

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SEID

Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento
Econômico

MINEROPAR

Minerais do Paraná S.A

PARANÁ MINERAL

**PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MINERAL
PARANAENSE**

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS CALCÁRIAS

Cal para construção civil

CURITIBA

2000

PARANÁ MINERAL

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MINERAL PARANAENSE

FOMENTO INDUSTRIAL

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS CALCÁRIAS

Cal para construção civil

COORDENAÇÃO

Luís Marcelo de Oliveira

EXECUÇÃO

Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
Geólogo Diclécio Falcade

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS CALCÁRIAS

Cal para construção civil

1. Generalidades

As rochas carbonatadas, nas quais incluem-se os calcários, são constituídas em 50% ou mais pelos minerais *calcita* (carbonato de cálcio – CaCO_3 – romboédrico), *aragonita* (carbonato de cálcio – CaCO_3 – ortorombico) e a *dolomita* ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ – carbonato de cálcio e carbonato de magnésio – romboédrico).

Entre os componentes minerais considerados como impurezas ou como secundários estão: quartzo, certos silicatos argilosos, óxidos metálicos de ferro e mangânes, matéria orgânica, fosfatos, sulfetos, sulfatos, fluoretos e brucita. Os elementos-traços que acompanham mais frequentemente a calcita e a dolomita são: alumínio, titânio, sódio, potássio, bário, estrôncio, chumbo, cádmio, vanádio, cromo, cobalto, níquel, cobre, gálio, zircônio, molibdênio e estanho.

Entre as várias classificações das rochas carbonatadas cálcio-magnesianas, destaca-se aquela proposta por Guimarães, J.E.P (1998), apresentada a seguir:

	$\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$	Ca/Mg
Calcário	> 10	> 105
Calcário magnesiano	10 – 3,5	105 – 60
Calcário dolomítico	3,5 – 1,5	60 - 16
Dolomito	1,5 – 1,2	
Pencatito-Predazito	Com brucita	

As múltiplas aplicações dos calcários/dolomitos são direcionadas pela sua composição física e química. Destacam-se as utilizações como agregados, pedra ornamental, pedra de construção, filer, meio filtrante, refratário, pigmento de tintas, carga fundente de fornos de metalurgia dos não-ferrosos e do ferro, pó de mineração, filer de misturas asfálticas, corretivos de acidez de solo, indústrias do vidro, cerâmica, lã mineral, ração mineral, cimento portland, cimento de alvenaria e cal.

Pela tradição, múltipla utilidade e benefícios sociais e econômicos, a cal é o principal produto derivado dos calcários/dolomitos/conchas calcárias. Em termos genéricos a designação cal inclui os vários tipos químicos e físicos do reagente químico-aglomerante (resultante da calcinação de rochas constituídas predominantemente por carbonato de cálcio e/ou magnésio), hidratados ou não.

Suas aplicações abrangem principalmente as indústrias químicas e metalúrgicas (siderurgia, metalurgia dos não-ferrosos, produtos químicos, tratamento de águas e esgotos, papel e celulose, cerâmica, produtos alimentícios, tintas, borracha, óleos reagentes para eliminação do SOx), construção civil, agricultura, saúde e doméstico, atingindo em mais de 100 as suas utilidades para a sociedade.

Das muitas aplicações que a cal tem no Brasil, as principais são nas áreas:

das Indústrias:

siderúrgicas	como fluxo (45 a 70 Kg/t aço nos fornos LD), aglomerante (2,5% da carga de pelotização), regulador de pH em tratamento de águas servidas, lubrificante para trefilagem de vergalhões de aço, dessulfurante de gusas altos em enxofre; e refratários básicos de fornos de aço
Celulose e papel	para regenerar a soda cáustica e para branquear as polpas de papel junto com outros reagentes (em geral, devido à recuperação em usinas de calcinação cativas, o consumo de 230 Kg/t de pasta de cal para valores bem menores)
açúcar	na remoção dos compostos fosfáticos, dos compostos orgânicos e na clarificação (total de 11,5 Kg/t de açúcar demerara);
álcalis	para recuperar a soda e a amônia (total 680 Kg por tonelada de carbonato de sódio e 700 Kg de hidróxido)
carbureto de cálcio	onde, com o coque, em forno elétrico, dá formação a este importante composto químico (1 tonelada de cal por tonelada de carbureto)
tintas	como pigmento e incorporante de tintas à base de cal e como pigmento para suspensões em água, destinadas às caiações
alumínio	Como regeneradora da soda (100 Kg/t de alumina)
diversas	de refratários, cerâmica, carbonato de cálcio precipitado, graxas, tijolos silico-cal, petróleo, couro, etanol, metalurgia do cobre, produtos farmacêuticos e alimentícios e biogás.

