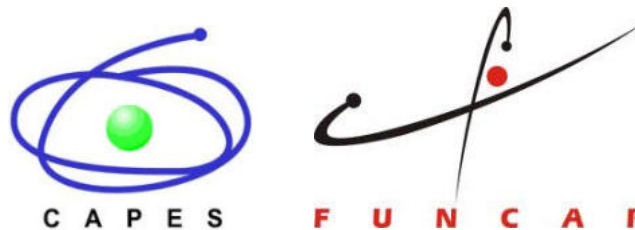




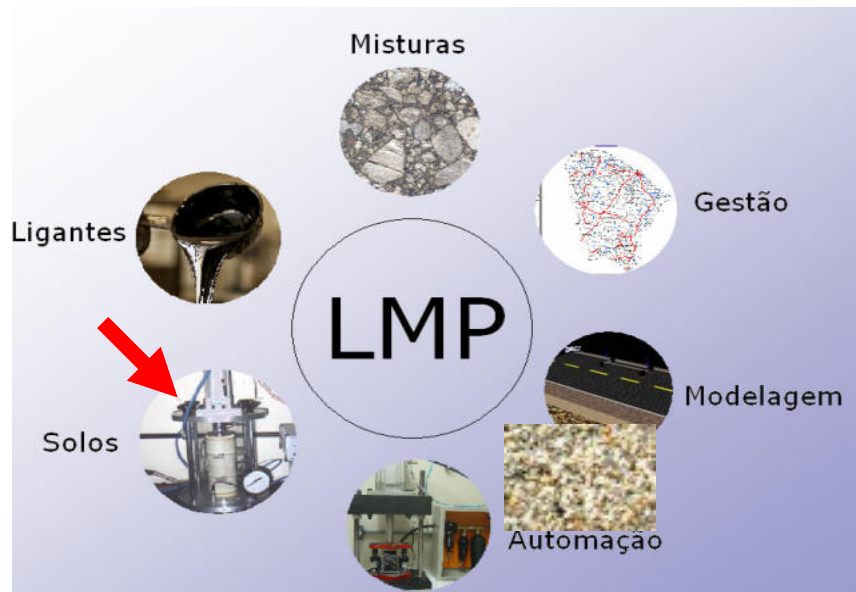
Seminário Internacional Resíduos da Construção Civil Um recurso a explorar na Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Ceará

Aplicações de RCC em Estruturas de Vias Urbanas

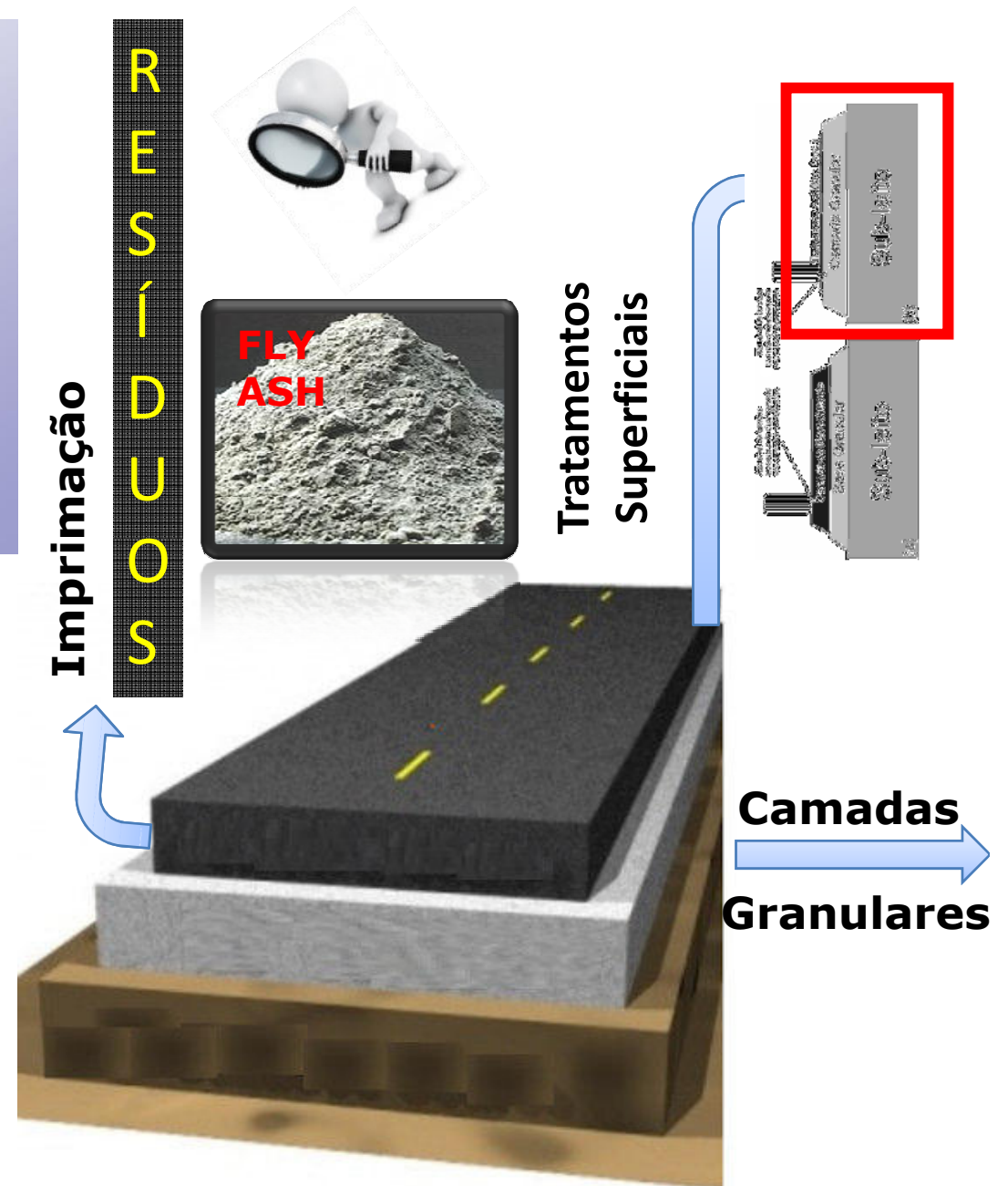
Profa. Suelly Helena de Araújo Barroso



O Que Estuda o Grupo de Solos do LMP/UFC?

