



Produção de cimento com reduzido impacto ambiental em escala laboratorial

Eugênio Bastos da Costa, Gabriela Correia Duarte, Ana Passuello, Ana Paula Kirchheim



CBC
6º CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CIMENTO



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



19 a 21 maio 2014 • São Paulo/SP • Brasil

OUTLINE

• PARTE I: Apresentação do Grupo de Pesquisa

- [NORIE
- [Linha Ecocimentos
 - [Objetivos
 - [Equipe
 - [Linhas de pesquisa
 - [Instalações
 - [Projetos em desenvolvimento

• PARTE II: Estudo de caso

- [Produção de cimento CSAB
- [Avaliação do ciclo de vida de materiais de construção inovadores e tradicionais



Apresentação

PARTE I



UFRGS

Engenharia Civil



DECIV: Departamento de Engenharia Civil
PPGEC: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



EE - ESCOLA DE ENGENHARIA



NORIE

Núcleo Orientado para a Inovação e Edificação





Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação



- 9 Professores
- 6 Pesquisadores doutores
- 24 Alunos de doutorado
- 38 Alunos de mestrado
- 30 Iniciação científica



Pesquisa

Ensino

Extensão

Prêmios



Professora: Dra. Ana Paula Kirchheim

3 Pos-doc

4 Doutorandos

5 Mestrandos

5 Iniciação científica

Prêmios **Santander**
Universidades 2013
CONECTADOS pela EXPANSÃO do CONHECIMENTO



Pesquisadores Doutores



Ana Carolina Passuello
Eng.Civil - M.Eng - Dra.Eng
Universidade Rovira i Virgili (Espanya). 2011
11 papers
11 Ponencias
Web of Science H:2, SCOPUS H:4

email: anapassuello@gmail.com



Erich D. Rodríguez
Eng.Mat. - M.Eng². - Dr.Eng
Universitat Politècnica de València (Espanya) 2012
21 Artículos
1 Patente
Web of Science H:5, SCOPUS H:7

email: erichdavidrodriguez@gmail.com



Felipe Antônio Lucca Sánchez
Eng.Mat. - M.Eng. - Dr.Eng
UFRGS (Brasil) 2012
4 Artículos
5 Ponencias internacionales

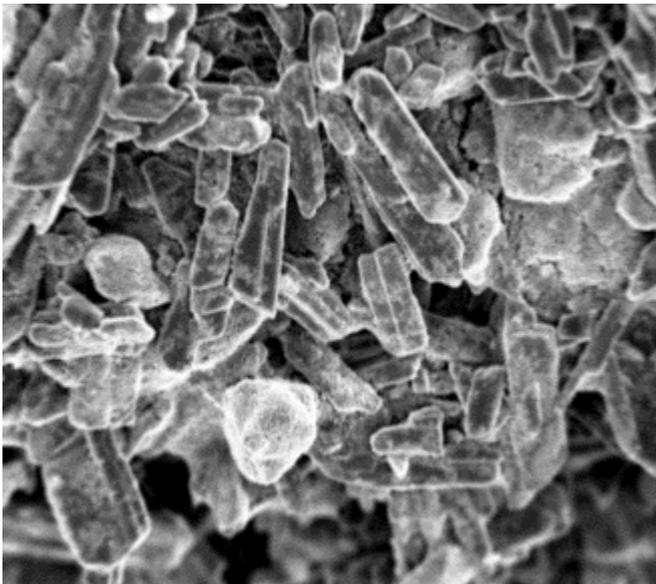
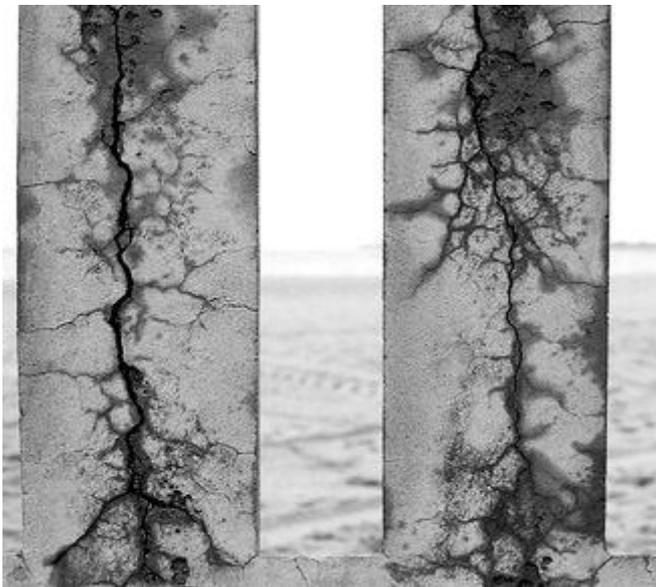
email: felipe.lucsan@gmail.com

Prof. Dra. Ana Paula Kirchheim

Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2
Dr.Eng UFRGS (2008)
Professor Adjunta II UFRGS
Web of Science H:3, SCOPUS H:4

email: anapaula.k@ufrgs.br





OBJETIVOS

Baseado na necessidade de promover o desenvolvimento sustentável na indústria da construção através da análise e melhoria de materiais mais amigáveis ambientalmente, os objetivos científicos do grupo de pesquisa em cimentos do NORIE são:

- ❑ Propor soluções factíveis para a indústria da construção, através do gerenciamento de projetos de pesquisa de elevada qualidade.
- ❑ Estudar os impactos ambientais de materiais de construção, compreendendo a relevância e adequação dos novos produtos desenvolvidos.
- ❑ Contribuir à transferência de conhecimento para indústria e sociedade, através da publicação de relatórios científicos nos jornais nacionais e internacionais mais relevantes da área de materiais de construção.

COLABORAÇÃO INTERNACIONAL



LINHAS DE PESQUISA

Valorização de Resíduos

Desenvolvimento de novos materiais cimentícios

Caracterização de materiais cimentícios

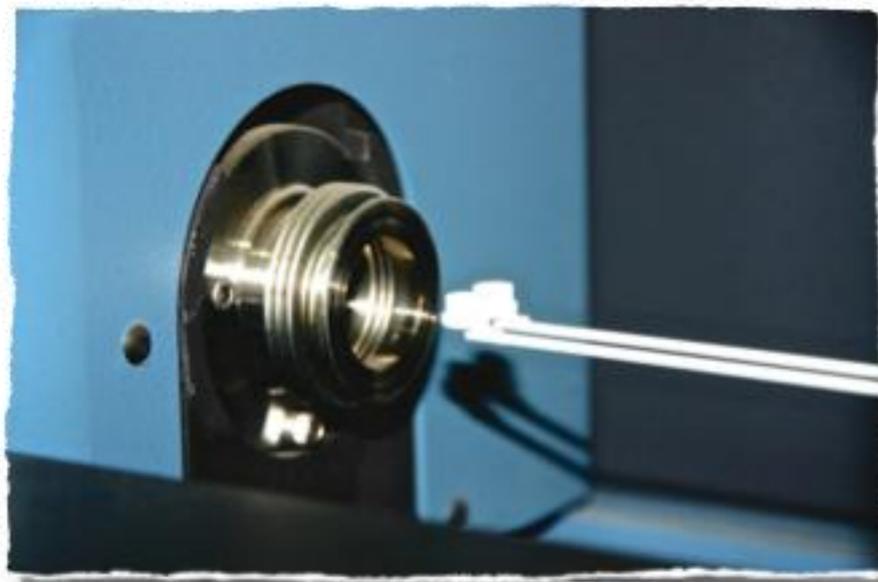
Avaliação do Ciclo de Vida (LCA)

Escoria de forno panela
Escoria de alto forno
Lodo de anodização do alumínio
Cinza Volante
Cinza pesada
Resíduo de ágata
Resíduos de construção e demolição

Cimentos Portland com adições
Cimentos belíticos
Cimento sulfoaluminato de cálcio belítico
Cimento supersulfatados
Cimentos alcali-activados
Geopolímeros

XRD
FRX
SEM/EDS
FTIR
TGA/DTA
MAS-NMR
calorimetria
...

