

**PREFEITURA DE SÃO PAULO**



**“Inovações na Pavimentação Urbana  
Perspectivas”**

**Reciclagem de resíduos de construção e material fresado de revestimentos asfálticos deteriorados para a pavimentação sustentável**

**Equipe Técnica do Laboratório de Tecnologia de Pavimentação**  
**Profa. Dra. Liedi Bernucci**  
**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**

- **Agravante: disposição irregular**
- **É um material nobre, que já consumiu energia para ser produzido e que NÃO pode ser jogado fora. Tem qualidades técnicas que podem ser exploradas**

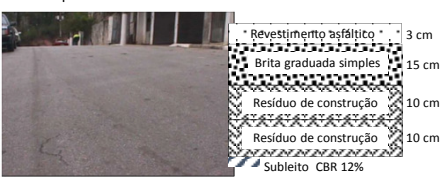


**UM POUCO DE HISTÓRIA.....**

**1984: 1ª experiência com acompanhamento tecnológico em SP**

Parceria entre Prefeitura de SP e IPT

- Via de baixo volume de tráfego em SP
- Desempenho foi considerado bom




\* Revestimento asfáltico \* 3 cm  
 Brita graduada simples 15 cm  
 Resíduo de construção 10 cm  
 Resíduo de construção 10 cm  
 Subleito CBR 12%

**UM POUCO DE HISTÓRIA.....**

**2003: Especificação Técnica de Serviço da Prefeitura de SP PMSP ETS – 001/2003**  
**Com a participação da POLI-USP**

**NBR15116 de 08/2004 – ABNT**  
**Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos**  
**Com a participação da POLI-USP**



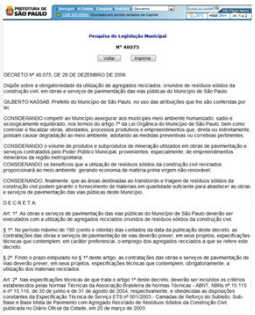
**UM POUCO DE HISTÓRIA.....**

**Decreto nº 48.075/2006**  
**Uso de agregados em obras públicas municipais**  
[www.prefeitura.sp.gov.br](http://www.prefeitura.sp.gov.br)

**Em 2012 foram 20,1 mil toneladas por dia de resíduos sólidos**

**1/4 a 1/3 resíduos de construção e demolição**

**Em 2014, R\$2 bilhões para gestão de resíduos sólidos**



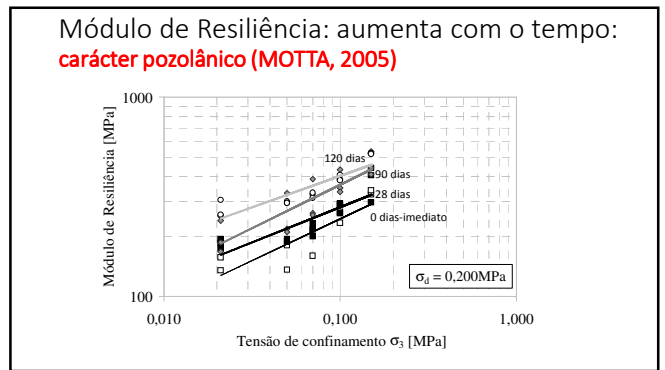
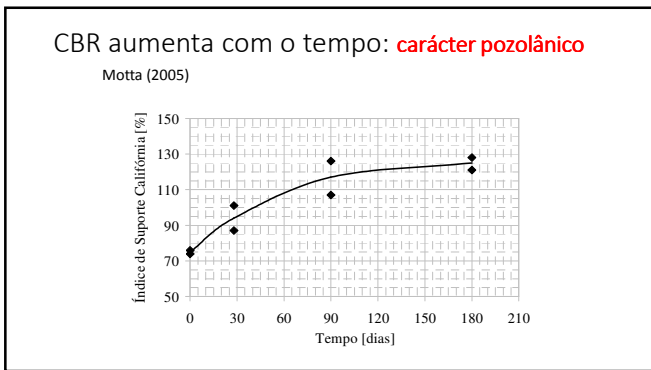
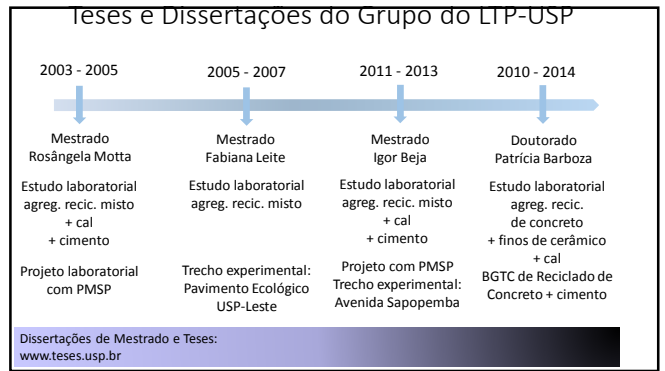
**UM POUCO DE HISTÓRIA.....**