dos processos relativos a:

tratamento de águas potáveis e industriais	na correção de pH, no amolecimento, na esterilização, na coagulação do alume e dos sais metálicos, na remoção da sílica.
estabilização de solos	como aglomerante e cimentante (na proporção de 5 a 8% em volume da mistura solo-cal).

- obtenção de argamassas de assentamento e revestimento
 como agente plasticizante, de retenção de água e de incorporação de agregados (com ou sem aditivos, em geral nas proporções de 13 a 17% dos volumes).
- misturas asfálticas como neutralizador de acidez e reforçador de propriedades físicas (em geral, 1% das misturas).
- fabricação de blocos construtivos (tijolos e placas)
 como agente aglomerante e cimentante (em geral, 5 a 7% do volume do bloco)
- usos diversos precipitação de SOx dos gases resultantes da queima de combustíveis ricos em enxofre; corretivo de acidez de pastagens e solos agrícolas; de sinalização de campos esportivos; de proteção às árvores, de desinfetantes de fossas; de proteção de estábulos e galinheiros; e de retenção de água, CO₂ e SOx

Esta multiplicidade de usos, apesar de muito significativa, não recobre todo o universo das aplicações da cal, resumidas na Tabela a seguir (Guimarães J.E.P, 1998):

APLICAÇÕES DA CAL	
AGENTES DE PROCESSOS QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS	SETOR DE CONSUMO
ABSORÇÃO	Branqueamento Remoção do SO ₂ + SO ₃ Processo Sulfito (Fabricação de papel) Armazenamento de frutas
AGLOMERAÇÃO	Argamassa de assentamento Reboco e emboço Misturas asfálticas Materiais isolantes Misturas solo – cal Produto com silicato – cálcio Tijolo silico – cal Pelotização de minério de ferro Estuques
CAUSTIZAÇÃO	Recuperação de soda cáustica Processo de sulfato de soda (Fabricação de papel) Lavagens alcalinas
DESIDRATAÇÃO	Secagem de ar Borracha Solventes orgânicos Álcool
FLOCULAÇÃO	Açúcar Flutuação de minérios Tratamento de águas residuais Tratamento de águas para fins potáveis Tratamento de esgotos Pigmentos de Tintas
FLUXO	Fornos de aço LD – BOF Fornos de aço MARTIN – SIMENS Forno de aço elétrico Sintetização Metais não-ferrosos

HIDROLIZAÇÃO	Produtos de celulose Graxa lubrificante Compostos derivados de cloro Curtume
LUBRIFICAÇÃO	Lama de sondagens Trefilação de arames
AGENTES DE PROCESSOS QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS	SETOR DE CONSUMO
MATÉRIA - PRIMA	Borracha Concreto Alimentos Cianamida cálcica Alcalis Tintas Carbureto de cálcio Inseticidas Abrasivos Vidro
NEUTRALIZAÇÃO	Ácido cítrico Tratamento de águas Fertilizantes Resíduos de decapagem de metais Resíduos explosivos Laticíneos Drenagem de águas de minas Resíduos radioativos Resíduos de urânio Calagem Resíduos de cromo Resíduos de corantes
SOLUÇÃO	Gelatinas Couro (despelador) Tintas a base de caseína Papelão

2. Normas técnicas vigentes para a cal (ABNT)

Atualmente as normas relativas à cal no Brasil só dizem respeito a algumas aplicações: argamassas, tratamento de água para fins potáveis, siderurgia (aciaria), ensaios químicos e físicos e alguns processos de análises. As normas são as seguintes:

NBR 6453/88 – CAL VIRGEM PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

NBR 6471/85 – CAL VIRGEM E HIDRATADA - RETIRADA E PREPARAÇÃO DE AMOSTRA

NBR 6472/85 – CAL VIRGEM DETERMINAÇÃO DO RESÍDUO DE EXTINÇÃO

NBR 6473/85 – CAL VIRGEM E HIDRATADA - ANÁLISE QUÍMICA

NBR 7175/92 – CAL HIDRATADA PARA ARGAMASSAS – ESPECIFICAÇÃO

NBR 9205/85 – CAL HIDRATADA PARA ARGAMASSAS – DETERMINAÇÃO DE ESTABILIDADE

NBR 9206/85 - CAL HIDRATADA PARA ARGAMASSAS – DETERMINAÇÃO DA PLASTICIDADE

NBR 9207/85 – CAL HIDRATADA PARA ARGAMASSAS – DET. CAP. DE INCORP. DE AREIA

NBR 9289/86 – CAL HIDRATADA PARA ARGAMASSAS – DETERMINAÇÃO DA FINURA

NBR 9290/95 – CAL HIDRATADA PARA ARGAMASSAS – DET. DE RETENÇÃO DE ÁGUA

NBR 8815/85 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DET. DA REATIVIDADE PELO MET.WUHRE

NBR 8816/85 - CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DET.: P.F, SIO₂, R.I., MgO E CaO

NBR 9099/85 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DETERMINAÇÃO DO ENXOFRE
 NBR 9101/85 – COLETA DE AMOSTRA PARA CAL VIRGEM PARA ACIARIA
 NBR 9166/85 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DETERMINAÇÃO DO CO₂
 NBR 9169/85 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – PREP. DE AMOSTRAS PARA A.Q. e REATIV.
 NBR 9551/86 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – ESPECIFICAÇÃO
 NBR 9552/86 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DET. DA GRANULOMETRIA
 NBR 9553/86 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DET. DO CO₂ POR GASOMETRIA
 NBR 9554/86 – CAL VIRGEM PARA ACIARIA – DET. DE FÓSFORO POR COLORIMETRIA
 NBR 10790/89 CAL VIRGEM E CAL HIDRATADA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA
 NBR 19791/95 – CAL VIRGEM – DET. DO TEMPO DE EXTINÇÃO
 NBR 13293/95 – C.V. e C.H. PARA TRATAMENTO DE ÁGUA – ANÁLISE QUÍMICA
 NBR 13294/95 – C.V e C.H. – DET. DE ÓXIDO E HIDRÓXIDO DE MAGNÉSIO
 NBR 5734/88 – PENEIRAS PARA ENSAIO COM TELAS DE TECIDO METÁLICO

3. Qualidade das cales produzidas no Brasil

Segundo a ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal, as cales postas no mercado pelas empresas brasileiras de médio e grande porte têm suas propriedades regidas pelos valores médios contidos na tabela a seguir:

TIPO DE CAL	CaO (%)	MgO (%)	Insol. n o HCl (%)	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ (%)	P.F (%)	CO ₂ (%)	SO ₃ (%)	CaO + MgO Base de não volátil (%)	MgO Não Hidratado (%)	MI/HCl/4 N (10 min)
Cal virgem cálcica	90 a 98	0,1 a 0,8	0,5 a 3,5	0,2 a 1,0	0,5 a 5,0	0,2 a 3,8	0,1 a 0,6	96 a		225 a 400
Cal hidratada cálcica	70 a 74	0,1 a 1,4	0,5 a 2,5	0,2 a 0,8	23 a 27	1,5 a 3,5	0,1 a 0,0	98,5	0,5 a 1,8	
Cal hidratada dolomítica ou magnesiana	39 a 61	15 a 30	0,5 a 18,2	0,2 a 1,5	19 a 27	3,0 a 6,0	0,02 a 0,20	76 a 99	5 a 25	
Cal virgem dolomítica ou magnesiana	51 a 61	30 a 37	0,5 a 4,5	0,2 a 1,0	0,5 a 4,8	0,5 a 4,5	0,05 a 0,10			225 a 290

4. Normas técnicas e especificações

4.1 Cal virgem para construção (Norma 6453/88)

Especificação

Esta norma fixa as condições exigíveis no recebimento de cal virgem a ser empregada na construção.