INSTALAÇÕES



Equipamentos para caracterização física:

- MEV
- Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET)
- Microcalorímetro
- Porosímetro de intrusão de Hg
- Granulometria a laser
- Reômetro
- Teste de expansibilidade para reação álcali-agregado
- Incubadora
- Banho térmico
- Moinho de bolas
- Prensa Mecânica

Equipamentos para caracterização química:

- EDS
- Difração de Raios X (DRX)
- Fluorescência de Raios X (FRX)
- Infravermelho por transformada de Fourier FTIR
- Espectroscopia de absorção atômica / Sorção de gases
- Espectrômetro de emissão atômica
- Câmara de carbonatação

Equipamentos para caracterização física e química:

- Ensaio de dissolução seletiva das fases do clínquer Portland
- TG/DTG - DTA/DSC
- Simulação de ambiente

Softwares e bases de dados:

- GaBi 6 Profissional
- Base de dados CV materiais de construção

PROJETOS EM DESENVOLVIMENTO

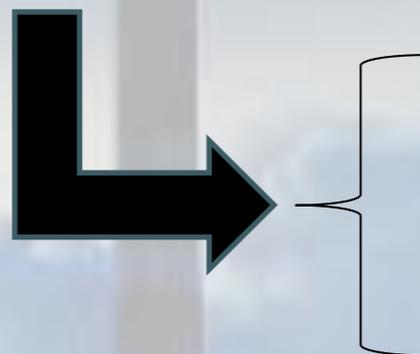
- Cooperação internacional de apoio à pesquisa científica e tecnológica para a produção e caracterização multiescala de materiais cimentícios alternativos de reduzido impacto ambiental no Brasil. CNPq, 2013.
- Novel Cements for the sustainable construction industry. CNPq, 2013
- Aplicação da Análise do Ciclo de Vida (ACV) para a avaliação ambiental de materiais cimentícios convencionais em comparação a cimentos sustentáveis. FAPERGS, 2013.
- Aplicação da Análise do Ciclo de Vida (ACV) para a avaliação ambiental de materiais de construção convencionais em comparação a materiais sustentáveis. FAPERGS/CAPES, 2013.
- Cimentos belíticos e sulfobelíticos: fabricação e caracterização para utilização em concretos mais eficientes. CNPq, 2012.
- Utilização de resíduos na produção de cimentos alternativos a partir de uma visão multiescala. MCT-CNPq, 2012.

ESTUDO DO CASO

PARTE II

ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂

CLÍNQUER



TEMPERATURA DE QUEIMA
CONSUMO DE CALCÁRIO



Conteúdo de CaO em fases e cimentos e temperaturas de sinterização

Fase do cimento	%CaO	Temperatura de sinterização
C ₃ S	73,7	Em torno de 1450°C
C ₂ S	65,1	1000-1200°C
C ₃ A	62,2	Acima de 1200°C
C ₄ AF	46,2	Acima de 1000°C
C ₄ A ₃ \$	36,7	1000-1250°C

(Fonte: adaptado de MEHTA, 1980)

PRODUÇÃO DE CIMENTO C[̄]SAB



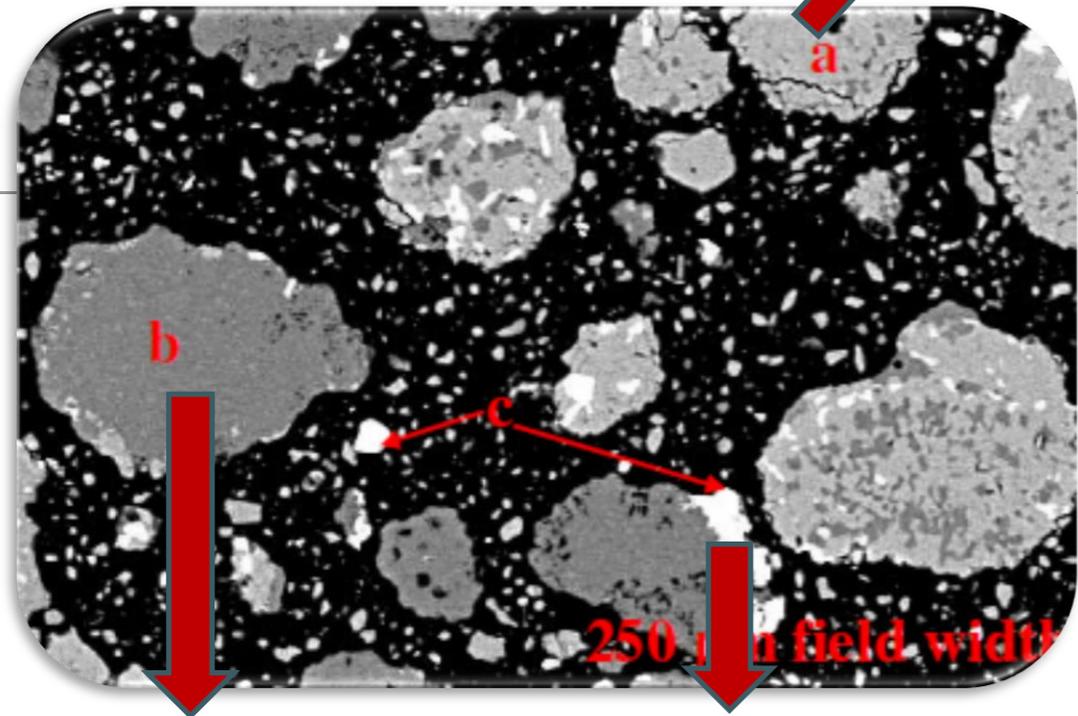
Composição de óxidos de um clínquer Portland e CSAB (Baseado em CENTURIONE, 1993 e CHEN, 2009, respectivamente)

Óxido	Portland(%)	CSAB (%)
CaO	67,97	47,01
SiO ₂	22,72	13,95
Al ₂ O ₃	5,87	22,16
Fe ₂ O ₃	3,29	3,29
SO ₃	0	11,12



