

**PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DO PARANÁ
PRO CERÂMICA**

Projeto de prospecção de matéria-prima

**AVALIAÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS ALTERNATIVAS PARA
ATENDER AS OLARIAS DO SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE
CURITIBA**

Execução: Geólogo Luciano Cordeiro de Loyola - Gerente
Técnico em Geologia Roberto Eustáquio dos Anjos Santiago

2004

INTRODUÇÃO

Entre os objetivos do Projeto, destaca-se aquele que previa a pesquisa regional para descobrir, caracterizar e avaliar fontes alternativas de argila que pudessem suprir as necessidades das olarias da região da região Metropolitana de Curitiba (RMC).

As olarias desta região da RMC utilizam atualmente como fonte de matéria-prima as argilas lavradas juntamente com a areia ao longo dos rios Iguaçu, Miringuava e Maurício, principalmente. Nestas lavras a areia é o principal minério e, a argila minério secundário.

Devido ao esgotamento das reservas e ao fato que as lavras estão cada vez mais distantes das olarias, nos últimos anos estas empresas optaram por utilizar na mistura a chamada **argila de barranco**, que nada mais é que o solo essencialmente argiloso formado a partir da alteração de rochas graníticas e migmatíticas.

Estes solos, ou melhor, estas argilas, têm coloração variando do amarelo ao roxo, passando por tons de laranja, marrom e vermelho. Nos perfis de alteração são encontrados facilmente pequenos veios e grãos de quartzo. São argilas que tendem a ser arenosas e seu argilo mineral é a caulinita, como pode ser comprovado pelos altos teores de Al_2O_3 nas análises químicas efetuadas nestes materiais..

Nas lavras de argila de barranco, os encarregados da lavra diferenciam pacotes mais plásticos de argila vermelha, os mais arenosos formados por argilas marrons e a tabatinga, denominação dada para a argila que consideram ter a melhor qualidade. As amostras coletadas para tentar esclarecer estas diferenças foram respectivamente LL-661, LL-662 e LL-663.



Foto 1: Imagem da lavra de argila de barranco do Sr. João Ferreira, em São José dos Pinhais. Nesta foto a argila mostrada é a considerada mais arenosa. LL-661.



Foto 2: Outra imagem da lavra de argila de barranco do Sr. João Ferreira, em São José dos Pinhais. Nesta foto a argila mostrada é a vermelha, considerada mais plástica. LL-662.

As argilas que formam as porções superiores dos pacotes nas lavras de areia, têm sido lavradas em maior quantidade no Areal Costa, nas margens do rio Iguaçu, em Araucária. Devido a coloração que são encontradas, os oleiros usam de maneira diversa as argilas pretas a cinzas (amostra LL-664) das amostras amarelas a cinza

(LL-665). A maneira como são encontradas e lavradas podem ser vistas nas próximas fotos.



Foto 3: aspecto geral da lavra de argila no Areal Costa.

Foto 4: Argila de coloração preta a acinzentada.



Foto 5: aspecto da argila de coloração amarela a cinza.

As olarias costumam misturar em proporções variáveis a **argila de barranco**, sendo mais comum 15% desta e 85% de argila de várzea. Uma típica pilha de estocagem pode ser observada abaixo.



Foto 6: aspecto de uma pilha de estocagem onde foram misturadas as argilas de barranco e de várzea.

PESQUISA

Para atender o objetivo de se encontrar fonte alternativa para compor a massa cerâmica das olarias da região sul da RMC, optou-se por testar a mistura de *argilas de barranco* coletadas em diversos pontos e misturadas em proporções variáveis com o folhelho Campo do Tenente.

As ocorrências pesquisadas, todas elas, apresentam potencial para virem a tornar-se lavras deste tipo de argila.

Inicialmente, foram percorridas as principais rodovias e estradas vicinais entre os municípios de Curitiba, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Araucária, Contenda, Lapa e Campo do Tenente.

Após este reconhecimento prévio, concluiu-se que são diversos os locais onde poderia, eventualmente, ser lavrada *argila de barranco*. As amostras coletadas e pontos de controle, onde também foram encontradas *argilas de barranco* estão citadas na tabela abaixo.

Tabela 1: Pontos do trabalho de campo, pesquisa regional.

| Ponto | Localização | UTM X | UTM Y | Amostra |
|--------------|---|--------------|--------------|--------------------------|
| 1 | Passo Amarelo – Faz. Rio Grande | 670.677 | 7.561.137 | LL-636 |
| 2 | Colônia Lima – Mandirituba | 669.851 | 7.152.406 | LL-637 |
| 3 | Paralela à BR 116 - Mandirituba | 666.419 | 7.146.350 | LL-638 |
| 4 | Mandirituba | 664.151 | 7.145.614 | Ponto de Controle |
| 5 | Areia Branca dos Assis - Mandirituba | 663.807 | 7.137.650 | LL-639 |
| 6 | Mandirituba | 670.106 | 7.143.691 | Ponto de Controle |
| 7 | Mandirituba | 669.666 | 7.144.233 | Ponto de Controle |
| 8 | Paralela à BR 116 – Mandirituba | 667.726 | 7.150.980 | LL-640 |
| 9 | Estrada Quitandinha/Lapa(folhelho) | 631.807 | 7.141.726 | LL-641 |
| 10 | Campo do Tenente (folhelho) | 641.192 | 7.125.853 | LL-642 |
| 11 | BR 476 –Divisa Araucária/Contenda | 650.860 | 7.160.324 | LL-643 |
| 12 | Araucária | 655.815 | 7.159.472 | Ponto de Controle |
| 13 | Araucária | 656.164 | 7.158.503 | Ponto de Controle |
| 14 | Est. Contenda / Catanduvas do Sul | 647.719 | 7.155.878 | LL-645 |
| 15 | Divisa Araucária / Contenda | 653.098 | 7.157.032 | Ponto de Controle |
| 16 | Contenda | 647.498 | 7.159.824 | LL-646 |
| 17 | Colônia Marcelino –São J. dos Pinhais | 676.555 | 7.150.402 | LL-644 |
| 18 | Est. Contenda / Catanduvas do Sul | 647.659 | 7155.840 | LL-653 |
| 19 | Pesque-pague – Mandirituba | 666.415 | 7.146.348 | LL-654 |
| 20 | Mandirituba | 668.476 | 7.149.785 | LL-655 |
| 21 | Lavra de Solo – Faz. Rio Grande | 674.472 | 7.164.602 | LL-656 |
| 22 | Olaria Dois Irmãos – Curitiba | 672.947 | 7.170.241 | LL-657 |
| 23 | Olaria Beira Rio - Curitiba | 673.182 | 7.167.287 | LL-658 |
| 24 | Olaria Opemack - Curitiba | 668.269 | 7.167.899 | LL-659 |
| 25 | Olaria Tortato – São José dos Pinhais | 680.542 | 7.169.004 | LL-660 |
| 26 | Exploração de argila de barranco de João Ferreira – S. J. Pinhais | 676.744 | 7.165.762 | LL-661, LL-662 LL-663 |
| 27 | Areal Costa - Araucária | 655.801 | 7.168.689 | LL-664 e LL-665 |