Norma PMSP ETS-02/2009 – Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto, que lhe permitiu aplicar também os RCC constituídos de misturas asfálticas extraídas do pavimento urbano.

**Em 2012 foram 20,1 mil toneladas por dia de resíduos sólidos**

**1/4 a 1/3 resíduos de construção e demolição**

**Em 2014, R\$2 bilhões para gestão de resíduos sólidos**



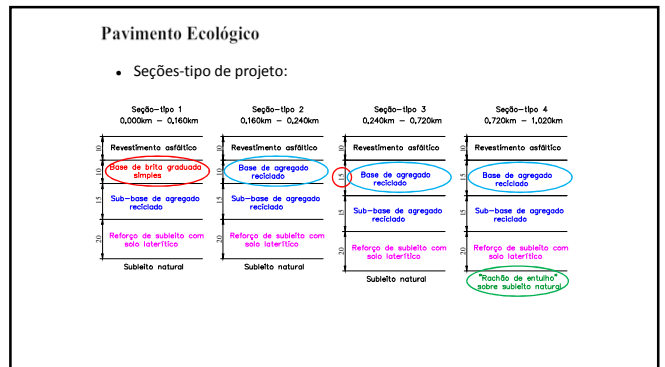
### USP – LESTE: Pavimento Ecológico – Projeto da POLI

Todos os Pavimentos do sistema viário do campus da USP Leste (Leite, 2007; 3 prêmios de iniciação científica, sendo dois internacionais (Abdou, 2005, 2006))

- 1ª Etapa: 240 metros (dezembro/2004 a março/2005)
- 2ª Etapa: conclusão de 2 km (agosto/2005 a março/2006)

**2 km: Materiais reciclados REFERÊNCIA: 240 metros**

	Asfalto-borracha
	Brita graduada
	Agregado reciclado
	Solo laterítico
	Solo mole



**Pavimento Ecológico USP LESTE**

- Foram usadas 5.000 toneladas de agregado reciclado, de duas recicladoras



**Pavimento Ecológico – USP LESTE**

- Subleito: antigo “bota-fora” durante a construção da Rodovia Ayrton Senna – ruim.



**Pavimento Ecológico USP LESTE**

- No local de solo mole, usou o resíduo de demolição bruto (sem britar) da demolição do Carandiru



**Pavimento Ecológico – USP -LESTE**



**Pavimento Ecológico – USP -LESTE**



**BGS**



**Agregado Reciclado misto**

**Pavimento Ecológico – USP LESTE**

- Revestimento asfalto-borracha (Borracha de pneus inservíveis moídos)



**Pavimento Ecológico – USP LESTE - 2006**



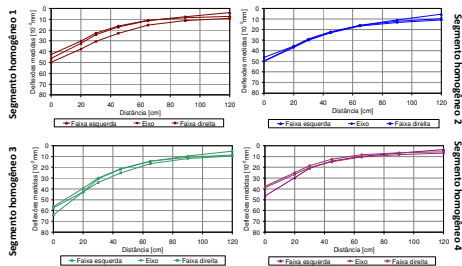
**Pavimento Ecológico – USP LESTE**

- Controle tecnológico com Falling Weight Deflectometer (FWD)
- Dados mostram que o RCD (reciclado de resíduo de construção e demolição) é tão bom quanto material de rocha sã britada!
- Problema restritivo: maior variabilidade de propriedades mecânicas