Normas complementares

NBR 6471, NBR 6472, NBR 6473 e NBR 9551

Definição

Cal resistente de processo de calcinação da qual o constituinte principal é o óxido de cálcio ou hidróxido de cálcio em associação natural com o óxido de magnésio, capaz de reagir com a água. Em função dos teores de seus constituintes pode ser classificada como cálcica (ou alto cálcio), dolomítica e magnesiana, conforme tabela a seguir:

Tabela 1 – Classificação de cal virgem

CLASSIFICAÇÃO	% DE CaO EM RELAÇÃO AOS ÓXIDOS TOTAIS
Cálcica	≥ 90
Magnesiana	≥ 65 a < 90
Dolomítica	< 65

Condições Gerais

- A cal virgem é fornecida de acordo com a praxe comercial, a granel ou embalada, de maneira a minimizar a sua hidratação.
- A unidade de compra, no fornecimento de cal virgem, é o quilograma.

Condições Específicas

A amostra deve preencher as seguintes exigências:

a) anidrido carbônico:

- na fábrica, máx..... 5 %
- no depósito, máx..... 7 %

- b) CaO + MgO (base não volátil), mín 88 %
 c) Resíduo de extinção, máx 12 %

Para efeito de classificação, quanto à reatividade, granulometria e teor de óxido de cálcio disponível, as cales são enquadradas em classes, de acordo com os limites estabelecidos nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 – Granulometria (NBR 9551)

GRANULOMETRIA	DIMENSÃO (mm)
Fina	$D < 2$
Média	$2 < D \leq 10$
Semi-grossa	$10 < D \leq 40$
Grossa	$40 < D \leq 80$

Tabela 3 – Reatividade (NBR 9551)

CLASSES	Volume de HCl, 4N, gastos (10 min) em cm ³	
	Cálcica	Magnesiana/Dolomítica
Altamente reativa	≥ 350	≥ 250
Medianamente reativa	≥ 250 a < 350	≥ 160 a < 250
Fracamente reativa	< 250	< 160

Tabela 4 – Óxido de cálcio disponível

CLASSES	Percentagem de CaO (base não volátil)	
	Cálcica	Magnesiana/Dolomítica
Altamente reativa	≥ 90	≥ 50
Medianamente reativa	≥ 80 a < 90	≥ 45 a < 50
Fracamente reativa	< 80	< 45

4.2 Cal hidratada para argamassa (Norma 7175/92)

Especificação

Esta norma fixa as características exigidas no recebimento de cal hidratada destinada a ser empregada em argamassas para construção civil.

Normas complementares

NBR 6471, NBR6472, NBR 6473, NBR 9205, NBR 9206, NBR 9207 e 9289.

Definição

Pó seco obtido pela hidratação de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Condições gerais

A cal hidratada deve ser designada conforme os teores de óxidos não hidratados e de carbonatos indicados na Tabela 1, pelos seguintes tipos e siglas:

- a) CH – I Cal hidratada especial
- b) CH – II Cal hidratada comum
- c) CH – III Cal hidratada comum com carbonatos.

CH – I : quando constituída essencialmente por de hidróxido de cálcio ou uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, com teor de CO₂ igual ou menor que 5%.

CH – II : quando constituída essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio, com teor de anidrido carbônico igual ou menor que 5%, sem limite para os teores de óxidos não hidratados.

CH – III : quando constituída essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio, com teor de anidridi carbônico igual ou menor que 13%.