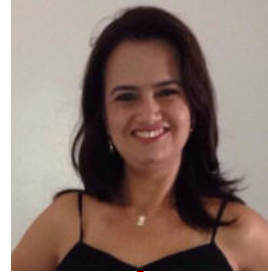


DESAFIO Desenvolver tecnologias mais racionais para ampliação e melhoria da rede pavimentada a partir do melhor uso de materiais locais



Equipe Atual

Profa. Suelly



Técnicos

Doutorado



Bruno



Wendel



Lilian



Synardo



Bóris



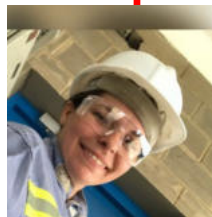
Ricardo

Mestrado

Agregados



Sarah



Regilene



Raimi



Júnior



Ana Tália



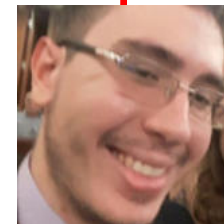
Fernando

Graduação

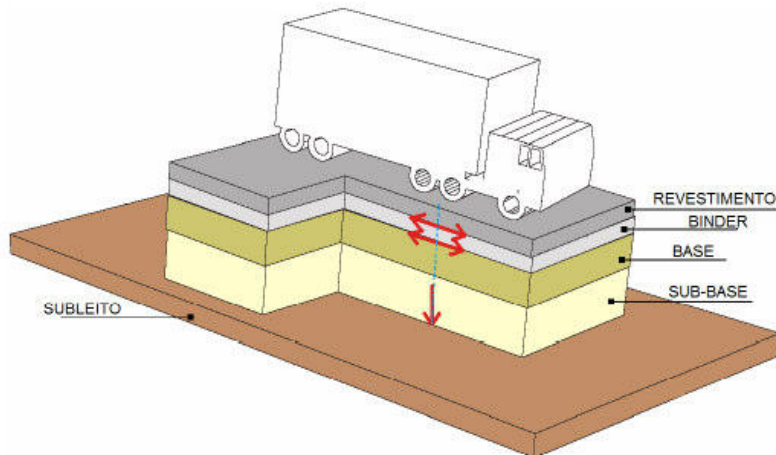
14 pessoas



Gledson



Webert



Uso de RCC na Área de Pavimentação

As pesquisas na UFC (grupo de solos) foram iniciadas em 2005

- ✓ Estudos sobre **camadas granulares, imprimação e revestimentos**
- ✓ Desenvolvimento de procedimentos de escritório, laboratório e campo
- ✓ Emprego de **agregados** convencionais e **alternativos**
- ✓ Diversos trabalhos de graduação e pós-graduação concluídos (**aprox. 40**)
- ✓ Diversos artigos publicados (**aprox. 100**)
- ✓ 3 prêmios nacionais

Trabalhos sobre resíduos em andamento...



Lilian
(2012-2017)
Doutorado



Wendel
(2015-2019)
Doutorado



Pereira
(2014-2018)
Doutorado



Bruno
(2015-2019)
Doutorado



Raimi
(2016-2018)
Mestrado



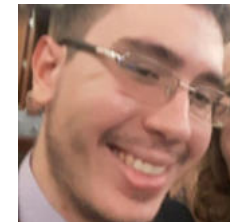
Regilene
(2016-2018)
Mestrado



Sarah
(2017-2019)
Mestrado



Gledson
(2012-2017)
Graduação



Hebert
(2017)
Graduação

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002



Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.



"Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final."

i) Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de 'bota fora', em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos na Resolução.

ii) Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

**“E agora eu me pergunto: E daí?
Eu tenho uma porção de coisas grandes
Pra conquistar, e eu não posso ficar aí parado”
(Raul Seixas)**

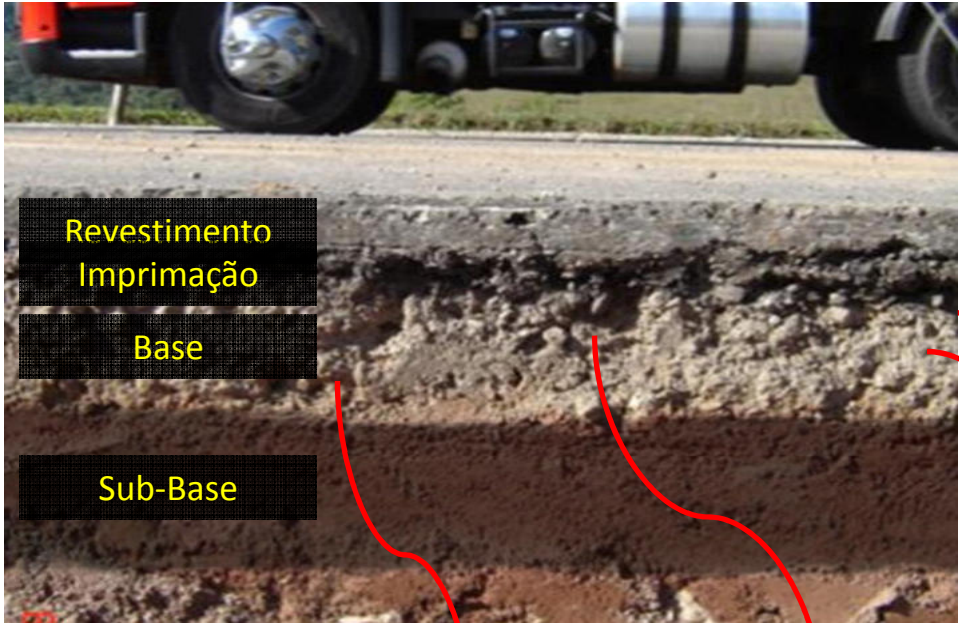


“Vai! E diz pro mundo
que você está certo
Você aprendeu tudo
enquanto estava mudo,
Agora é necessário gritar”

— Raul Seixas



Materiais Testados para Camadas Granulares



RESÍDUOS



Solo-Cimento



Solo-Emulsão



Solo-Cal



Estabilização
Granulométrica

Exemplo de um Projeto de Sucesso (Utilização da Cinza de Carvão Mineral na Pavimentação....)

➤ **Produção de cerca de 1300 toneladas/dia de cinzas**

➔ **Objetivo Geral** - Avaliar a possibilidade do uso das cinzas em **camadas granulares** dos pavimentos.