**Pavimento Ecológico**

- Controle tecnológico com Falling Weight Deflectometer (FWD)



**Pavimento Ecológico**

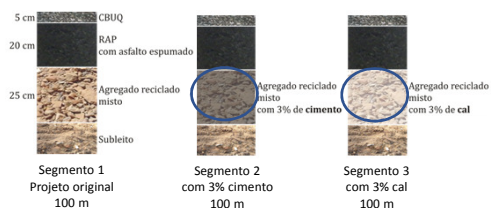
- Retroanálises com ELSYM5

Segmento homogêneo	Camada	Material	M <sub>R</sub> [MPa]
1	base	BGS	336
	sub-base	Agregado reciclado	316
2	base	Agregado reciclado	333
	sub-base	reciclado	294
3	base	Agregado reciclado	255
	sub-base	reciclado	238
4	base	Agregado reciclado	336
	sub-base	reciclado	314

**Trecho experimental com a Prefeitura de SP – PROJETO POLI**

Av. Sapopemba (zona leste de SP) – Obra em março de 2012 (Beja, 2013)

- Projeto original: 5 km com agregado reciclado (sub-base) e material fresado de revestimentos asfálticos velhos - espumado com asfalto (base)



**Trecho experimental com a Prefeitura de SP – PROJETO POLI**

**Beja, 2013**

- Localização**
- Av. Sapopemba, nº 20200, zona leste de São Paulo
  - Implementação





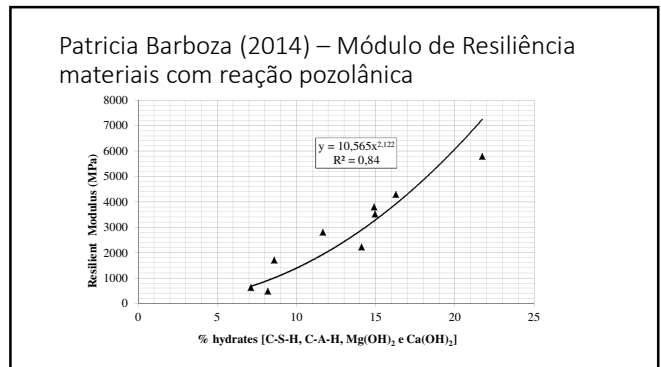
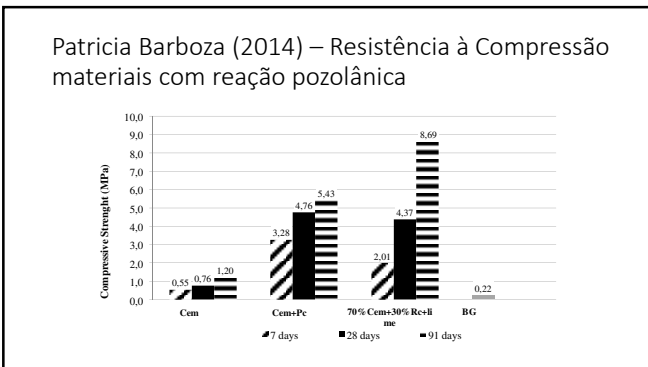
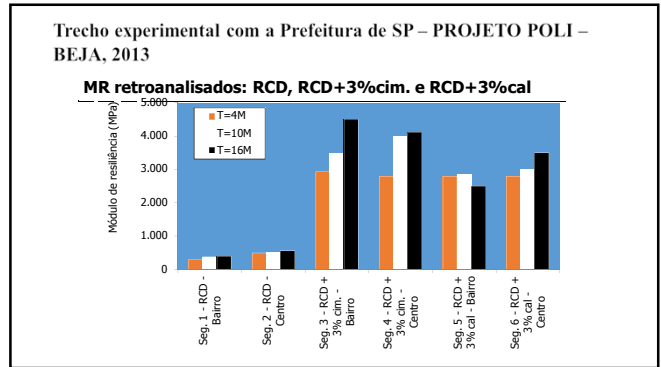
Trecho experimental com a Prefeitura de SP – PROJETO POLI Beja, 2013

