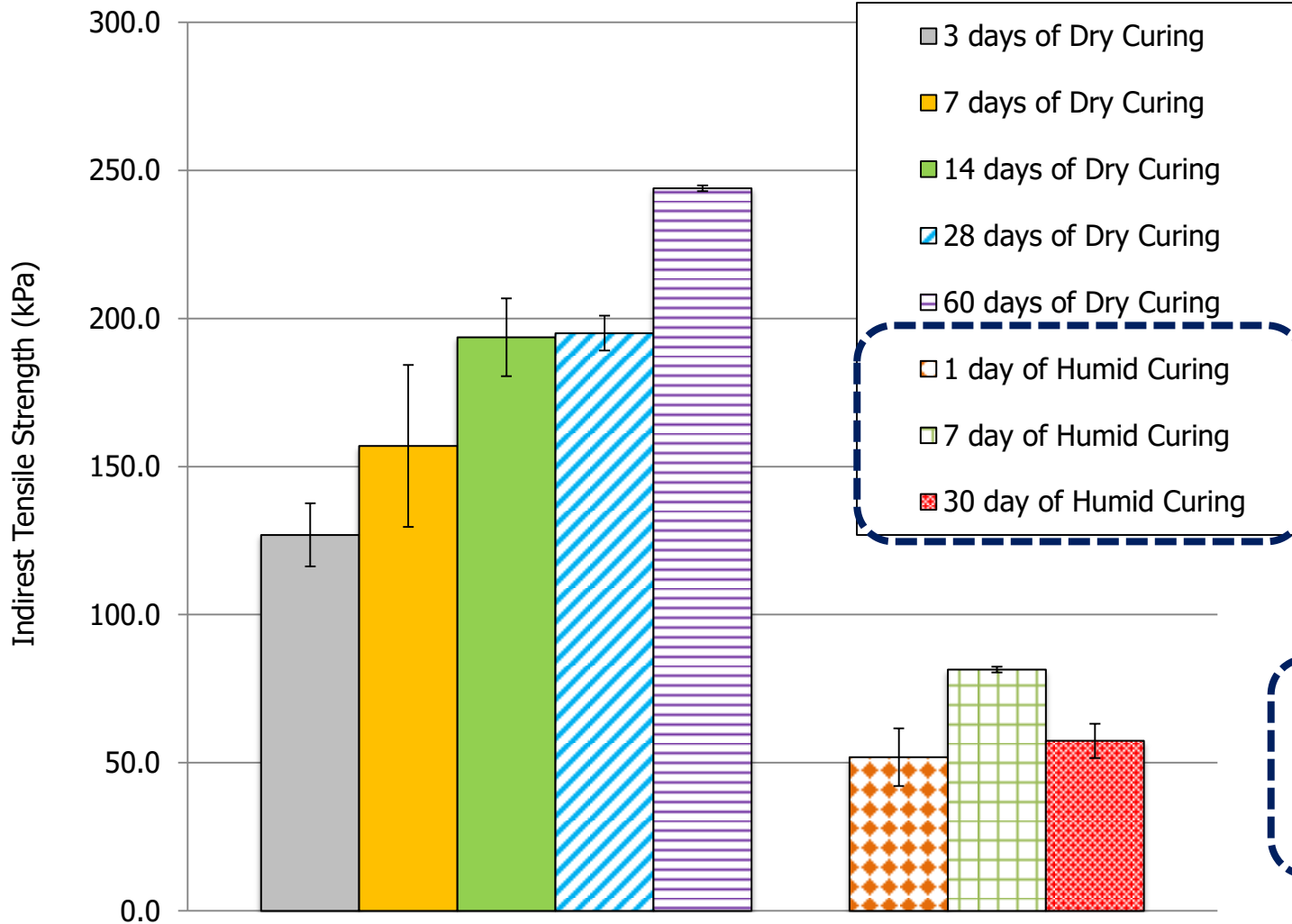




**EXISTE UMA GRANDE DIFERENÇA NO
COMPORTAMENTO MECÂNICO DE
MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS A
FRIO A DEPENDER DE SUA
COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA INTERNA**

**AS MISTURAS RECICLADAS A
FRIO PASSAM POR UM
PROCESSO DE CURA APÓS SUA
PREPARAÇÃO**

CURA (LABORATÓRIO)




**AMOSTRAS
MANTIDAS EM
SACOS VEDADOS**


Guatimosim (2015)



CONSIDERAÇÕES FINAIS



**USAR MATERIAL
RECICLADO NÃO
SUBENTENDE-SE ESTAR
SENDO SUSTENTÁVEL**



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