➔ **Metodologia**

1^a
ETAPA

Avaliação da
heterogeneidade das cinzas:
32 amostras analisadas

2^a
ETAPA

Estabilizações
granulométricas e
químicas

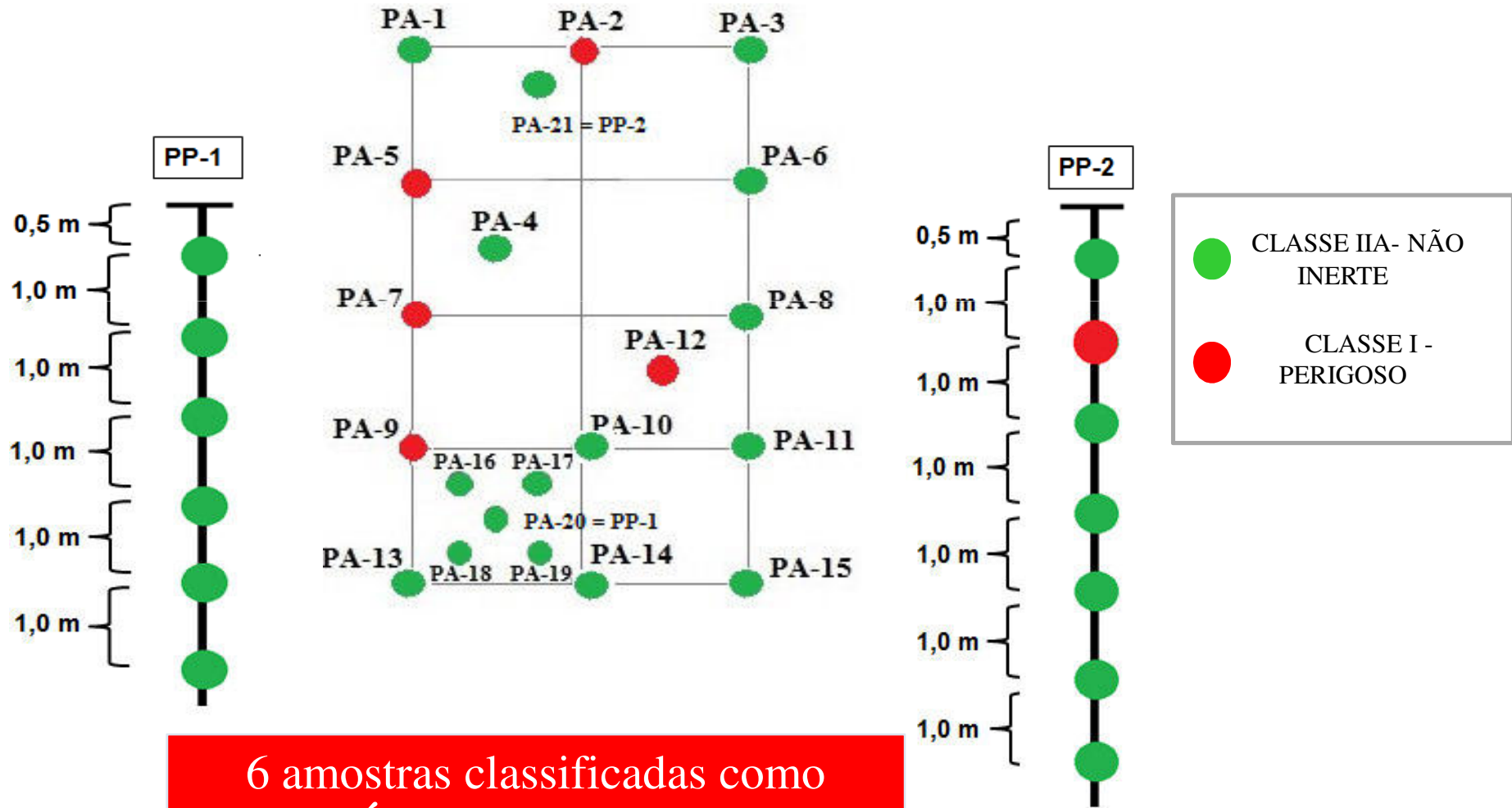
3^a
ETAPA

Dimensionamento de
pavimento teórico



Resultados Ambientais

10



6 amostras classificadas como
RESÍDUOS PERIGOSOS

Resultados Mecânicos: Amostras Superficiais

11

AMOSTRAS	COMPACTAÇÃO		CBR (%)	EXPANSÃO (%)
	h_{ot} (%)	γ_s (g/cm ³)		
PA-1	41,1	1,15	24	0,53
PA-2	25,1	1,38	8	2,08
PA-3	37,8	1,18	8	1,91
PA-4	47,2	1,07	12	0,8
PA-5	30,4	1,34	2	2,47
PA-6	35,6	1,23	7	1,84
PA-7	46,1	1,10	22	0,55
PA-8	57,1	0,95	2	0,45
PA-9	45,6	1,08	19	1,14
PA-10	50,9	1,02	2	1,19
PA-11	51,0	1,02	2	1,00
PA-12	54,8	1,01	12	0,57
PA-13	26,3	1,34	1	4,66
PA-14	23,8	1,33	1	4,13
PA-15	24,2	1,35	2	3,16
PA-16	22,1	1,42	1	8,23
PA-17	43,0	1,11	22	0,63
PA-18	39,1	1,16	3	3,12
PA-19	40,3	1,14	27	0,72
PA-20	23,3	1,52	12	0,89
PA-21	45,0	1,10	12	0,38

	ANALISE ESTATISTICA	Nº DE AMOSTRAS	MEDIA	DESVIO PADRAO	VALOR MINIMO PROVAVEL	VALOR MAXIMO PROVAVEL
GRANULOMETRIA (% PASSANTE)	2"	21	100	0	100	100
	3/8"	21	100	0	100	100
	nº 10	21	100	0	100	100
	nº 40	21	91,4	4,78	84,78	98,02
	nº 200	21	91,6	5,84	72,61	90,59
	G _s	21	2,44	0,09	2,33	2,55
ENSAIOS MECÂNICOS	h_{ot} (%)	21	38,09	11,66	26,79	49,39
	γ_s (g/cm ³)	21	1,19	0,15	1,04	1,34
	EXPANSAO (%)	21	2,00	1,93	0,13	3,87
	CBR (%)	21	9	9	1	18