Foram coletadas amostras para envio ao laboratório da MINEROPAR, e posteriormente para o SENAI Tijucas/SC e CTCmat (Criciúma, SC).

As amostras LL-641 e LL-642 são de folhelho Campo do Tenente. A amostras LL-641 foi analisada com a intenção de se verificar a homogeneidade deste material em comparação com a amostra LL-642, esta utilizada para compor as misturas em proporções de 30%, 50% e 70% de composição da massa com amostras de solo e queimadas a temperatura de 950°C. As amostras de solo utilizadas para estas composições foram as LL-636 a LL-640 e LL-643 a LL-646. Resultando em 27 amostras compostas.

O laboratório da MINEROPAR utilizou o método de corpos de prova prensados a 200 Kgf/cm², onde a argila é seca, moída e peneirada antes de utilizada na confecção dos corpos de prova.

A tabela abaixo mostra que os melhores resultados foram obtidos com a mistura de 70% de folhelho Campo do Tenente. Na prática estas misturas terão que ser testadas extrudadas e também em escala industrial, passando por marombas e queimadas pela mesma seqüência e tecnologia de fabricação dos produtos atuais, onde são utilizadas argilas oriundas da várzea do Iguaçu misturadas a solo de alteração do embasamento cristalino. Utilizou-se como parâmetro de comparação nas tabelas deste relatório os valores do Módulo de Ruptura e Absorção de Água.

| Mistura | Amostra LL | | | | | | | | | |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 643 | 644 | 645 | 646 |
| 30% | MR | 77,68 | 51,79 | 77,82 | 51,00 | 80,09 | 56,71 | 66,07 | 76,36 | 39,80 |
| | AA | 29,66 | 22,92 | 18,76 | 23,31 | 24,17 | 20,26 | 21,79 | 29,23 | 26,20 |
| 50% | MR | 134,79 | 75,45 | 109,38 | 107,78 | 130,96 | 102,51 | 97,20 | 106,82 | 66,57 |
| | AA | 24,49 | 21,80 | 17,07 | 20,04 | 20,78 | 18,63 | 20,40 | 25,69 | 24,63 |
| 70% | MR | 194,15 | 161,10 | 155,73 | 190,44 | 184,87 | 131,08 | 143,30 | 154,55 | 148,76 |
| | AA | 19,10 | 17,01 | 15,10 | 16,65 | 17,88 | 18,59 | 17,25 | 21,51 | 18,81 |

Tabela 2: Pontos do trabalho de campo, pesquisa regional. Fonte laboratório da MINEROPAR.

Mistura = Percentagem de Folhelho Campo do Tenente

MR = Módulo de Ruptura em kgf/cm²

AA = Absorção d'água em %

Na tabela seguinte, estão os resultados de mais 04 amostras de solo coletadas e também de 04 massas de argila utilizadas por olarias locais. As amostras de solo foram misturadas na proporção de 50% com o folhelho Campo do Tenente.

Os resultados mostraram nestes ensaios realizados com corpos de prova prensados, que as misturas têm qualidade equivalente as massas cerâmicas.

| Mistura | | Amostra LL | | | | | | | |
|---------|----|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 |
| Massa | MR | | | | | 103,05 | 67,34 | 66,83 | 44,70 |
| | AA | | | | | 21,96 | 21,11 | 36,73 | 23,11 |
| 50% | MR | 96,08 | 135,05 | 105,43 | 111,86 | | | | |
| | AA | 26,73 | 18,10 | 21,18 | 22,93 | | | | |

Tabela 3: Pontos do trabalho de campo, pesquisa regional. Fonte laboratório da MINEROPAR.

Massa = Percentagem de Folhelho Campo do Tenente

MR = Módulo de Ruptura em kgf/cm^2

AA = Absorção d'água em %

Foram coletadas, também, para serem analisadas isoladamente, amostras de argila de barranco dos três tipos: arenosa (LL-661), plástica (LL-662) e tabatinga (LL-663), além de argila plástica de várzea preta (LL-664) e amarela (LL-665).

| Argila | | Amostra LL | | | | |
|--------|----|------------|-------|-------|--------|-------|
| | | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 |
| Pura | MR | 61,27 | 78,75 | 64,81 | 118,27 | 90,77 |
| | AA | 24,83 | 22,74 | 24,27 | 20,39 | 20,15 |

Tabela 4: Pontos do trabalho de campo, pesquisa regional.

Fonte laboratório da MINEROPAR.

MR = Módulo de Ruptura em kgf/cm^2

AA = Absorção d'água em %

RESULTADOS DOS ENSAIOS COMPLEMENTARES

Em função dos resultados, as amostras LL-653 a LL-656, de solo, foram enviadas ao laboratório do SENAI Tijucas e passarem por ensaios cerâmicos puras e misturadas ao folhelho LL-642. Para este laboratório também foi encaminhada a amostra LL636, de solo, como sendo uma amostra padrão para caracterizar a possibilidade de uso pela indústria cerâmica.

Além destas, foram coletadas 04 amostras (LL-657 a LL-660) de massas de olarias, para que suas características sejam confrontadas com as massas compostas em laboratório.