Clínquer CSAB

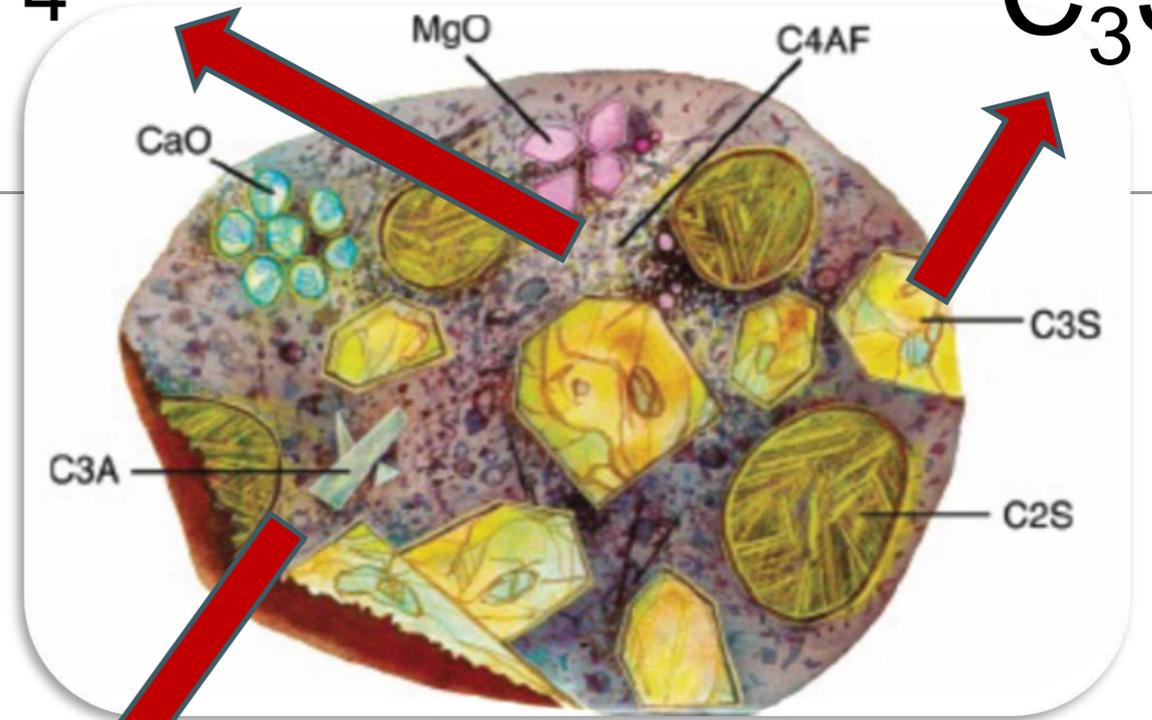
C_2S



Clínquer Portland

C_4AF

C_3S



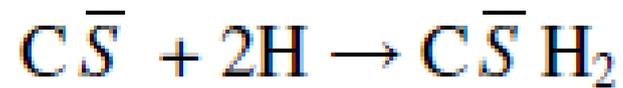
$C_4A_3\bar{S}$

C_4AF

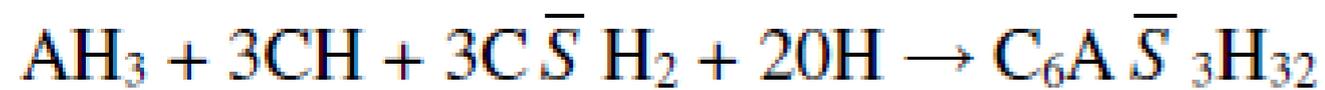
C_3A

C_2S

(BISHOP *et al.*, 2003)



HIDRATAÇÃO



(CHEN, 2009)



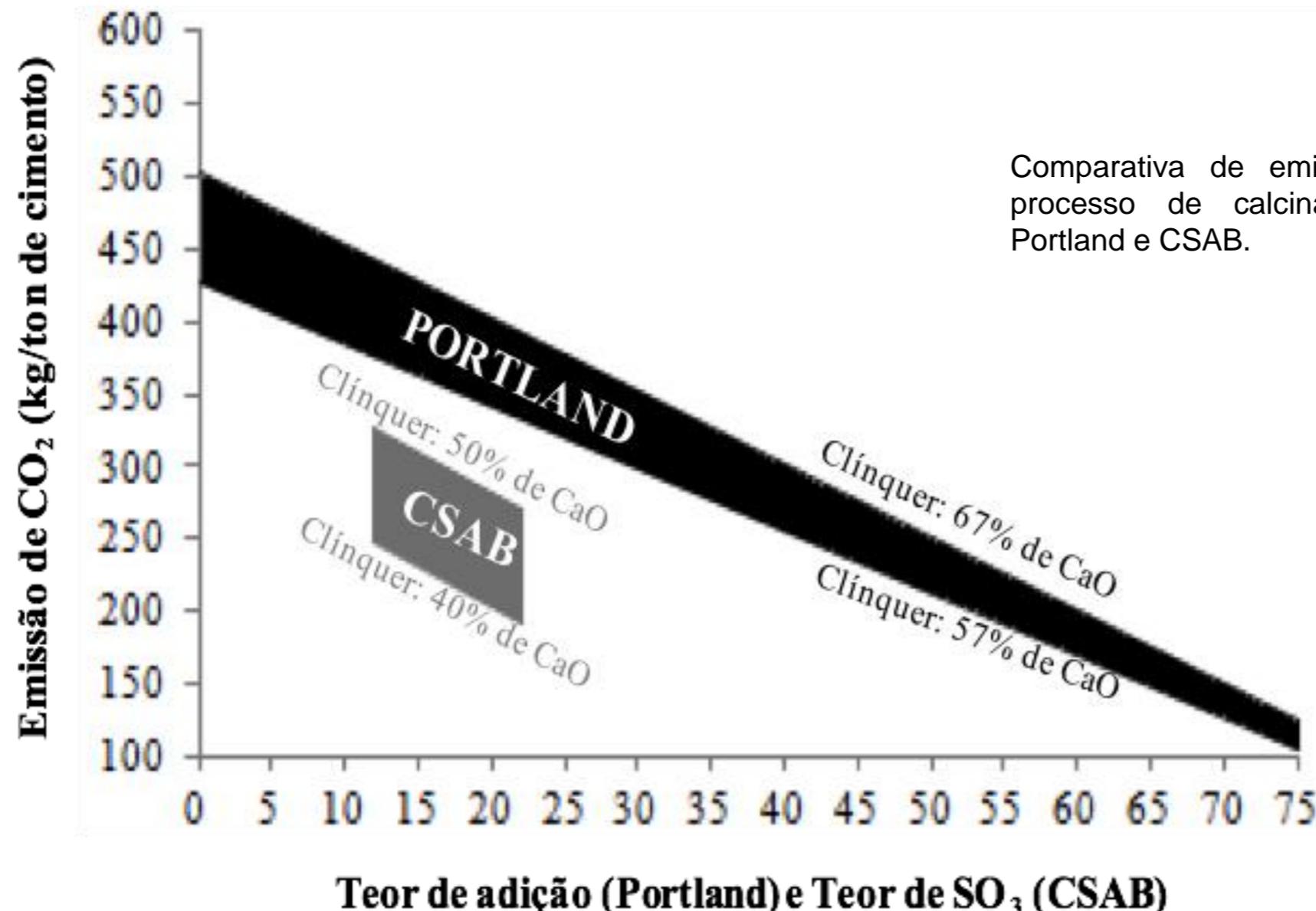
ETRINGITA

(KIRCHHEIM, 2008)

PRODUÇÃO DE CIMENTO CSAB

Objetivos

- Produzir um clínquer CSAB em laboratório aproximado ao produzido em grandes escalas
- Avaliar a estabilidade dimensional e a resistência à compressão de um cimento CSAB em função da adição de resíduos que substituem total ou parcialmente alguma matéria prima do cimento.