Requisitos de norma

Expansão < 1%
CBR de projeto > 20%

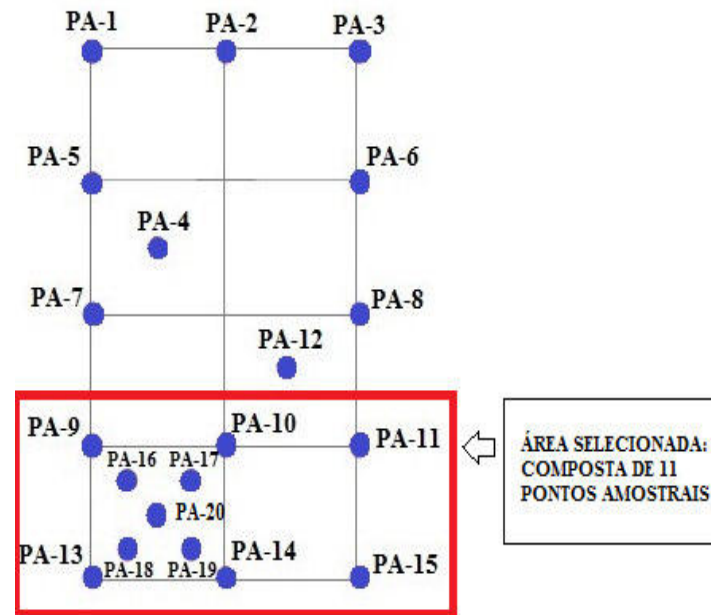
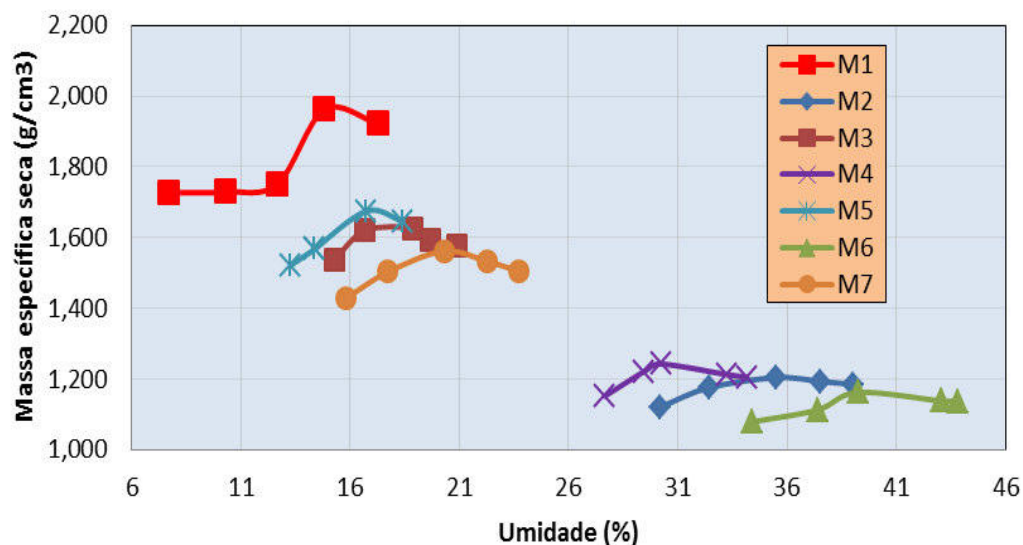
As cinzas *in natura* NÃO podem ser utilizadas em camadas granulares

Misturas Idealizadas

MISTURAS (M)	SOLO (%)	CINZA (%)	CaCO ₃ (%)	CAL (%)	COMPOSIÇÃO
M1 (solo)	100	0	0	0	100S + 0C
M2 (cinza)	0	100	0	0	0S + 100C
M3 (solo+cinza)	50	50	0	0	50S + 50C
M4 (M2 + CaCO ₃)	0	95	5	0	95C + 5CaCO ₃
M5 (M3 + CaCO ₃)	47,5	47,5	5	0	47,5S + 47,5C + 5CaCO ₃
M6 (M2 + CAL)	0	95	0	5	95C + 5Cal
M7 (M3 + CAL)	47,5	47,5	0	5	47,5S + 47,5C + 5Cal



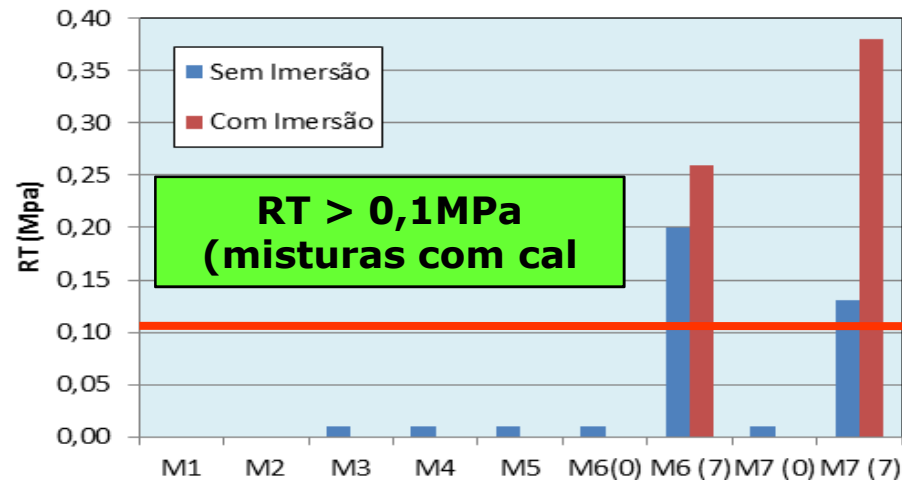
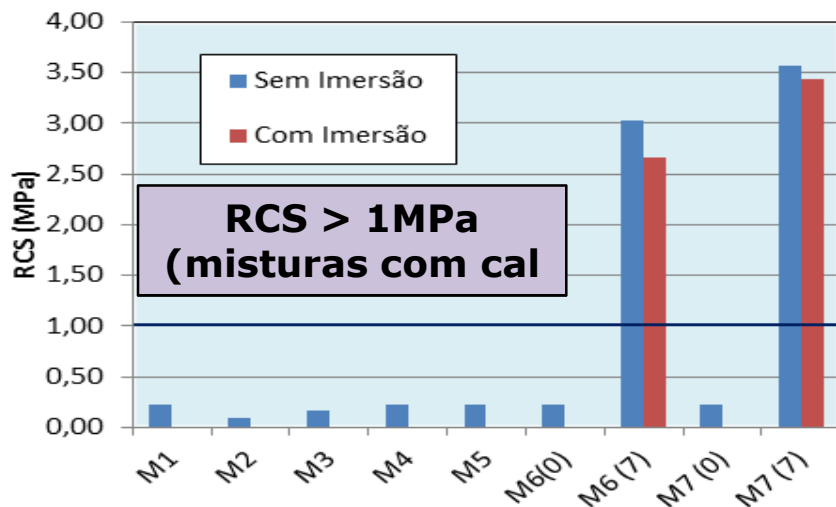
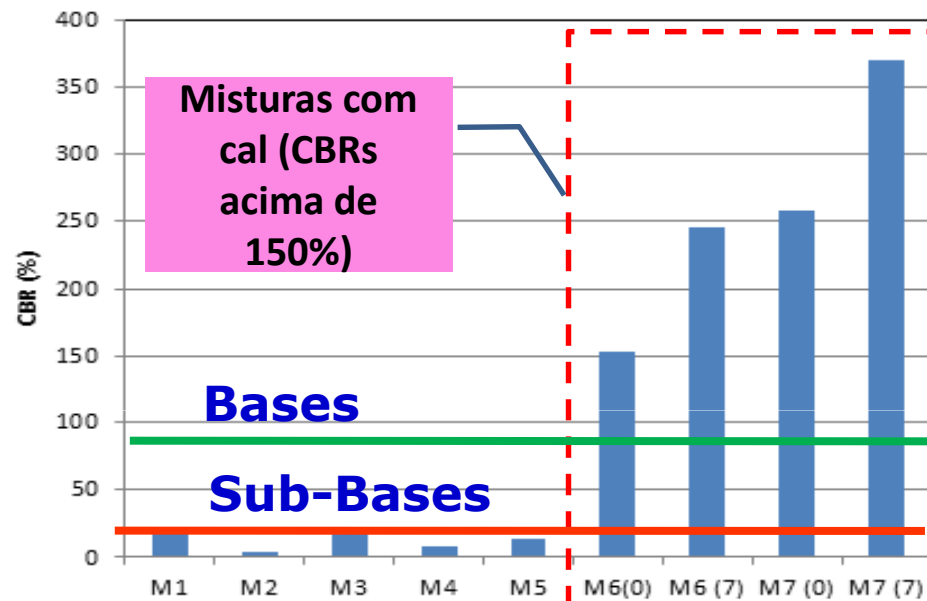
Curvas de Compactação