Para o CTCMat (SENAI Criciúma) foram encaminhadas apenas as amostras LL642, de folhelho, e LL-636, de solo. Pretendeu-se comparar os resultados dos dois laboratórios.

Na tabela a seguir, pode-se comparar as composições químicas de várias amostras, quer sejam de argilas plásticas (LL-664 e 665), de solos de alteração (LL-636, 653, 654, 655, 656, 661 e 662) e do folhelho Campo do Tenente (LL-642).

| Amostras | SiO ₂ % | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | CaO % | MgO % | K ₂ O % | Na ₂ O % | MnO % | TiO ₂ % | P.F. % |
|----------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|-----------------------|------------------------|----------|-----------------------|-----------|
| LL-636* | 57,47 | 24,35 | 6,07 | 0,04 | <0,10 | 0,06 | 0,08 | 0,02 | 0,95 | 10,89 |
| LL-653* | 32,07 | 33,80 | 12,64 | 0,04 | <0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,03 | 1,93 | 19,29 |
| LL-654* | 51,67 | 23,04 | 9,98 | 0,06 | 0,57 | 4,34 | 0,22 | 0,14 | 1,88 | 7,64 |
| LL-655* | 45,99 | 25,71 | 14,48 | 0,04 | 0,10 | 0,20 | 0,07 | 0,09 | 1,83 | 11,23 |
| LL-656* | 50,35 | 23,55 | 12,89 | 0,05 | 0,03 | 0,16 | 0,22 | 0,13 | 1,45 | 10,97 |
| LL-661** | 46,07 | 28,85 | 7,53 | 0,09 | 0,37 | 0,31 | 0,01 | 0,04 | 1,55 | 15,09 |
| LL-662** | 45,49 | 29,03 | 11,41 | 0,02 | 0,22 | 0,87 | 0,01 | 0,10 | 2,01 | 10,46 |
| LL-663 | 44,30 | 31,90 | 9,39 | 0,03 | 0,26 | 0,33 | 0,08 | 0,03 | 1,43 | 12,65 |
| LL-664** | 56,93 | 24,01 | 3,02 | 0,28 | 0,55 | 1,03 | 0,27 | 0,01 | 1,11 | 11,78 |
| LL-665** | 57,39 | 22,00 | 6,26 | 0,18 | 0,53 | 1,05 | 0,27 | 0,01 | 1,11 | 9,87 |
| LL-642* | 49,24 | 24,19 | 11,22 | 0,03 | 1,60 | 5,27 | 0,08 | 0,10 | 0,89 | 7,20 |

Tabela 5: Resultados de análises químicas por fluorescência de raio-X. * CTCMat (Criciúma, SC) e, Laboratório d Análise de Minerais Rochas – LAMIR, UFPR (Curitiba, PR).

AVALIAÇÕES FEITAS POR LABORATÓRIOS EXTERNOS

Os laudos dos ensaios realizados no SENAI/Tijucas e no CTCmat encontram-se anexos a este documento.

A avaliação do CTCmat nos ensaios realizados nas amostras LL-636 e LL-642, nas temperaturas de 800°C, 850°C, 900°C, 950°C e 1000°C, concluiu que a amostra LL-636, de *argila de barranco*, é refratária, com baixa sinterabilidade e baixa retração de queima.

Com estas características, os corpos de prova apresentaram trincas nas etapas de extrusão e secagem, não sendo possível determinar sua resistência a flexão.

Já a amostra LL-642, de folhelho Campo do Tenente, apresentou boa sinterabilidade e absorção d'água próxima a 0% nos ensaios a 1000°C. Os resultados de resistência a flexão foram altos.

Com base nos resultados foram formuladas três composições distintas: F1 com 50% de LL-636, F2 com 30% e a F3 com 15%. Os resultados mais expressivos são nas temperaturas de 900°C e 950°C.

A conclusão do laboratório é que é possível compor uma massa cerâmica com estas matérias-primas, nos mesmos percentuais da F3. Sugere ainda a adição de um pequeno percentual de outra argila plástica para a mistura.

Já os laudos do SENAI/Tijucas apontam como uma boa mistura a massa contendo oito partes de *argila de barranco* para 2 partes do folhelho.

Os diferentes resultados entre os laboratórios indicam que é preciso se tomar muito cuidado com a metodologia laboratorial empregada, pois isto pode implicar em resultados díspares.

Como para o laboratório SENAI/Tijucas foram enviados 04 tipos de argila de barranco, além da LL-636, bem como 04 massas utilizadas pelas cerâmicas locais, isto permitiu que se fizessem comparações entre os resultados obtidos e as qualidades dos materiais testados.

Este laboratório também concluiu pela necessidade da adição de outra argila mais plástica para compor a massa cerâmica.

Os resultados considerados melhores de algumas destas argilas deve ter uma menor ênfase neste momento, pois a caracterização completa destas ocorrências e suas matérias-primas só acontecerão com uma pesquisa de detalhe.

CONCLUSÕES

- As ditas *argilas de barranco* têm utilidade para compor massas cerâmicas das olarias da RMC, como atestam os laudos e pelo fato de estarem sendo utilizadas pelas olarias;
- O folhelho Campo do Tenente, se devidamente moído, pode vir a ser incorporado nesta massa cerâmica, pois tem alta sinterabilidade e resistência mecânica após a queima;
- A massa cerâmica a ser definida na seqüência dos trabalhos deverá conter um percentual de argila de várzea, considerada mais plástica;
- A possibilidade comercial que seja desenvolvida e transformada em realidade uma massa cerâmica para as olarias da região sul da RMC só acontecerá com a participação e interesse das olarias desta região.

Como a utilização de argilas a partir de lavras legalizadas, com a utilização de equipamentos que venham a homogeneizar a massa cerâmica é ainda encarado como aumento de custos pelas olarias locais, o desenvolvimento deste projeto, inclusive com a realização de ensaios industriais deve ser muito bem avaliado.

A realidade para a maioria das olarias da região sul da RMC está ainda distante daquilo que se considera adequado, ou seja, lavras legalizadas, massa cerâmica homogênea e com qualidade constante, produtos atendendo a legislação e ao Código do Consumidor.