Condições específicas

Exigências químicas

Tabela 1

COMPOSTOS		LIMITES		
		CH - 1	CH - 2	CH - 3
Anidrido Carbônico (CO ₂)	Na fábrica	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 13 %
	No depósito ou na obra	≤ 7 %	≤ 7 %	≤ 15 %
Óxido não-hidratado calculado ^{(A),(B)}		≤ 10 %	Não exigido	≤ 15 %
Óxidos totais na base de não-voláteis (CaO+MgO) ^(A)		≥ 88 %	≥ 88 %	≥ 88 %

^(A) O teor de não hidratados em óxido de cálcio (CaO) ou óxido de magnésio (MgO), deve ser calculado como segue:

- a) CaO combinado com CaSO₄.....% SO₃ x 0,70
- b) CaO combinado com CaCO₃.....% CO₂ x 1,27
- c) CaO hidratado e não hidratado% CaO total – (a+b)
- d) Água combinada% PF - % CO₂
- e) CaO hidratadod x 3,11
- f) CaO não-hidratadoc – e
- g) MgO hidratado (calculado quando (c – e) for negativo(-f) x 0,71
- h) MgO não hidratadoMgO total-g

^(B) O teor de óxido não-hidratado calculado é expresso por “e” ou “h” ou “(e+h)”.

Exigências físicas

Tabela 2

DETERMINAÇÕES		LIMITES	
		CH - I e CH - II	CH - III
Finura (%retida aculada)	Peneira 0,600 mm (30)	≤ 0,5%	≤ 0,5%
	Peneira 0,075 mm (200)	≤ 15%	≤ 15%
Estabilidade		Ausência de cavidades ou protuberância	Ausência de cavidades ou protuberância
Retenção de água		≥ 80%	≥ 70%
Plasticidade		≥ 110%	≥ 110%
Incorporação de areia		≥ 2,5%	≥ 2,2%

As exigências químicas e físicas devem ser verificadas de acordo com os seguintes métodos de ensaio:

- a) retirada e preparação de amostraNBR 6471
- b) anidrido carbônicoNBR 6473
- c) óxidos não hidratados.....NBR 6473
- d) óxidos totais.....NBR 6473
- e) finuraNBR 9289
- f) estabilidadeNBR 9205
- g) retenção de águaNBR 9290
- h) plasticidadeNBR 9206
- i) incorporação de areiaNBR 9207

5. O Programa de Qualidade da Cal Hidratada para a Construção Civil

Com o objetivo principal de propagar a evolução tecnológica do setor, através da melhoria do desempenho das cales hidratadas fornecidas aos consumidores da construção civil, a ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal vem implementando, desde novembro/95 o “Programa da Qualidade da Cal Hidratada para a Construção Civil”.

Para gerenciar este programa, a ABPC contratou a TESIS – Tecnologia de Sistemas em Engenharia S/C Ltda e para a realização dos ensaios estão sendo utilizados os Laboratórios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT).

A verificação da qualidade dos produtos auditados está sendo feita com base na Norma Técnica de Empresa (NTE) Q-842-CA-NT-001 – “Requisitos exigidos pelo Programa da Qualidade da Cal Hidratada para a Construção Civil”. A elaboração desta especificação adotou como Referência a Norma Brasileira ABNT NBR 7175/92, apresentando, no entanto, as seguintes diferenças:

- a (NTE) Q-842-CA-NT-001 especifica o limite de 10% para o teor de resíduos insolúveis (RI), enquanto que a NBR 7175/92 não especifica um limite para esse teor. É importante salientar que o teor de resíduos insolúveis é inversamente proporcional à quantidade de óxidos totais, valor este especificado pela NBR 7175/92. Desta forma, pode-se afirmar que o teor de resíduos insolúveis é “indiretamente” limitado pela NBR 7175/92.

- a NBR 7175/92 estabelece a execução do ensaio de determinação da plasticidade de acordo com a NBR 9206/85. O Projeto de revisão desta norma já foi submetido a votação e está aguardando a publicação da norma "Determinação da água da pasta de consistência normal", cujo Projeto 18:406.02-012 foi enviado para publicação. O Projeto de revisão da NBR 9206/85 está sendo adotado pelo Programa através da NTE Q-842-CA-NT-002.
- a NBR 7175/92 estabelece a execução do ensaio de determinação de estabilidade de acordo com a NBR 9205/85. O Projeto de revisão desta norma ainda não foi encaminhado para votação, sendo que o mesmo está sendo adotado pelo Programa através da NTE Q-842-CA-NT-003.
- a NBR 7175/92 estabelece a execução do ensaio de determinação da capacidade de incorporação de areia de acordo com a NBR 9207/85. O projeto de revisão foi encaminhado para publicação. Este Projeto de revisão está sendo adotado pelo Programa através da NTE Q-842-CA-NT-004.
- a NTE Q-842-CA-NT-001 especifica a tolerância inferior máxima de 2% para a massa líquida de cada saco de cal hidratada, com arredondamento para o décimo de quilo mais próximo.
- a NTE Q-842-CA-NT-001 especifica a necessidade do saco de cal hidratada conter informações que determinam o prazo para a utilização do produto.