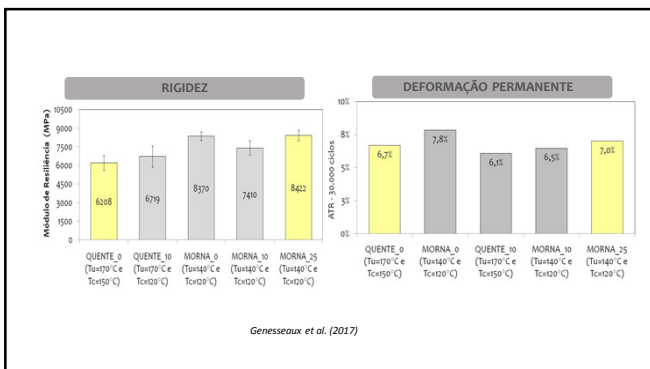
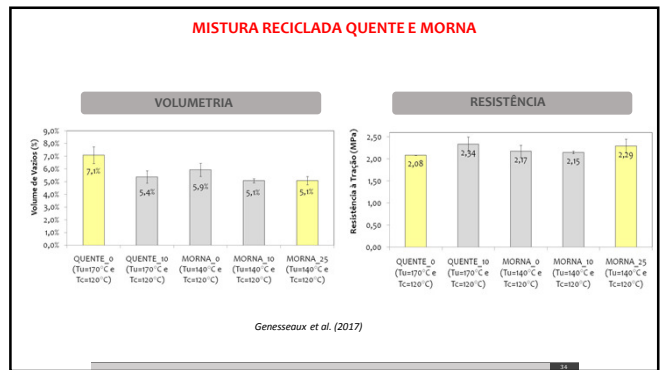
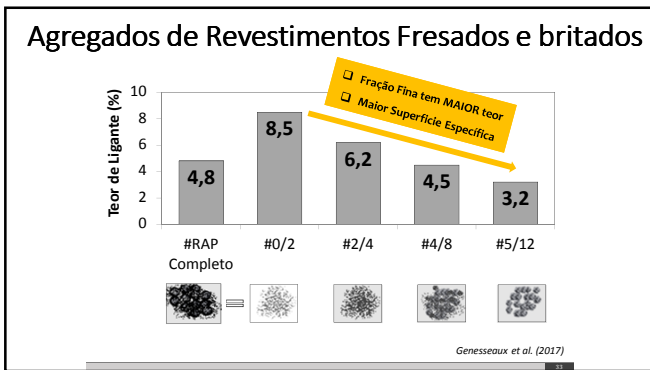
Deflexões (10 <sup>-2</sup> mm)	T=4 Meses		
	RCD	RCD+3%cim.	RCD+3%cal
Média	31,0	17,0	21,5
D.P.	5	2	5

Deflexões (10 <sup>-2</sup> mm)	T=10 Meses		
	RCD	RCD+3%cim.	RCD+3%cal
Média	26,5	12,5	15,5
D.P.	5	2	2