Resultados – CBR, RCS e RT

13

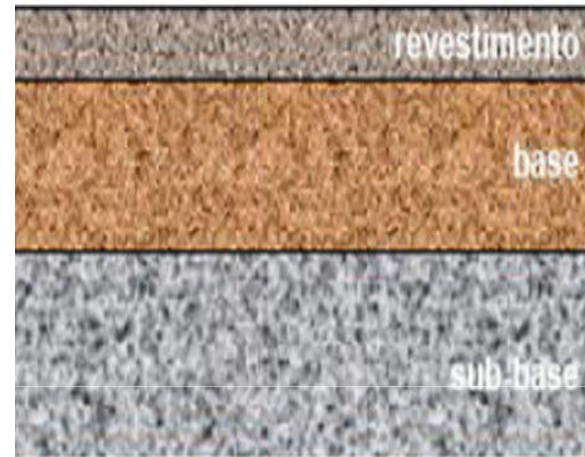
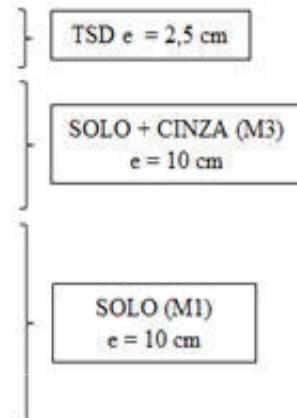
MISTURA	Cura (dias)	CBR (%)	EXPANSÃO (%)
M1 (solo)	0	20	0
M2 (cinza)	0	4	1,37
M3 (solo+cinza)	0	21	0,95
M4 (M2 + CaCO ₃)	0	8	1,58
M5 (M3 + CaCO ₃)	0	14	1,71
M6 (M2+CAL)	0	153	0,74
	7	246	0
M7 (M3+CAL)	0	258	1,5
	7	370	0



Dimensionamento Mecânico-Empírico pelo Sispav

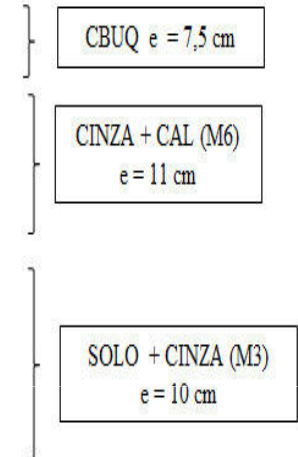


subleito

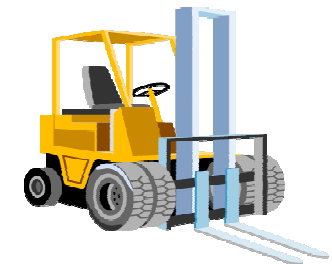
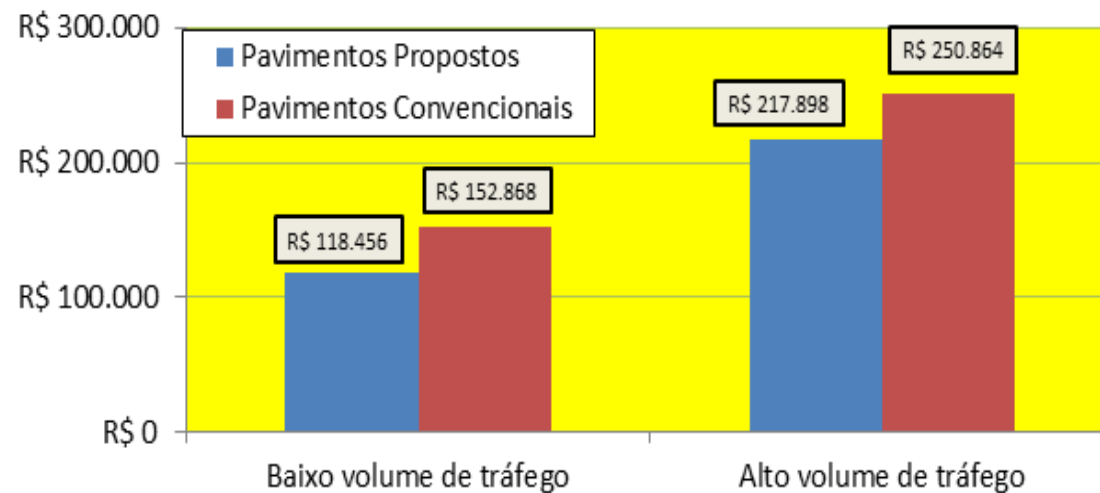


Estrutura N = 10⁷

subleito



Estrutura N = 10⁶





Conclusões Parciais



15

As **MISTURAS** propostas de **CINZAS** estabilizadas **SÃO APTAS** para serem empregadas na construção de pavimentos e são viáveis sob aspecto técnico, econômico e ambiental.