De acordo com o Programa de Qualidade da Cal Hidratada Para a Construção Civil, as cales hidratadas que não atendem aos requisitos químicos e físicos especificados na NTE Q-842-CA-NT-001 também estão em não-conformidade com a NBR 7175/92.

6. Laboratórios e custos de ensaios (Cal virgem e hidratada)

BIANCO – TECNOLOGIA DO CONCRETO S/C

Av. Souza Naves, 1321 – Curitiba – PR

Serviços e preços

Testes físicos

1. Finura (NBR-9289)	R\$ 20,00
2. Massa específica absoluta (NBR-6473).....	R\$ 25,00
3. Massa específica aparente no estado solto	R\$ 17,00
4. Capacidade de incorporação de areia no plastometro de “Voss” (NBR 9207)	R\$ 80,00
5. Retenção de água (NBR-9290)	R\$ 55,00
6. Plasticidade (NBR-9206)	R\$ 65,00
7. Estabilidade (NBR-9205)	R\$ 60,00
8. Forma do grão (índice de forma NBR 7809)	R\$ 57,00
9. Abrasão “Los Angeles” (NBR-6465)	R\$ 95,00
10. Estudo Tecnológico de Dosagem	R\$ 180,00
Sub-Total	R\$ 654,00

Testes químicos

1. Análise química de cal virgem (NBR-6473)	R\$ 80,00
2. Análise química de cal hidratada (NBR-6473)	R\$ 120,00
3. Resíduo Insolúvel	R\$ 30,00
4. Perda ao rubro	R\$ 26,00
5. Anidrido carbônico	R\$ 39,00
Sub-Total	R\$ 295,00

Obs. Prazo de execução previsto para um estudo completo na ordem de 07 dias. A quantidade mínima de material é de 5 Kg / amostra.

TECPAR – Instituto de Tecnologia do Paraná
Núcleo de Informação e Extensão Tecnológica
Curitiba – PR

Serviços e preços

Testes físicos

1. Granulometria:	
- Peneira ABNT 10 (2mm)	R\$ 2,50
- Peneira ABNT 20 (0,84mm)	R\$ 2,50
- Peneira ABNT 50 (0,30)	R\$ 2,50
- Fundo de peneira	R\$ 2,50
Sub-total	R\$ 10,00

Testes químicos

1. Perda ao Fogo	R\$ 15,00
2. Insolúveis em HCl	R\$ 10,00
3. Óxido de cálcio.....	R\$ 10,00
4. Óxido de magnésio	R\$ 10,00
5. Óxido de ferro	R\$ 12,00
6. Óxido de alumínio	R\$ 12,00
7. Óxido de manganês	R\$ 12,00
8. Anidrido carbônico	R\$ 15,00
9. Anidrido fosfórico	R\$ 15,00
10. Anidrido silícico	R\$ 15,00
11. Anidrido sulfúrico	R\$ 15,00
12. Massa específica	R\$ 15,00
Sub-total	R\$ 156,00

Obs. Prazo para execução dos ensaios e entrega de relatório de análise é definido em função do número de amostras entregues ao laboratório.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
Centro de Tecnologia e Urbanismo
Laboratório de Materiais de Construção e Conforto
Campus Universitário / Londrina - PR

Testes físicos e químicos

1. Finura	R\$ 27,50
2. Massa específica	R\$ 27,50
3. Massa unitária	R\$ 22,00
4. Teor de pedra cua	R\$ 66,00
5. Teor de CO ₂	R\$ 55,00
6. Resíduo insolúvel	R\$ 66,00
7. Temperatura de extinção	R\$ 22,00
8. Retenção de água	R\$ 49,50
9. Incorporação de areia	R\$ 66,00
Total	R\$ 401,50