PRODUÇÃO DE CIMENTO CSAB

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas (FRX)

Lodo de anodização do alumínio (LAA)
Escória de forno de panela (EFP)
Bauxita
Calcário

Proporcionados para produzir grande quantidade de C_2S e C_4A_3S na clinquerização

Processo produtivo



Homogeneização das matérias-primas



Forno mufla (1250 °C)



Moagem

Avaliação química
Granulometria a laser
Estabilidade dimensional (NBR – 11582)
Calor de hidratação (calorímetro isotérmico)
Resistência à compressão

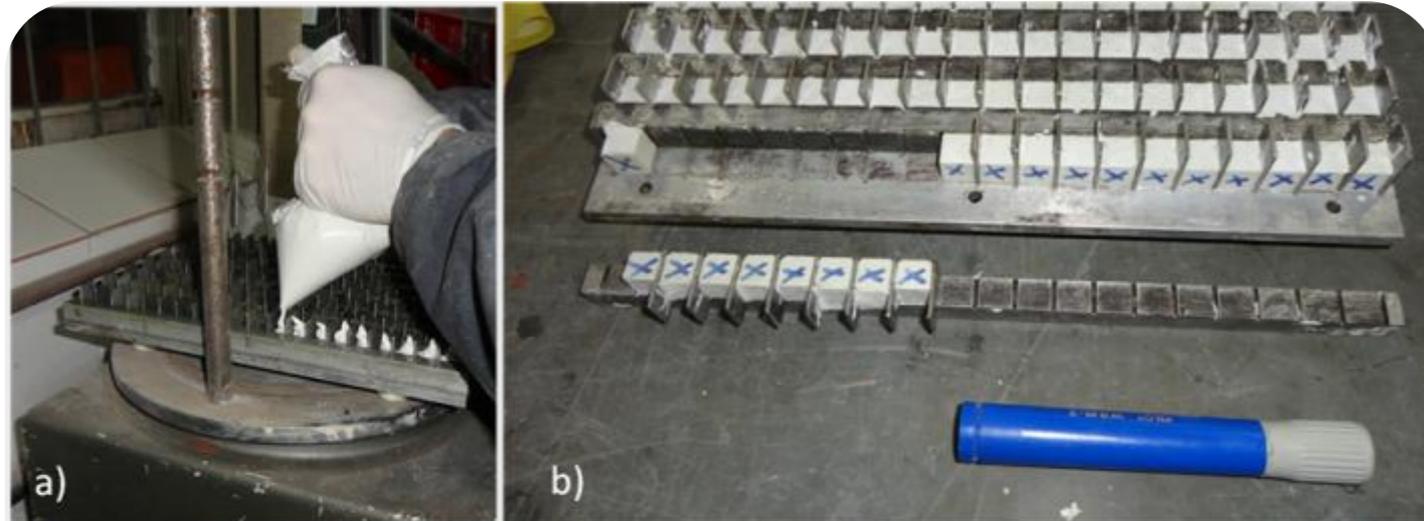
Avaliação física
Expansibilidade a quente
Resistência à compressão

Óxidos	Percentual em massa (%)				
	Bauxita	Calcário	Gipsita	LAA	EFP
CSAB – CONV.	16,17	68,38	15,45	0,00	0,00
CSAB - EFP	10,40	67,73	12,45	0,00	9,43
CSAB - LAA	0,00	72,83	7,32	18,45	0,00

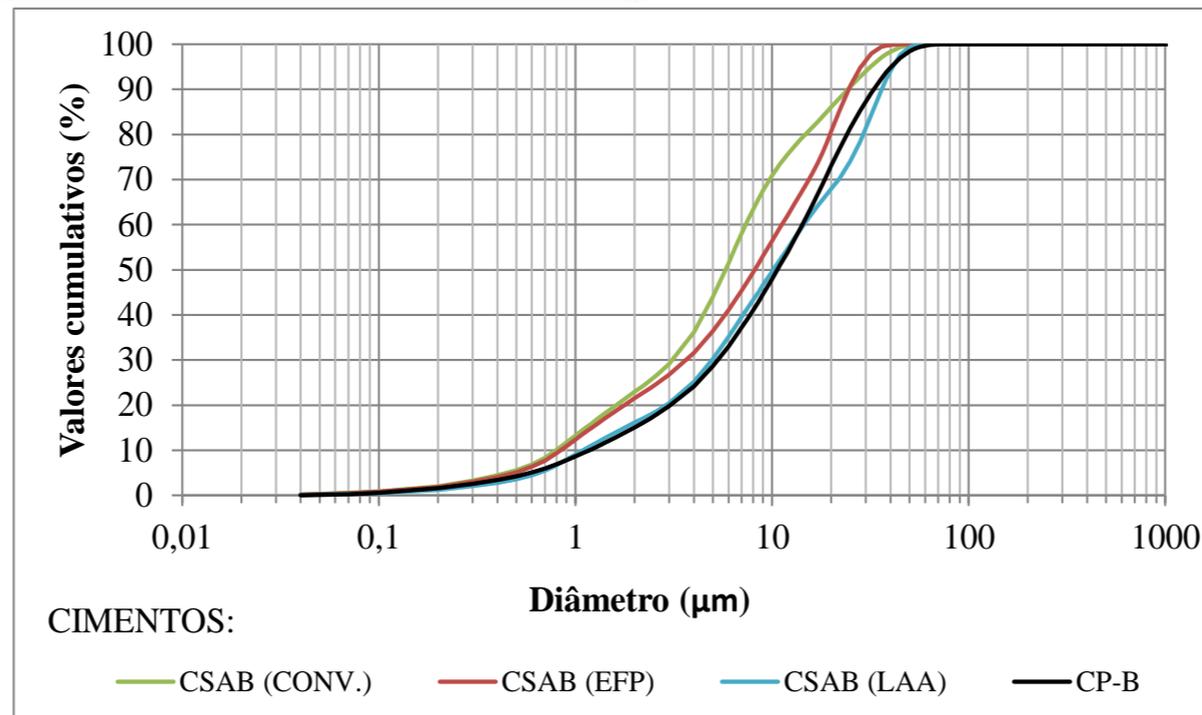
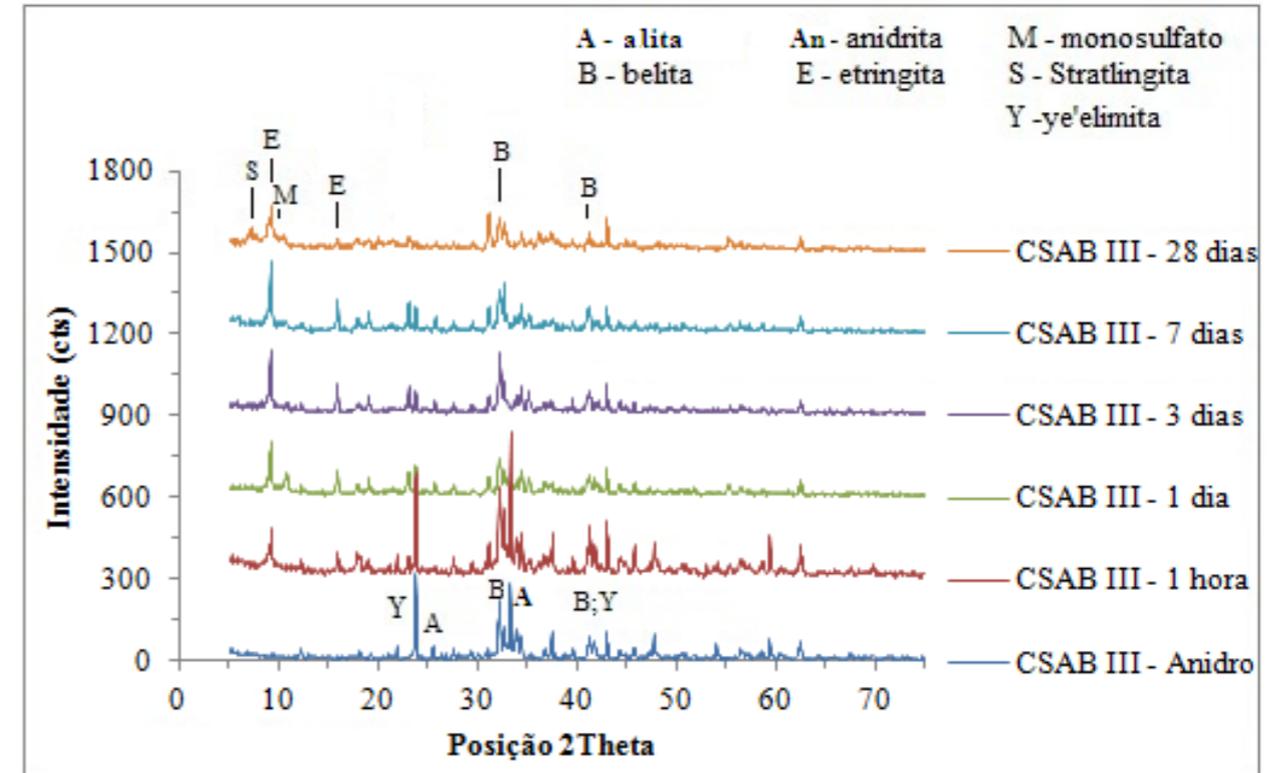
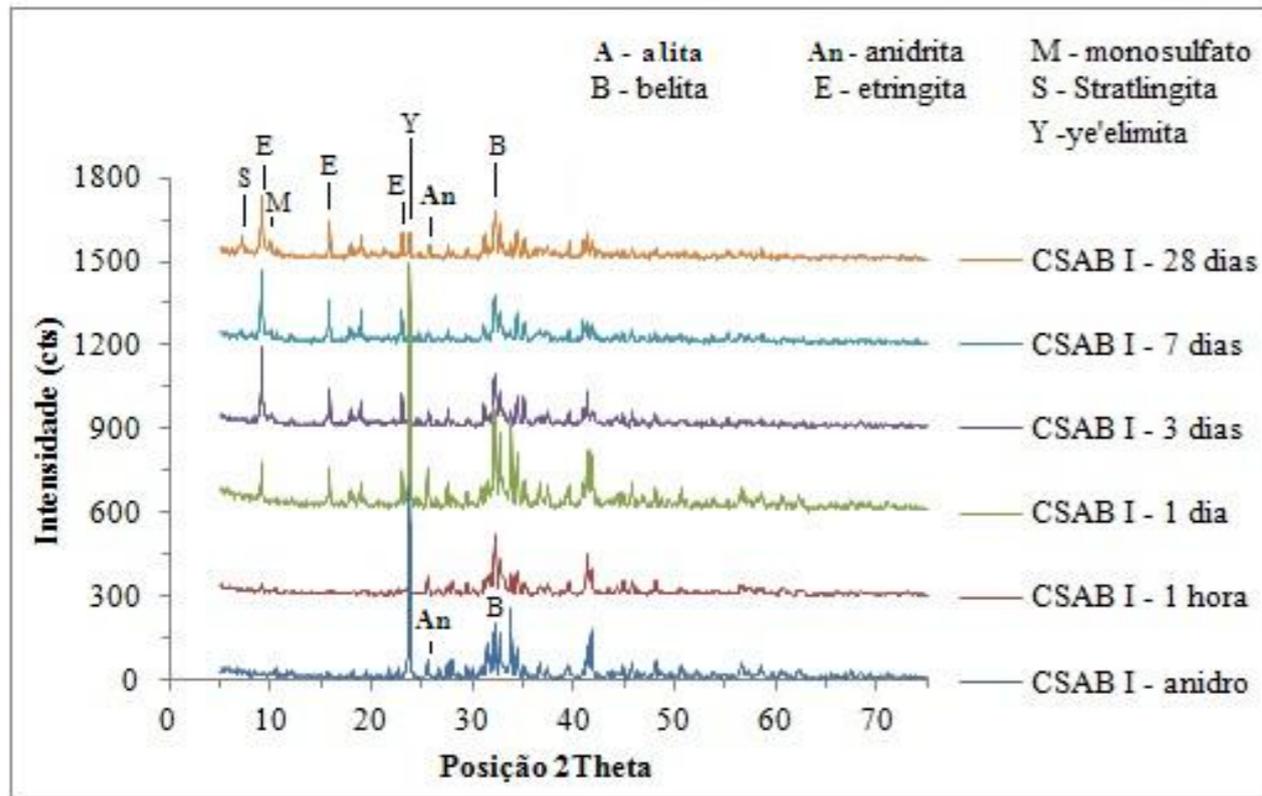
PRODUÇÃO DE CIMENTO C \bar{S} AB