Caso se avalie pela continuidade do projeto, estes pontos descritos acima deverão ser levados em conta.

Curitiba, 03 de dezembro de 2.004.

Geólogo Luciano Cordeiro de Loyola
Gerente

Roberto Eustáquio dos Anjos Santiago
Técnico em Geologia

MATÉRIAS PRIMAS - ALTERNATIVAS PARA AS OLARIAS DO SUL DA RMC



**Pesquisa de Argilas e Desenvolvimento de Massa Para o Setor de Cerâmica Vermelha do Paraná – Cliente : MINEROPAR .
Outubro de 2004.**

**AVALIAÇÃO DAS ARGILAS E ESTUDO DE MASSA.
USO DO TAGUÁ.**

RELATÓRIO - FINAL

***Relatório com os Ensaios Realizados para a
Caracterização das Matérias-Primas utilizadas na
Massa de Cerâmica Vermelha, Inclusive Com o
Estudo da Adição de Materiais Alternativos Para
Nova Composição.***

DATA: 29 / Outubro/ 2004

**Proponente: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Coordenador: Geraldo Pedro da Costa Filho.
Maximírian Rocha**

Empresas parceiras:

MINEROPAR – Curitiba – PR.

1 . INTRODUÇÃO :

A tecnologia de produção utilizadas nas empresas cerâmicas vermelha, vem passando por um processo de adequação tecnológica em função do uso continuado das matérias-primas ao longo destes anos todos de exploração dos recursos naturais.

Um fenômeno que se observa, e não podia ser diferente , e o fato de que as matérias-primas de boa qualidade esta se tornando escassas ou pelo menos de difícil prospeção, desta forma existe a necessidade de se criar alternativas em termos de extração, ou ainda procurar materiais alternativos que viabilizem as plantas de fabricação e que permitam, aos produtos a manutenção de seus requisitos de qualidade e produtividade.

Nesta ordem a MINEROPAR - Curitiba PR, encomendou ao SENAI Tijucas SC, o estudo de algumas argilas do Estado do Paraná para a sua caracterização, vislumbrando a possibilidade de adicionar a estas matérias-primas um material alternativo, que existe na região, é que já é uma realidade em outras regiões do Brasil. Este material é o Taguá, que será descrito na seqüência deste relatório.

1.1 OBJETIVO

Este estudo de caracterização de argilas da MINEROPAR está focado num objetivo geral , e subdividido em outros específicos, a saber:

1.1.1 Objetivo Geral :

O Objetivo Geral desta caracterização, consta da avaliação de amostras de argilas a serem utilizadas no processo de fabricação de cerâmica estrutural, no Estado do Paraná, buscando novas alternativas de lavras, e ainda estudar a adição da matéria-prima Folhelho, numa nova composição, indicando como processá-la na planta de fabricação.

1.1.2 Objetivos Específicos :

Para alcançar o Objetivo Geral desta caracterização, será necessário realizar as seguintes etapas:

- Preparar as amostras de argilas recebidas;
- Definir o método de caracterização a ser utilizado;
- Caracterizar as argilas e composições a serem estudadas;

- Analisar os resultados e propor composições a serem testadas;
- Avaliar o resultado das composições;
- Indicar o uso da matéria-prima alternativa : Formulação e Processamento.

1.2 JUSTIFICATIVA :

A realização da caracterização das matérias-primas, se faz necessário para identificar as características individuais de cada uma delas, verificando a possibilidade de uso numa nova composição, e ainda estudar uma forma de utilizar num processo de fabricação o material alternativo, denominado Folhelho Taguá, em função das quantidades disponíveis na região , bem como por características de queima que desenvolve no produto, características estas já conhecida em outras regiões do país.

2. DESENVOLVIMENTO :

Para o desenvolvimento desta caracterização, serão realizados as atividades de acordo com o descrito nos objetivos específicos.

2.1 LEVANTAMENTO DAS ARGILAS DISPONÍVEIS (DE USO ATUAL OU FUTURO).

A caracterização das argilas foi realizada com as matérias-primas que a empresa nos enviou para testes, dentre elas as utilizadas atualmente (citadas adiante como massa teste) e também outras que a empresa julga possível o seu uso.

Desta forma as argilas foram classificadas em dois grupos :

• 1º lote de argilas. (Argilas disponíveis para uso – uso atual):

- Argila 653;
- Argila 654;
- Argila 655;
- Argila 656;
- Massa Comparativa 657;
- Massa Comparativa 658;
- Massa Comparativa 659;
- Massa Comparativa 660;
- Argila Solo 636;
- Folhelho Taguá 642;

2º lote de Testes. (Após a caracterização inicial):

- Formulação 01 (9 partes 636 + 1 parte 642) ;
- Formulação 02 (8 partes 636 + 2 parte 642) ;
- Formulação 03 (6 partes 636 + 4 parte 642) ;

3º lote de Testes. (Após a avaliação dos anteriores):

- Formulação 04 (8 partes 653 + 2 parte 642) ;
- Formulação 05 (8 partes 654 + 2 parte 642) ;
- Formulação 06 (8 partes 655 + 2 parte 642) ;
- Formulação 07 (8 partes 656 + 2 parte 642).

2.2 RECEBIMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras de argilas, foram enviadas pela MINEROPAR, sendo que a sua extração foi realizada pelos funcionários desta empresa, cabendo a eles a responsabilidade da coleta e do material que representa o montante em teste.

A preocupação na coleta das argilas, esta no fato de que os resultados obtidos com a análise das amostras se referem ao material recebido para testes no SENAI Tijucas SC.