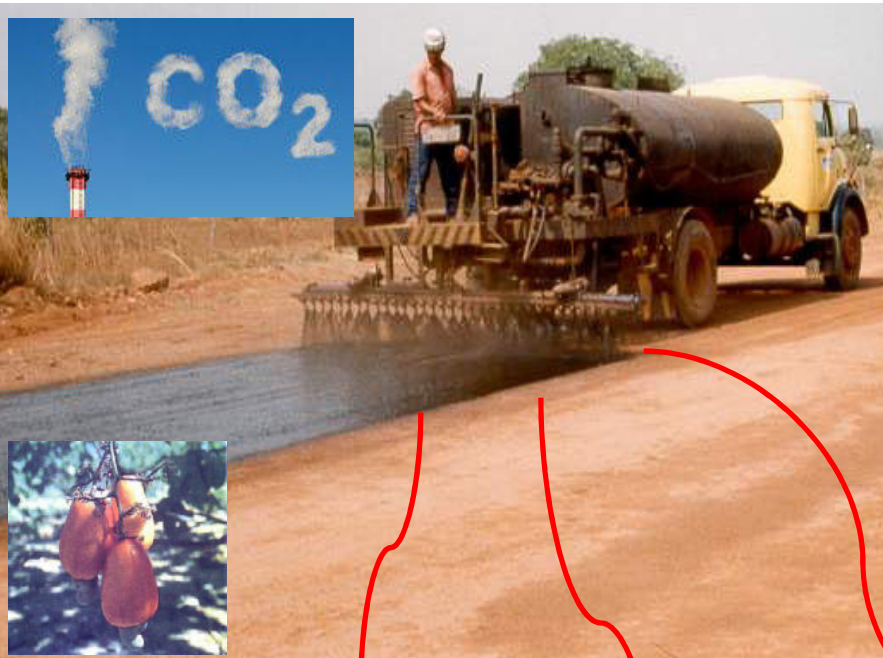
PRÓXIMOS PASSOS

- Proceder a estabilização química das cinzas com novos teores de cal (2% e 3%) e cimento— **Ensaio em Andamento**

PRÓXIMAS PESQUISAS A SEREM REALIZADAS

- Usar as cinzas para fabricação de blocos intertravados e em MRAF
- Construção e acompanhamento de um trecho experimental de pavimentos
- Expandir a metodologia desenvolvida para outras áreas/amostras

Materiais Testados para Imprimação

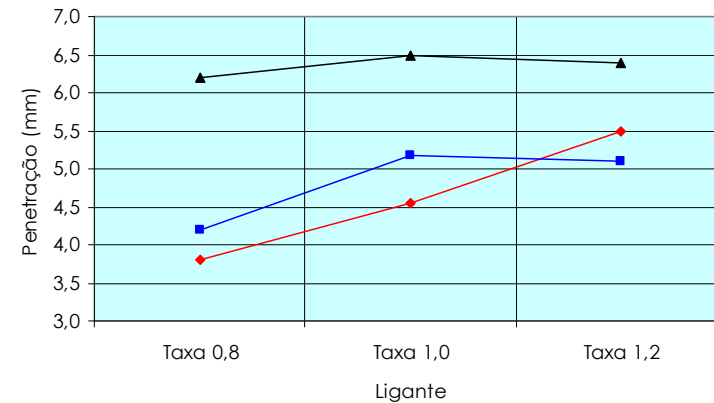
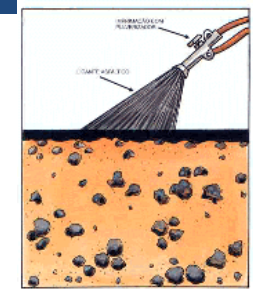


* Aspectos Observados

Penetração e Irrigação Prévia

Tipo e Taxa de Ligante

Temperatura e Custos



D-Limoneno

CAP/BIO

Emulsão de Cera de Carnaúba 2

Emulsão de LCC

CAP/ LCC

O que DEU certo

Óleo da Mamona



Emulsão de Cera de Carnaúba 1



O que NÃO deu certo

Métodos Desenvolvidos para Ensaio de Imprimação



Despejo do Ligante



Cura dos CP's



Ruptura do CP



Medição da Penetração

Cápsulas de 43 mm de diâmetro e 22 mm de altura



Detalhamento da seqüência do ensaio de imprimação pelo Método da Cápsula

Revestimentos do Tipo Tratamento Superficial (TS)

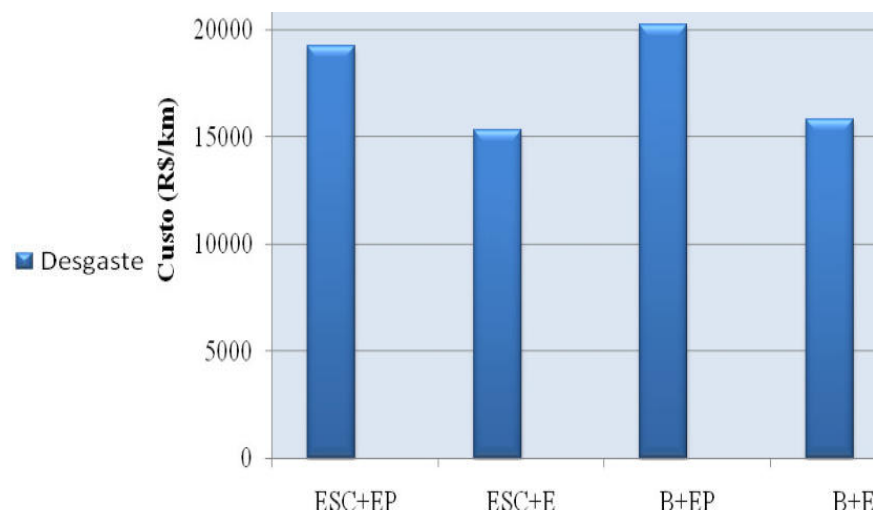
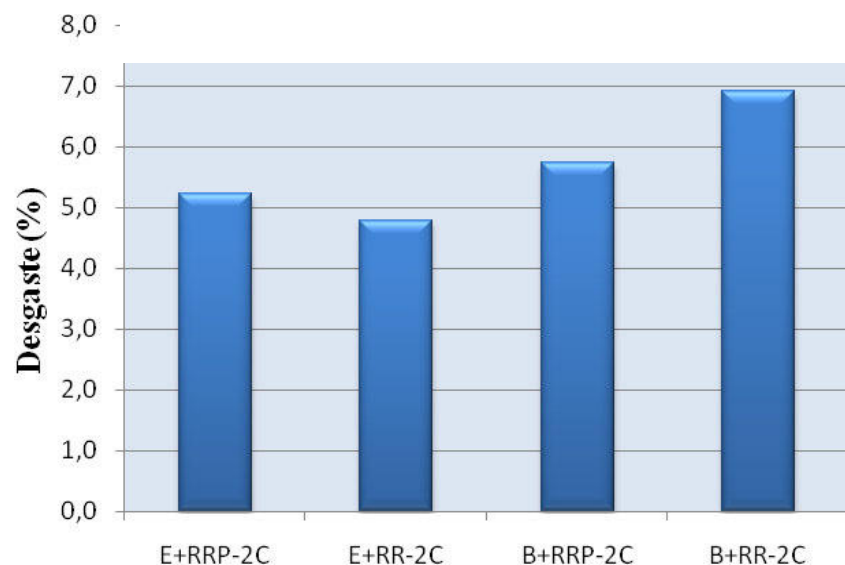
JUSTIFICATIVA: 61 % dos revestimentos das rodovias do estado do Ceará são em TS

O QUE É ESTUDADO COM REVESTIMENTOS ESBELTOS?