Resistência e propriedades do RCD com cimento e cal

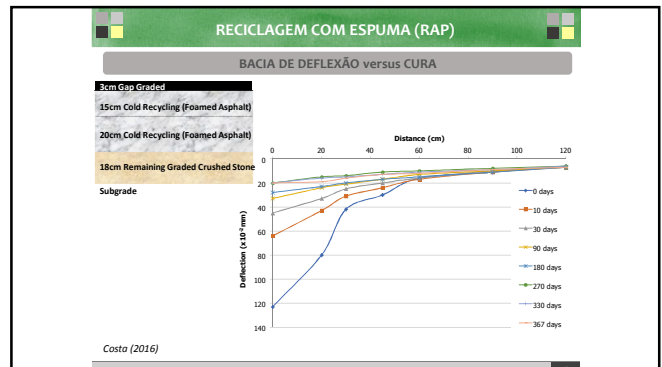
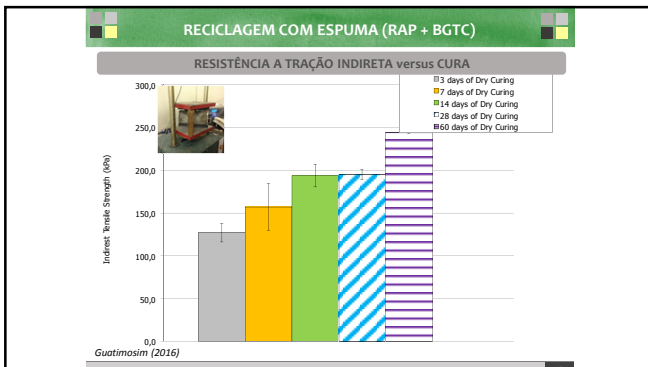
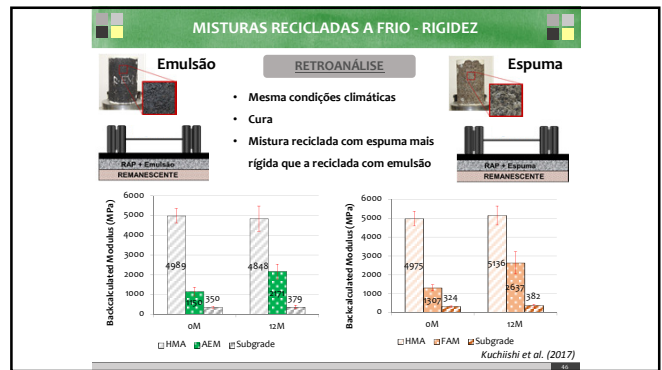
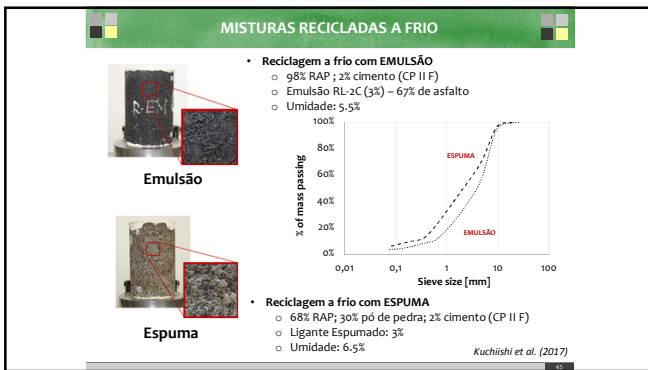






## MISTURAS RECICLADAS A FRIO Com espuma de Asfalto

**PMSF ETS-02/2009 – Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto**





## Conclusões

- Precisamos reciclar!!!
- Há tecnologias disponíveis para reciclagem
- Precisa um bom controle de produção, execução adequada e controle tecnológico
- Pavimentos reciclados também podem ser duráveis
- Precisamos de norma e de tabela de preço

## Agradeço a todos os Professores, Alunos, Técnicos e Engenheiros

- Rosângela dos Santos Motta
- Kamilla Vasconcelos Savasini
- Edson de Moura
- Patrícia Barboza da Silva
- Manuela Genesseeux
- Frederico Vasconcelos
- Iuri Bessa
- Amanda Marcandali da Silva
- Igor Beja
- Fabiana da Silva Leite
- Valmir Bonfim
- Andre Kazuo Kushiishi
- Ana Luisa Aranha
- André Siqueira
- Vanderlei
- Robson Costa
- Leticia Rezende

## Agradecemos a

**PMSP**

**FREMIX**

**DYNATEST**

**COPAVEL**

**USP-Prefeitura**

**IPT**

**ANTT**

**ARTERIS-Fernão Dias**

**ARTERIS-Regis Bittencourt**

**Rota das Bandeiras**

**Ecovias**

**Muito Obrigada!!!**

**liedi@usp.br**