2.3 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA UTILIZADA

Na realização da caracterização das argilas, foram realizados ensaios com argilas na sua forma bruta e também confeccionados corpos de prova via estrusão, conforme a metodologia descrita abaixo :

2.3.1 Metodologia de Análise:

- Coleta de +- 2kg de amostras;
- Secar em estufa a 100 °c á 100 °c por 24 horas;
- Moer em moinho martelo a amostra referente a matéria-prima Taguá, pois esta se encontra na forma bruta (“rochosa”) e sem este procedimento não haveria a possibilidade de sua conformação;
- As demais argilas não sofreram processo de moagem;
- Separar 200 gramas para aferir o resíduo bruto;
- O restante do material foi dissolvido, individualmente, com água num liqüidificador, para uma dissolução e maior homogeneidade de cada uma das amostras a serem testadas;
- Com o líquido formado a partir da dissolução, iniciou-se o processo de retirada de água, a fim de tornar a pasta consistente e permitir sua conformação noa maromba de laboratório. Este processo se trata de depositar o liquido em um recipiente de alta porosidade com a finalidade de “sugar” o excesso de água;

- Com a pasta na consistência ideal, após acerto de adição de água quando necessário, a massa foi conformada para a confecção dos corpos de prova;
- Após a confecção dos corpos de prova o material foi submetido a uma pré-secagem natural, com posterior secagem na estufa a 100 °c por 2 horas ou até peso constante;
- Com os corpos de prova seco foi realizado ensaio de Contração Linear de Secagem, bem como a Resistência Mecânica à Flexão em seco;
 - O restante dos corpos de prova foram queimados em forno de laboratório em um ciclo que totalizou 3 horas, com aquecimento progressivo até 400°C, onde permaneceu por 20 minutos, daí voltou a aquecer até 600°C onde novamente permaneceu 20 minutos a esta temperatura, e após novo aquecimento chegou a 900°C onde permaneceu por mais 20 minutos, para depois passar por um resfriamento progressivo até temperatura ambiente. O ciclo utilizado foi baseado nos ciclos já definidos neste laboratório, utilizado na queima de matérias-primas para cerâmica estrutural.
- A partir da queima foram realizados os ensaios de Absorção de água, e Resistência Mecânica à Flexão Queimado.
 - Após a realização dos ensaios, com argilas e novas composições foram realizadas as análises e avaliados os resultados, inclusive com sugestões finais dispostas ao final deste relatório.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS – ENSAIOS :

Foram realizados os seguintes ensaios físicos de laboratório para a caracterização das argilas para a Cerâmica Heinig:

- Absorção de Água (Aa%);
- Resistência Mecânica a Flexão em Seco e Queimado (RMF S e RMF Q) ;
- Contração Linear em Seco e Queimado(% CL S e % CL Q);
- Resíduo na malha 65 (% Re # 65);

2.4.1 Resultados Obtidos

Resultados obtidos dos ensaios das Amostras da MINEROPAR são :

TABELA 01 – RESULTADO DOS ENSAIOS DA PRIMEIRA ETAPA DE TESTES:

| AMOSTRA | RMFS | RMFQ | AA% | RE # 65 | % CL QUEIM. |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Argila 653 | 19,85 | 16,90 | 42,42 | 13,80 % | 3,61 |
| Argila 654 | 11,82 | 9,86 | 35,14 | 36,92 % | 0,62 |
| Argila 655 | 5,30 | 3,27 | N | 11,19 % | 2,44 |
| Argila 656 | 16,23 | 11,27 | 34,18 | 29,16 % | 1,90 |
| Massa Comparativa 657 | 58,50 | 105,72 | 23,68 | 18,12 % | 2,31 |
| Massa Comparativa 658 | 41,30 | 76,88 | 26,06 | 17,70 % | 2,28 |
| Massa Comparativa 659 | 58,35 | 97,20 | 24,78 | 36,02 % | 1,40 |
| Massa Comparativa 660 | 44,75 | 43,28 | 26,00 | 21,32 % | 0,60 |
| Argila Solo 636 | 22,20 | 12,87 | 37,34 | 28,47 % | 1,96 |
| Folhelho Taguá 642 | 19,90 | 82,82 | 32,61 | 22,50 % | 5,00 |

Observação : O ensaio de Contração Linear Queimado, em função da deformidade da peça confeccionada pelo processo de extrusão, foi realizada com as peças prensadas.

Fonte : Pesquisa realizada pelo Técnico do Laboratório.

TABELA 02 – RESULTADO DOS ENSAIOS DA 2º ETAPA:

| AMOSTRA | RMFS | RMFQ | AA% | RE # 65 | % CL QUEIM |
|--------------------------------|-------------|-------------|------------|----------------|-------------------|
| F 01 (9 p 636 + 1 parte 642) | 20,94 | 25,52 | 34,93 | 22,21 | 2,23 |
| F 02 (8 p 636 + 2 parte 642) | 21,22 | 23,45 | 36,98 | 25,85 | 2,19 |
| F 03 (6 p 636 + 4 parte 642) | 20,23 | 44,85 | 33,70 | 25,40 | 2,73 |

Observação : O ensaio de Contração Linear Queimado, em função da deformidade da peça confeccionada pelo processo de extrusão, foi realizada com as peças prensadas.

Fonte : Pesquisa realizada pelo Técnico do Laboratório.

TABELA 03 – RESULTADO DOS ENSAIOS DA 3º ETAPA DE TESTES:

| AMOSTRA | RMFS | RMFQ | AA% | RE # 65 | % CL QUEIM |
|--------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| F 04 (8 p 653 + 2 parte 642) | 22,16 | 32,26 | 39,61 | 29,74 | 4,11 |
| F 05 (8 p 654 + 2 parte 642) | 14,56 | 25,60 | 31,54 | 24,95 | 2,19 |
| F 06 (8 p 655 + 2 parte 642) | 11,03 | 32,56 | 28,70 | 33,56 | 1,15 |
| F 07 (8 p 656 + 2 parte 642) | 7,5 | 22,49 | 36,21 | 20,05 | 2,43 |

Observação : O ensaio de Contração Linear Queimado, em função da deformidade da peça confeccionada pelo processo de extrusão, foi realizada com as peças prensadas.
 Fonte : Pesquisa realizada pelo Técnico do Laboratório.

A partir dos resultados acima obtidos foram realizada as análises que segue neste relatório.

2.5 AVALIAR AS ARGILAS CARACTERIZADAS :

Após a realização dos ensaios e seus resultados podemos comentar que :

2.5.1 Argilas em Uso na Produção:

Dentre as argilas analisadas destacamos as seguintes :

ARGILA SOLO – 636 :

Esta argila apresentou uma resistência mecânica à flexão em seco intermediária, maior que as outras argilas ensaiadas , porém de menor valor em relação as massas comparativas. Isto significa que ela tem plasticidade intermediária (média), pois nas massas comparativas, existem argilas de maior plasticidade. Nesta ótica, ela pode ser usada na massa para dar uma plasticidade média, porém não é uma característica forte desta argila ter plasticidade.