- * Revestimentos do tipo TSS, TSD, TST, MRAF e Cape Seal
 - * Processos de Dosagem em Laboratório e no Campo
 - * Emprego de Agregados Alternativos
 - * Processo Construtivo e Ensaios Acelerados



Resultados de TSD obtidos por Loiola (2009) com uso de escória e brita



Mantas

CUSTO POR km DE REVESTIMENTO							
Revestimento	Ligante (L/m ²)			Agregado (kg/m ²)			Total (R\$/km)
	Taxa *	Custo (R\$/m ²)	Total (R\$)	Taxa *	Custo (R\$/m ²)	Total	
E+RRP-2C	2,18	2,70	18.900,00	17,38	0,05	350,00	19.250,00
E+RR-2C	2,29	2,13	14.910,00	18,38	0,06	420,00	15.330,00
B+RRP-2C	2,01	2,49	17.430,00	13,79	0,40	2.800,00	20.230,00
B+RR-2C	1,94	1,81	12.670,00	15,30	0,45	3.150,00	15.820,00

* Somatório da 1ª e 2ª aplicações



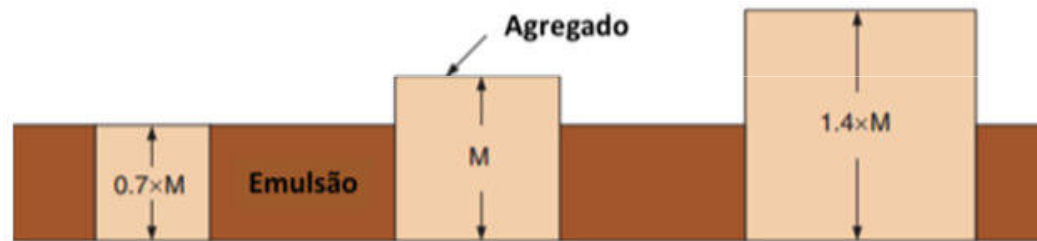
Tratamentos de Superfície (Estudos Atuais)



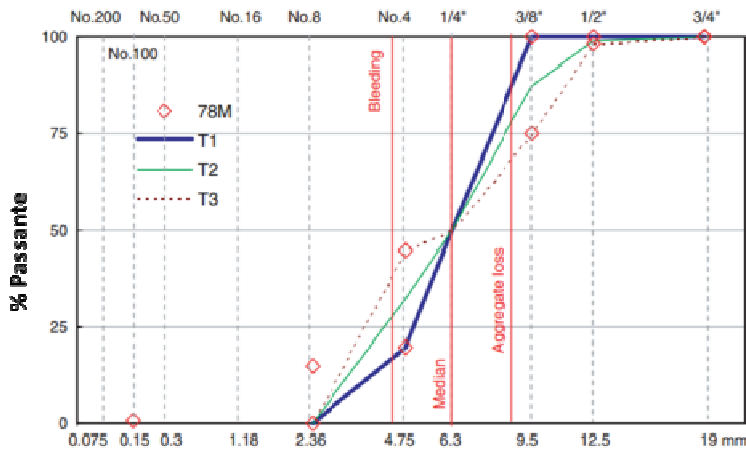
Improving Brazilian Surface Treatment Design Methodologies Based on The North American Experience

Objetivo Geral - Propor metodologia brasileira de dosagem para TS com base nos estudos da NCSU/USA

Performance-Based Uniformity Coefficient (PUC)



Fonte: Kim & Lee(2009).



$$\text{Excesso de ligante (\%)} = P_{EM}$$

$$\text{Perda de agregado (\%)} = 100 - P_{2EM}$$

$$PUC = \frac{P_{EM}}{P_{2EM}}$$



Principais Projetos Locais Financiados



A Experiência no Ceará

- **2015-2017 Utilização da Cinza de Carvão Mineral na Pavimentação....**
- **2017-2018 Estudo da viabilidade da utilização de cinzas de termelétrica em blocos intertravados de concreto para pavimentação.**
- **2017-2019 Projeto CNPq Universal - Melhoramento do processo brasileiro de análise e dosagem dos tratamentos superficiais de rodovias**
- **2017-2020 A estrada como geradora de energia para o desenvolvimento sustentável de cidades inteligentes (projeto em processo de submissão)**



Alguns Trabalhos de RCC na Área de Pavimentação

RESÍDUOS INVESTIGADOS – LMP/UFC			
CINZAS DE TERMELÉTRICA	DOUTORADO	Avaliação do Desempenho de Microrrevestimento Asfáltico a Partir da Utilização de Materiais Alternativos	2015(i)
	MESTRADO	Estudo da Viabilidade da Utilização das Cinzas da Termelétrica Energia Pecém em Blocos Intertravados de Concreto para Pavimentação	2017(i)
		Reaproveitamento de Cinzas de Carvão Mineral da Termelétrica Energia Pecém Para Construção de Pavimentos	2017 (i)
		Estudo de Cinzas Volantes de uma Termelétrica da Região Metropolitana de Fortaleza-CE para Aplicação em Camadas Granulares de Pavimentos	2015
	TCC	Aplicação de Cinzas de Termelétricas em Blocos Intertravados de Pavimentos	2017
		Avaliação da Heterogeneidade de Cinzas de Carvão Mineral Advindas da Termelétrica Energia Pecém e Sua Aplicação em Camadas Granulares de Pavimentos	2016