Óxidos	Percentual em massa (%)			Fases	Percentual em massa (%)		
	CSAB (CONV)	CSAB (EFP)	CSAB (LAA)		CSAB (CONV)	CSAB (EFP)	CSAB (LAA)
SiO ₂	16.90	19.64	13.59	Ye´elimito	25.00	19.86	37.85
A ₂ O ₃	15.25	13.54	20.85	Belita	47.60	52.35	38.96
Fe ₂ O ₃	3.87	4.44	2.93	Ferrita	11.50	12.56	8.92
SO ₃	9.33	7.74	9.91	Andrita	10.00	7.81	8.41
CaO	48.83	52.77	44.64	Óxido de Calcio livre	0.00	0.00	0.00
MgO	4.16	5.59	4.05	Periclásio	4.10	5.11	4.05
Outras impurezas	1.67	2.58	1.80	Outras impurezas	1.60	2.31	1.80

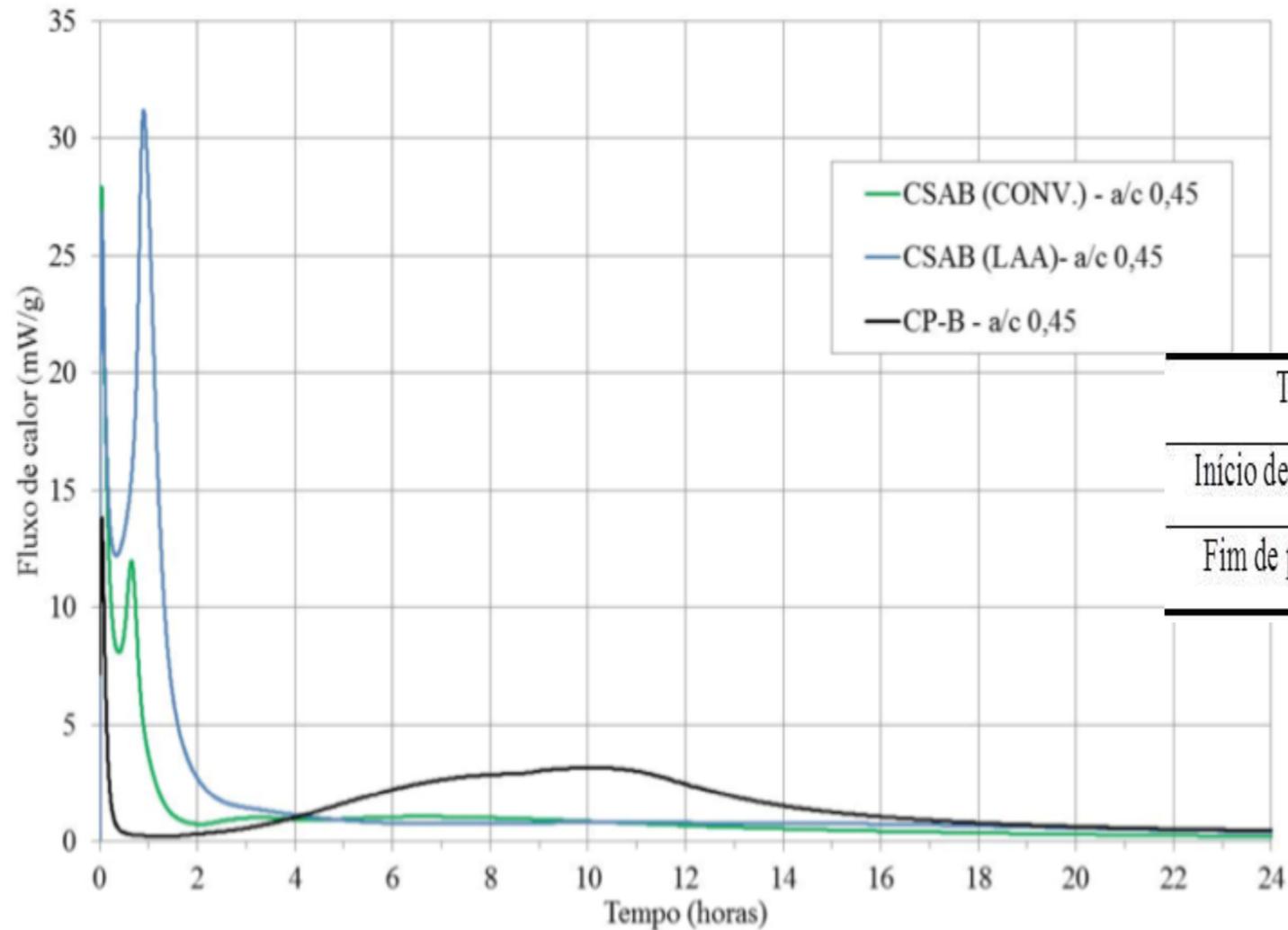
PRODUÇÃO DE CIMENTO C \bar{S} AB



PRODUÇÃO DE CIMENTO C³SAB



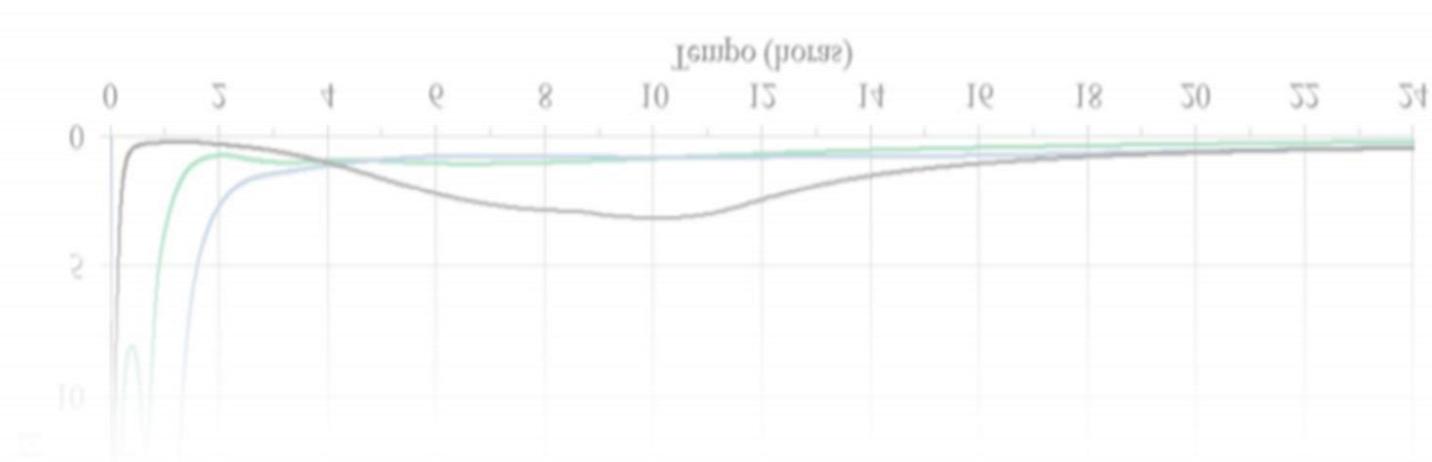
PRODUÇÃO DE CIMENTO C^SAB



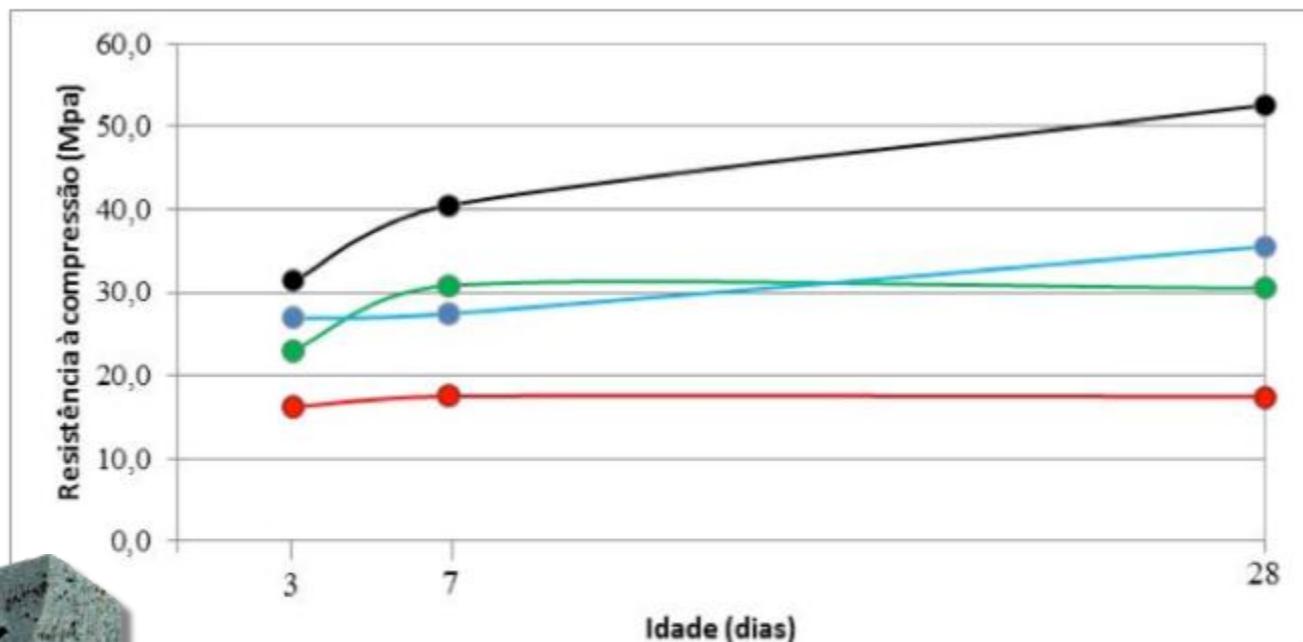
Tempo	CSAB (CONV.)	CSAB (EFP)	CSAB (LAA)	CP-B
Início de pega (h:min)	00:30	≈ 00:30	00:30	02:05
Fim de pega (h:min)	00:40	≈ 00:40	00:40	06:41