Com relação a fusibilidade fica claro que esta possui uma fusibilidade baixa, isto em função dos resultados apresentados nos ensaios de absorção de água e resistência mecânica a flexão queimado, que são valores abaixo da média. Este item pode ser ratificado através da análise química, pois neste ensaio pode-se perceber que dos materiais fundentes apenas o óxido de ferro aparece em uma quantidade maior, porém é o menor

percentual de óxido de ferro encontrado em relação as outras argilas em testes (6,07 %), e com relação a outros fundentes possui valores muito baixos, abaixo de 0,08 %.

Outra análise que podemos relatar é a questão do resíduo encontrado no material em torno de 28,47 % que é de intermediário para bom, o que poderá justificar o uso desta argila para auxiliar a secagem.

COMENTÁRIO:

De forma sucinta pode-se concluir desta argila : Plasticidade - intermediária para boa, pois existem massas comparativas com plasticidade maior, assim este item pode ser melhorado em uma composição onde se utiliza esta argila, através da adição de material mais plástico. Fusibilidade - com relação a este item a argila tem baixa fusibilidade, não colaborando para a resistência do produto. Resíduo (areia) – tem valor considerado bom, auxiliando no processo de secagem.

FOLHELHO TAGUÁ

Este material se caracterizou como sendo um ótimo fundente, porém seu uso está condicionado a um processo de preparação inicial, pois trata-se de um material duro que necessita ser transformado em pó , para depois ser adicionado na massa.

Se avaliarmos os resultados dos testes concluímos que a sua resistência à seco é baixa, o que se caracteriza pela pouca plasticidade e capacidade de compactação. Esta baixa compactação se percebe pela absorção de água que o material obteve no processo de conformação por extrusão : 32,61 % , um valor inferior a outras massas comparativas. Avaliando a análise química deste material se percebe boa quantidade de Óxido de Potássio, o que confere a massa boa fusibilidade.

Uma questão nos levou a refletir o por que de uma absorção alta : a compactação. Com este pensamento realizamos uma preparação deste material via conformação por prensagem, para incrementar a compactação e o resultado confirmou que a baixa absorção , no processo de extrusão era justamente por falta de plasticidade e compactação da peça ensaiada, pois na peça prensada, após a queima obtivemos uma absorção de água em torno de 19,44 %, porém uma resistência mecânica a flexão queimado em torno de 256 Kgf / cm², o que ratifica o grande poder de fusibilidade deste material.

Com relação ao resíduo, este pouco irá colaborar para a massa pois o seu uso só será possível com a moagem do material, destruindo o tamanho inicial das partículas e reduzindo o seu resíduo a níveis não auxiliar o processo de secagem .

COMENTÁRIO

O uso do Folhelho Taguá trará a massa boa fusibilidade, porém seu uso é recomendado desde que haja um processo de moagem (moinho de martelo), que possibilite sua dissolução nas outras argilas que irão compor a massa. Esta composição deverá buscar argilas plásticas que viabilizem uma conformação com boa compactação e ainda resíduo (areia) que viabilize o processo de secagem.

DEMAIS ARGILAS – 653 / 654 / 655 / 656.

Destas argilas, exceto 654 , podemos destacar que não encontramos nos ensaios realizados alguma característica que as recomende para serem usadas como substitutas da Argila Solo 636, com valores próximos ou inferiores a esta Argila Solo 636, no que se diz respeito a absorção de água, resistência seco e queimado e resíduo .

Já a ARGILA 654 nos chama atenção no ensaio de análise química, pois possui um bom teor de óxido de potássio, e tem característica muito próxima ao Folhelho Taguá com relação aos outros componentes da análise química, porém tem um resíduo muito alto que diminui sua resistência tanto seco como queimado.

COMENTÁRIO

Somente com testes semi-industriais, poderia se verificar a substituição da argila solo 636 por uma destas outras ensaiadas, pois seus valores são abaixo dos valores obtidos pela Argila Solo 636.

A Argila 654, por possuir uma boa quantidade de Óxido de Potássio, das 4 é que teria um melhor aproveitamento para auxiliar no processo de queima, porém deveria ser bem preparada com uma forte laminação, ou ainda mesmo passando por um processo de moagem via seco. Se utilizada com uma argila de alta plasticidade poderá ser uma argila de importância , pois agregara a boa plasticidade da outra componente com sua boa capacidade de secagem (resíduo alto), aliada a sua boa capacidade de queima (4,34 % de Óxido de Potássio).

MASSAS COMPARATIVAS

Com relação as massas comparativas, todas apresentam bons valores em relação aos ensaios realizados, inclusive tem valores superiores em todos os critérios de análise em relação as demais argilas ensaiadas.

Deste grupo devemos destacar a Massa Comparativa 659, que possui ótima Resistência Mecânica à Flexão em Seco (58,50 Kgf/cm²), excelente Resistência Mecânica a Flexão Queimado (97,20 Kgf/cm²), que mesmo inferior a Massa Comparativa 657 (105,72 Kgf/cm²), tem um melhor composto de característica , pois é complementada com um bom resíduo que além das características já citadas tem também um bom potencial para a secagem.

COMENTÁRIO

Todas as 4 massas tem boas características de fabricação, com destaque para a Massa Comparativa 659 que é a mais completa de todas, em relação aos itens Plasticidade, Fusibilidade e Potencial de Secagem.

2.6 AVALIAR AS COMPOSIÇÕES PROPOSTAS PARA O USO DO FOLHELHO TAGUÁ

Conforme recomendação da MINEROPAR, iniciamos o uso do Folhelho Taguá numa massa que teria como argila principal a Argila Solo 636, pois esta argila vem sendo usada em grande quantidade na região.

Desta forma a idéia inicial era trabalhar com adições de Folhelho Taguá na Argila Solo 636, e assim foi feito, de acordo com o descrito na Tabela 02 Resultados dos Ensaios da 2ª Etapa, onde estão descritas as formulações, os ensaios realizados e seus resultados.