Alguns Trabalhos de RCC na Área de Pavimentação

RESÍDUOS INVESTIGADOS – LMP/UFC			
BIODIESEL	TCC	Primeiro Estudo da Aplicação de Biodiesel como Material Alternativo para a Imprimação Betuminosa de Pavimentos Rodoviários	2009
	IC	Estudos Preliminares da Utilização de Biodiesel na Imprimação Betuminosa de Rodovias	2009
LÍQUIDO DA CASTANHA DE CAJU (LCC)	MESTRADO	Utilização de Materiais Alternativos para a Construção de Pavimentos Urbanos na Região Metropolitana de Fortaleza/Ceará	2009
	IC	Investigação sobre o Uso de Ligantes Alternativos 'Verdes' para Emprego em Rodovias de Baixo Volume de Tráfego	2014
		Estudo Sobre a Aplicação de Emulsões de Cera de Carnaúba e LCC na Imprimação Betuminosa de Pavimentos Rodoviários	2012

Alguns Trabalhos de RCC na Área de Pavimentação

RESÍDUOS INVESTIGADOS – LMP/UFC

CERA DE CARNAÚBA	IC	Estudo de Ligantes Vegetais para Emprego em Imprimação Betuminosa	2013
		Estudo sobre a Aplicação de Emulsões de Cera de Carnaúba na Imprimação Betuminosa de Pavimentos Rodoviários	2012
RESÍDUO DA PEDRA CARIRI (RPC)	MESTRADO	O Uso do Resíduo Pedra Cariri Como Material Alternativo para Aplicação em Camadas Granulares de Pavimentos	2016

RESÍDUOS INVESTIGADOS – LMP/UFC

AGREGADO SIDERÚRGICO	MESTRADO	Avaliação do Emprego de Agregados Alternativos em Microrrevestimento Asfáltico	2014	
		Estudo sobre o Emprego do Cape Seal em Revestimentos Rodoviários do Estado do Ceará	2013	
		Avaliação dos Tratamentos Superficiais Simples, Duplo e Triplo de Rodovias Através do Emprego de Diferentes Agregados da Região Metropolitana de Fortaleza	2013	
	TCC	Avaliação de Agregados da Região Metropolitana de Fortaleza para Aplicação em Microrrevestimento Asfáltico a Frio	2011	
		Estudo do Uso de Escória de Aciaria em Camadas de Pavimentos na Região Metropolitana de Fortaleza	2007	
		Estudo da Possibilidade de Aplicação da Escória de Aciaria de Refino Redutor Para Finalidades Rodoviárias	2007	
		Estudo de Resíduos Siderúrgicos Aplicados às Rodovias de Baixo Volume de Tráfego	2010	
		IC	Estudo de Agregados Recicláveis para Utilização em Micro Revestimento Asfáltico à Frio Modificado por Polímeros	2010
			Verificação, em Laboratório, do Desempenho de Uma Base Rodoviária Construída com Agregado Siderúrgico na Cidade De Maracanaú - Ce	2009

Alguns Trabalhos de RCC na Área de Pavimentação

RESÍDUOS INVESTIGADOS – LMP/UFC			
SOLO CONTAMINADO POR DERIVADOS DE PETRÓLEO (SCDP)	MESTRADO	O Uso da Técnica de Encapsulamento como Alternativa para o Emprego de Solo Contaminado por Derivados de Petróleo em Camadas de Bases e Sub-Bases de Pavimentos.	2013
	TCC	Avaliação do Emprego do Solo Contaminado por Derivados de Petróleo em Camadas Granulares de Pavimentos Utilizando a Cal como Agente Estabilizante	2011
		Investigação do Emprego de Solo Contaminado por Derivados de Petróleo em Camadas Granulares de Pavimento	2010
	IC	Avaliação do Módulo de Resiliência de Misturas de Solo Contaminado por Derivados de Petróleo com a Cal para Aplicação em Camadas Granulares de Pavimentos	2013

Alguns Trabalhos de RCC na Área de Pavimentação

RESÍDUOS INVESTIGADOS – LMP/UFC			
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DO TIPO 'MISTO' E DO TIPO 'PURO' (RCD)	MESTRADO	Utilização de Materiais Alternativos para a Construção de Pavimentos Urbanos na Região Metropolitana de Fortaleza/Ceará	2009
		Utilização de Resíduos de Construção e Demolição para Pavimentos Urbanos da Região Metropolitana de Fortaleza	2008
	TCC	Um Primeiro Estudo dos Resíduos de Construção e Demolição da Construção Civil para Aplicação em camadas de pavimentos na Cidade de Fortaleza/Ce	2007

Tese de Doutorado em andamento

Wendel Silva Cabral. Desenvolvimento de Pavimentos Econômicos na Micro Região de Mossoró - RN por Meio da Utilização de Materiais Alternativos. Início: 2015. Tese.

Lilian Medeiros Gondim. Investigação sobre o Uso de Um Ligante Alternativo à Base da Seiva de Aveloz em Pavimentação Flexível. Início: 2012. Tese.

Dissertação de mestrado concluída

Fernando Dácio de Almeida. Avaliação da Penetração, Coesão, Aderência e Desgaste Superficial de Ligantes Alternativos e Comerciais para Aplicação na Imprimação Betuminosa de Rodovias. 2017. Dissertação.

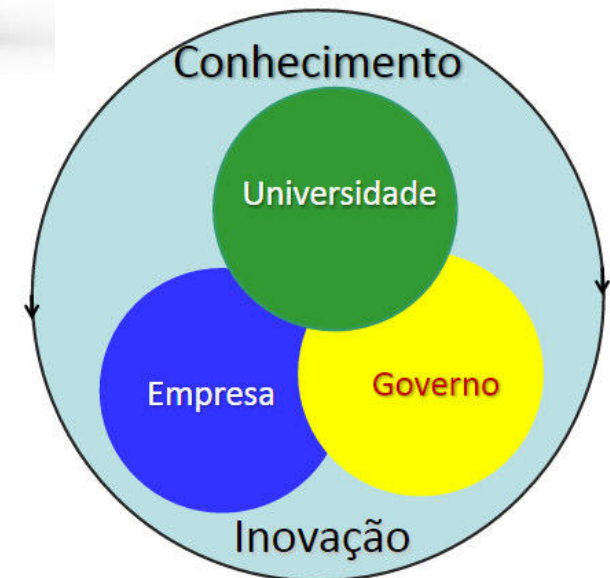
Pesquisas evidenciam **viabilidade ambiental**.

Ensaio laboratoriais e de campo confirmam **viabilidade técnica**.

Soluções com custos competitivos, mostrando **viabilidade econômica**.

**“Eu não estou interessado
Em nenhuma teoria
Em nenhuma fantasia
Nem no algo mais
Nem em tinta pro meu rosto
Ou oba oba, ou melodia....
Amar e mudar as coisas
Me interessa mais”**

(Belchior)



obrigada