Estabilidade dimensional

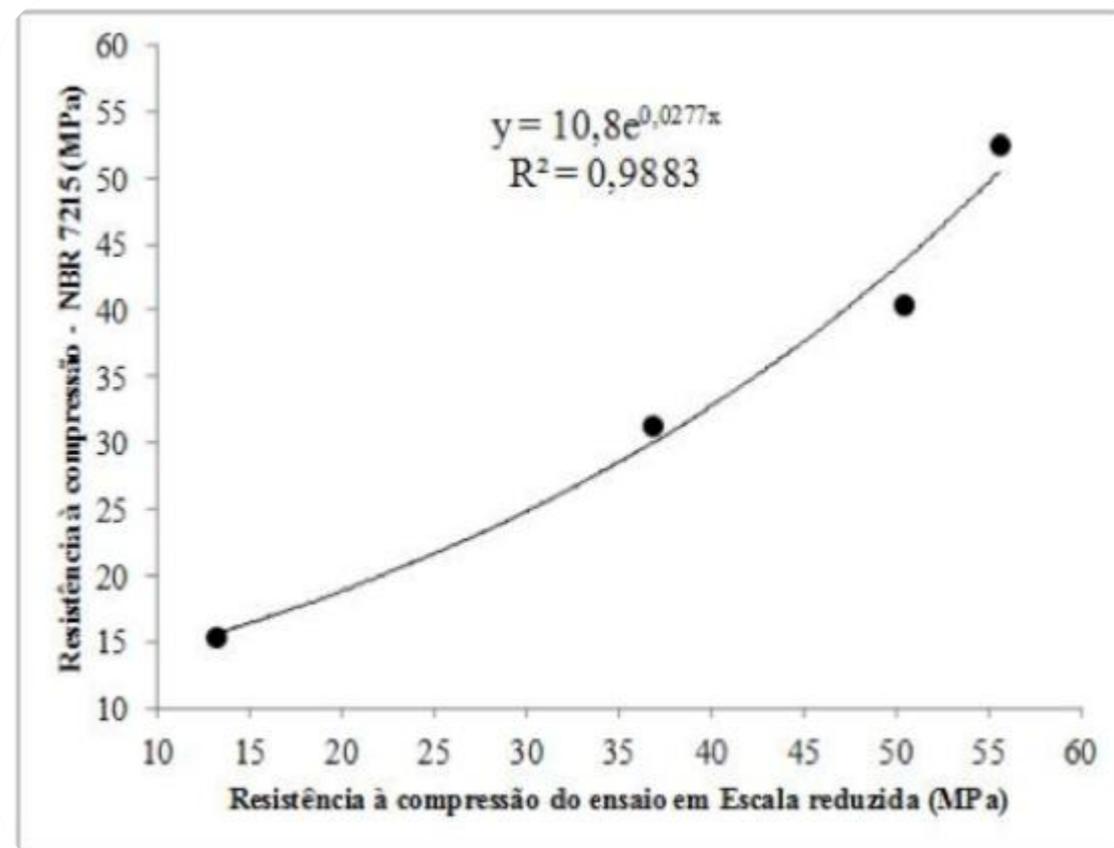
CSAB (CONV)	CSAB (EFP)	CSAB (LAA)
0.1 mm	0.0 mm	0.00 mm