2.6 1 Avaliação dos Resultados das Composições Tabela 02

Estas composições foram dosadas por volume, em proporções citadas na formulação. Sua mistura foi feita via diluição das matérias-primas com água, usando um liquidificador e posterior separação de água utilizando potes de cerâmica, tal como foi realizado os primeiros corpos de prova, já citado neste relatório. O procedimento para a ordenação dos testes segue o descrito no item 2.3.1 Metodologia de Análise.

Com relação a estas composições elas apresentaram valores muito próximos, não havendo alguma que nos pudesse dar um indicativo de melhor desempenho da massa a ser trabalhada em produção. Como o material a ser adicionado nas argilas (Folhelho Taguá), é de baixa plasticidade, concluímos que deveríamos continuar os testes com uma proporção de 8 partes de Argila para 2 partes do Folhelho Taguá, assim dos testes realizados teríamos um valor mediano:

COMENTÁRIO

Embora não houvesse uma diferença estabelecida, do uso do Folhelho Taguá, variando a sua proporção de uso junto com a Argila Solo 636, é muito importante ressaltar que o valor da absorção de água e resistência mecânica à flexão queimado, tiveram um resultado muito superior em relação aos valores alcançados pela Argila Solo 636, quando usada isoladamente. Assim se justifica plenamente a adição do Folhelho Taguá na massa como o intuito de melhorar seu desempenho no que se diz respeito resistência queimado. Relembrado os números :

- Argila Solo 636 – Absorção de Água = 37,34 % / Resistência = 12,87 Kgf/cm².
- Argila Solo 636 + F. Taguá (8 :2) – A. de Água = 36,98 / Resistência = 23,45 Kgf/cm², basicamente o dobro. Com relação a Absorção de Água, a falta de uma melhor compactação impediu um melhor resultado.

2.6 AVALIAR O USO DO FOLHELHO TAGUÁ NAS DEMAIS ARGILAS.

Com avaliação do uso do Folhelho Taguá na Argila Solo 636, e com a percepção da melhoria dos resultados conferido aquela mistura resolveu-se testar o Folhelho Taguá nas demais argilas, conforme descrito na Tabela 03 – RESULTADO DOS ENSAIOS DA 3º ETAPA DE TESTES.

Assim seguiu-se as formulações citadas, realizou-se os ensaios e a partir dos resultados avaliamos:

2.6 1 Avaliação dos Resultados das Composições Tabela 03

Das composições testadas podemos destacar :

Formulação 04 (Argila 653 + F. Taguá 642) : Nesta composição obtivemos a melhor resistência mecânica à flexão em seco (22,16 Kgf/cm²), assim como a melhor resistência mecânica à flexão queimado (32,26 Kgf/cm²), porém com alta absorção de água (39,61%), e por isto descartamos esta composição.

Formulação 07 (Argila 656 + F. Taguá 642) : Nesta formulação obtivemos a menor resistência mecânica à flexão em seco, e ainda uma absorção de água alta (36,21 %), desta forma não indicamos esta composição.

Formulação 05 (Argila 654 + F. Taguá 642) : Esta formulação apresentou a segunda melhor resistência mecânica à flexão em seco 14,56 Kgf/cm², praticamente a segunda melhor resistência mecânica à flexão queimado (25,60 Kgf/cm²) e ainda uma absorção de água em torno de 31,53%, considerada alta. Devido ao fato de ter um bom conteúdo de Oxido de Potássio (análise química), assim recomendamos cautela no

descarte desta formulação e recomendaríamos esta formulação para teste semi-industrial, pois como uma compactação melhor numa maromba à vácuo e bem regulada, poderíamos obter um bom produto.

Formulação 06 (Argila 655 + F. Taguá 642) : Em termos de resistência mecânica à flexão queimado (32,56 Kgf/cm²) e absorção de água (28,70 %), esta composição foi a de melhor desempenho e, ,junto com a anterior , recomendaria a realização de teste semi-industrial . Se houver a possibilidade deveria ser testado junto a esta composição a adição de um material de maior plasticidade, para conferir também boas características de extrusão à composição.

REFLEXÃO :

A fim de nos orientarmos com relação ao que retrata a teoria de cerâmica estrutural, segue abaixo recomendações do que seria uma massa ideal, concluída através da observação prática e estudos de laboratório paralelos, relativos a produtos e processos de excelente qualidade.

MASSA IDEAL :

A massa ideal deve possuir as seguintes características :

- Uma resistência mecânica a flexão em seco de 45 a 60 kgf/cm², que propiciará uma plasticidade necessária para uma boa fluidez da pasta a saída da maromba, e ao mesmo tempo propicie a peça resistir os impactos que está submetida na produção, em verde e seco;
- Deverá possuir também uma absorção de água em torno daquilo que a norma técnica estipule em relação ao produto fabricado;
- Um resíduo em torno de 25 a 30 % de areia retido na malha 65 microns, que auxilie o processo de secagem.

COMENTARIO

A partir do exposto para a **Formulação 06 (Argila 655 + F. Taguá 642)** , bastaria a adição de uma argila plástica para torna-la, o mais próximo possível da massa ideal.

Convém ainda citar que : ao se realizar testes industriais, o desempenho da composição deverá otimizar alguns valores como absorção de água e resistência (seco e

queimado) , porém deve-se ter um cuidado a secagem que de forma proporcional pode ser afeta negativamente.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Após a realização desta pesquisa, pode-se concluir e recomendar alguns aspectos:

3.1 – Das argilas ensaiadas, verificou-se que a Argila Solo 636, tem características intermediárias, e pode ser utilizada no processo de fabricação, porém poderá desenvolver uma melhor performance dentro de uma composição a medida que for acrescentada, à composição, uma outra argila de maior plasticidade;

3.2 – O Folhelho Taguá, é uma matéria-prima que acrescenta fusibilidade a mistura conferindo um melhor propriedade de absorção de água e resistência mecânica à peça, porém seu uso só pode ser viabilizado em processos de fabricação que permitam a sua moagem, pois trata-se de um material duro, e de difícil mistura nos processos de preparação de massa que geralmente tem a Cerâmica Estrutural, no cenário brasileiro. O tipo de uso desta matéria prima, passa por uma moagem via moinho de martelos, com um dosador sobre a esteira na preparação de massa de modo que, o “pó” obtido com a sua moagem seja diluído sobre as demais argilas a serem misturadas na composição;

3.3 – Das demais argilas estudadas, deve-se prestar atenção as argilas : Argila 654, devido a seu alto teor de Óxido de Potássio, e ainda a Argila 655 que obteve o melhor desempenho quando misturada ao Folhelho Taguá.