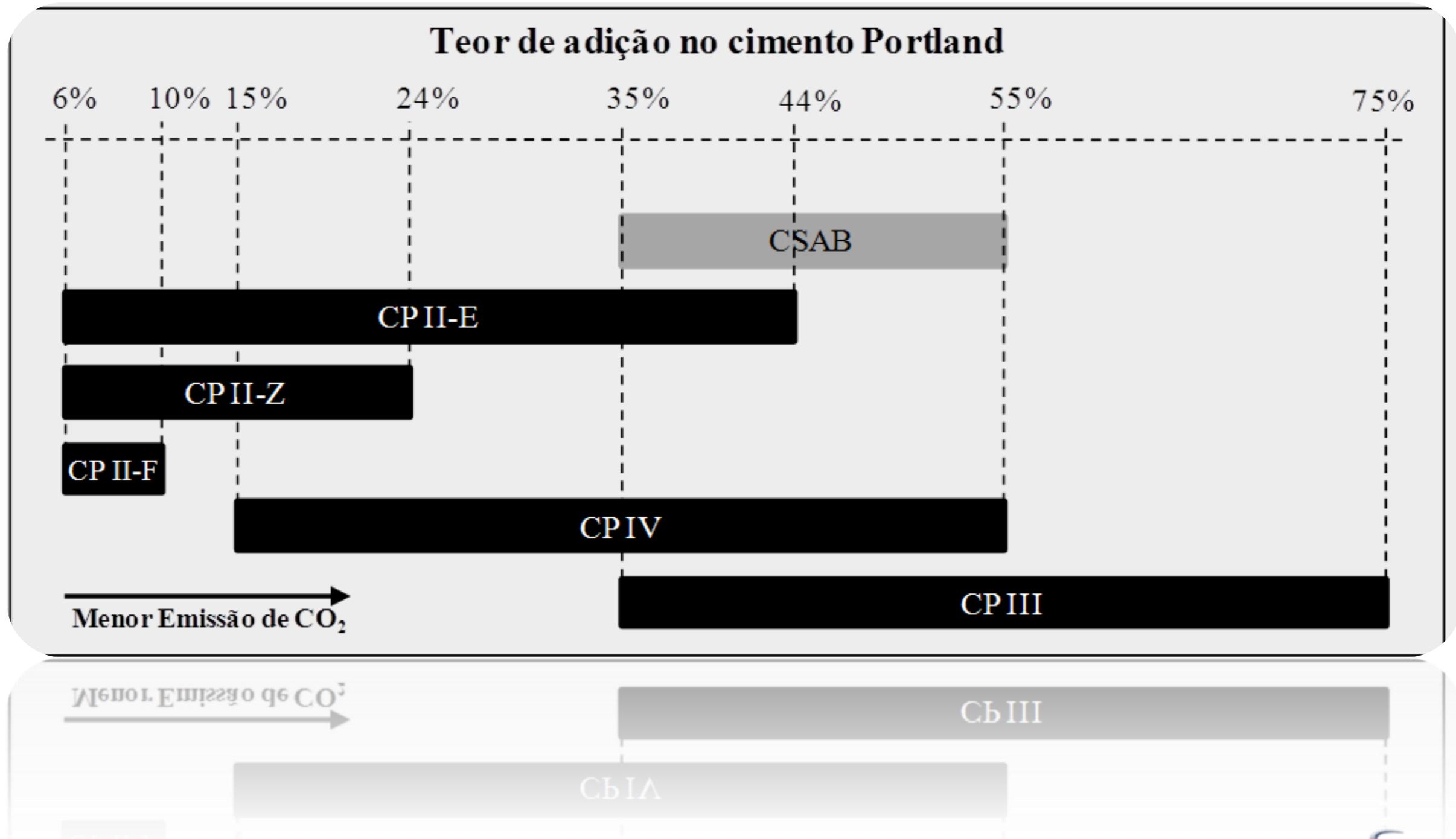
PRODUÇÃO DE CIMENTO C_SAB



CSAB (LAA)
15MPa -1 hora



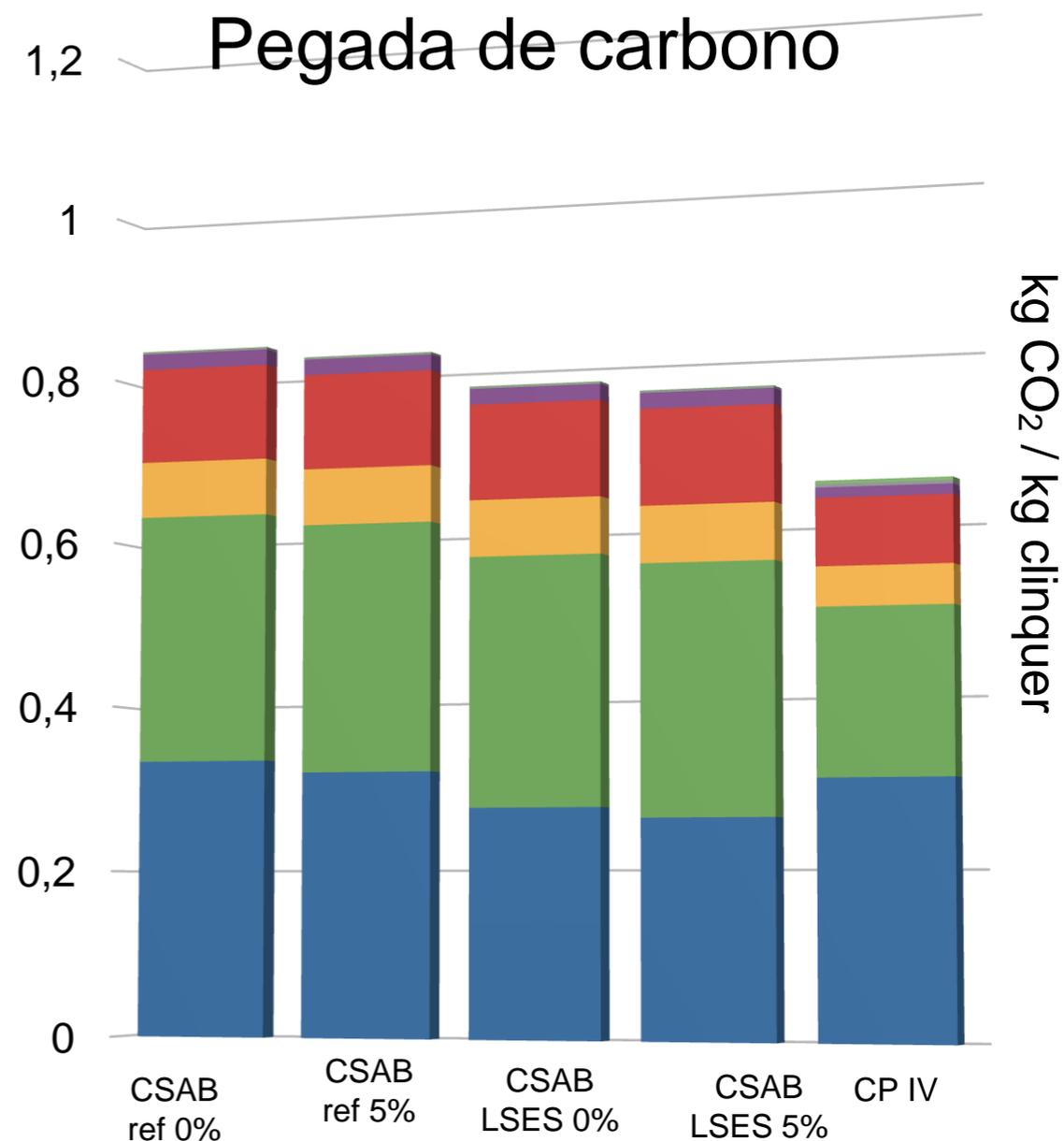
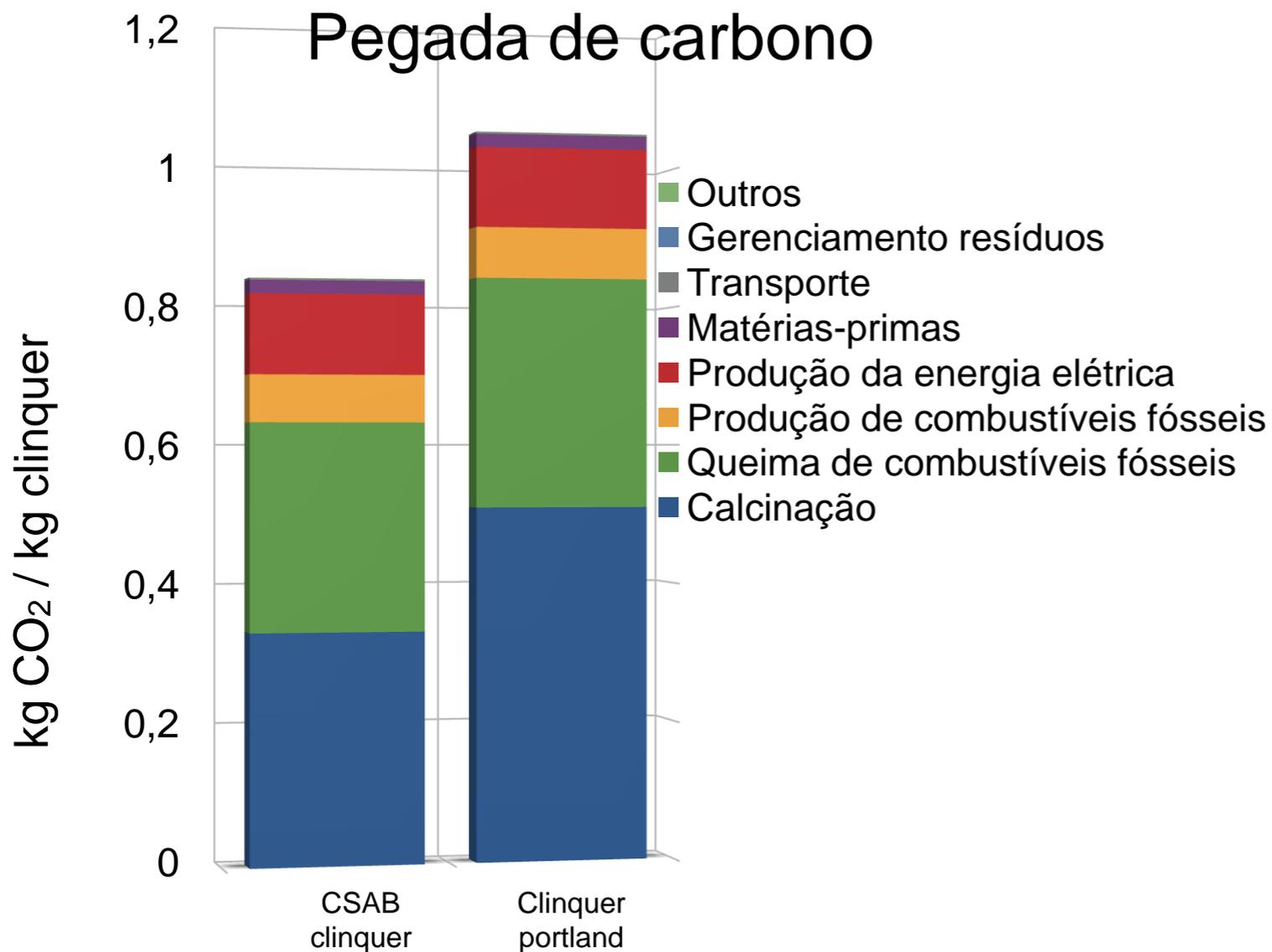
COMPARAÇÃO QUALITATIVA DA EMISSÃO DE CO₂ PELA DESCARBONATAÇÃO DA FARINHA



AValiação DO CICLO DE VIDA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO INOVADORES E TRADICIONAIS

Objetivo:

Estimar os impactos ambientais de materiais de construção, considerando possíveis melhorias no processo produtivo, consumo energético, aproveitamento de resíduos, entre outros.



CONCLUSÃO

- ☑ O tempo de início e fim de em torno de 30 e 40 minutos
- ☑ Cimentos de pega rápida que podem ser utilizados em obras especiais ou de reparos que exigem um curto tempo de pega
- ☑ Expansibilidade a quente atendeu a exigência de norma.
- ☑ Os cimentos CSAB produzidos a partir de matérias-primas convencionais e com substituição total da bauxita por LAA apresentaram desempenho mecânico semelhante ao CP-B.
- ☑ Porém, a farinha CSAB que foi composta com EFP produziu um cimento com resistência mecânica reduzida até os 28 dias, possivelmente pelo elevado teor de belita formada, observou-se ainda uma limitação do uso da EFP pelo conteúdo teórico de periclásio a ser formado no clínquer.
- ☑ **Ensaio de maiores escalas descreveriam com mais detalhes os cimentos estudados.**

CONTATO



NORIE/UFRGS

Av. Osvaldo Aranha 99, 3º andar
CEP 90035-190 Porto Alegre - RS
Brasil

Telefone

+55 (51) 3308-3518

Fax

+55 (51) 3308-4054



EcoCimentos

Linha EcoCimentos

Prof. Ana Paula Kirchheim

Email: anapaula.k@ufrgs.br

anapaula.k@gmail.com

Telefone

+55 (51) 3308-3879