4. ASSINATURAS :

Desta forma encerramos este relatório, com a caracterização das argilas efetuada à MINEROPAR – Curitiba / PR.

MAXIMIRIAN ROCHA
Técnica de Laboratório

GERALDO PEDRO DA COSTA FILHO
Consultor - SENAI Tijucas SC

ILSON PIOVESAN
DIRETOR DO SENAI TIJUCAS SC

RELATÓRIO Nº : 04B2268 DATA : 09/08/2004 PÁGINA Nº : 1 de 1
 AMOSTRA : Argila 656 FORMA : In Natura
 EMPRESA : SENAI TIJUCAS SOLICITAÇÃO Nº : 1320/2004

RELATÓRIO DE ENSAIO - ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

AMOSTRA RECEBIDA EM : 02/08/2004

ENSAIO REALIZADO SEGUNDO PR-CC-115

FINALIZADO EM : 09/08/2004

RESULTADOS :

| COMPOSTOS : | % em massa |
|--------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 50,35 |
| Al ₂ O ₃ | 23,55 |
| Fe ₂ O ₃ | 12,89 |
| CaO | 0,05 |

| COMPOSTOS : | % em massa |
|-------------------|------------|
| Na ₂ O | 0,22 |
| K ₂ O | 0,16 |
| MnO | 0,13 |
| TiO ₂ | 1,45 |

| COMPOSTOS : | % em massa |
|-------------------------------|------------|
| MgO | 0,03 |
| P ₂ O ₅ | 0,19 |
| Perda ao Fogo | 10,97 |

Cláusulas de Responsabilidade

- A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do solicitante.
- O CTC não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial sem autorização expressa do CTC, está totalmente proibida.
- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante supervisão do CTC. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O CTC não se torna responsável pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a dar aos dados ou indicações contidas no presente relatório, em prejuízo ou benefício das marcas comerciais que o solicitante tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo.
- O CTC poderá incluir em seus relatórios, análises, resultados, etc., qualquer outra avaliação que julgue necessária, ainda que não houvesse sido expressamente solicitada.
- Os resultados que são obtidos através de cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados.
- O cliente possui um prazo máximo de 45 dias, a partir da data de emissão do relatório, para contestar os resultados contidos neste. Somente será aceita a contestação se a quantidade da amostra entregue, quando da solicitação respeitar a quantidade mínima para cada ensaio, prevista no Mix de Serviços.


Aurea Stela Wessling Werncke,
 CRQ/SC 13400213
 Facilitadora - LDCM

RELATÓRIO Nº : 04B2244 DATA : 06/08/2004 PÁGINA Nº : 1 de 1
 AMOSTRA : Argila 655 FORMA : In Natura
 EMPRESA : SENAI TIJUCAS SOLICITAÇÃO Nº : 1320/2004

RELATÓRIO DE ENSAIO - ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

AMOSTRA RECEBIDA EM : 02/08/2004

ENSAIO REALIZADO SEGUNDO PR-CC-115

FINALIZADO EM : 06/08/2004

RESULTADOS :

| COMPOSTOS : | % em massa | COMPOSTOS : | % em massa | COMPOSTOS : | % em massa |
|--------------------------------|------------|-------------------|------------|-------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 45,99 | Na ₂ O | 0,07 | MgO | 0,10 |
| Al ₂ O ₃ | 25,71 | K ₂ O | 0,20 | P ₂ O ₅ | 0,24 |
| Fe ₂ O ₃ | 14,48 | MnO | 0,09 | Perda ao Fogo | 11,23 |
| CaO | 0,04 | TiO ₂ | 1,83 | | |

Cláusulas de Responsabilidade

- A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do solicitante.
- O CTC não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial sem autorização expressa do CTC, está totalmente proibida.
- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante supervisão do CTC. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O CTC não se torna responsável pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a dar aos dados ou indicações contidas no presente relatório, em prejuízo ou benefício das marcas comerciais que o solicitante tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo.
- O CTC poderá incluir em seus relatórios, análises, resultados, etc., qualquer outra avaliação que julgue necessária, ainda que não houvesse sido expressamente solicitada.
- Os resultados que são obtidos através de cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados.
- O cliente possui um prazo máximo de 45 dias, a partir da data de emissão do relatório, para contestar os resultados contidos neste. Somente será aceita a contestação se a quantidade da amostra entregue, quando da solicitação respeitar a quantidade mínima para cada ensaio, prevista no Mix de Serviços.


 Aurca Stela Wessling Werncke,
 CRQ/SC 13400213
 Facilitadora - LDCM

RELATÓRIO Nº : 04B2243 DATA : 06/08/2004 PÁGINA Nº : 1 de 1
 AMOSTRA : Argila 654 FORMA : Triturada
 EMPRESA : SENAI TIJUCAS SOLICITAÇÃO Nº : 1320/2004

RELATÓRIO DE ENSAIO - ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

AMOSTRA RECEBIDA EM : 02/08/2004

ENSAIO REALIZADO SEGUNDO PR-CC-115

FINALIZADO EM : 06/08/2004

RESULTADOS :

| COMPOSTOS : | % em massa |
|--------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 51,67 |
| Al ₂ O ₃ | 23,04 |
| Fe ₂ O ₃ | 9,98 |
| CaO | 0,06 |

| COMPOSTOS : | % em massa |
|-------------------|------------|
| Na ₂ O | 0,22 |
| K ₂ O | 4,34 |
| MnO | 0,14 |
| TiO ₂ | 1,88 |

| COMPOSTOS : | % em massa |
|-------------------------------|------------|
| MgO | 0,57 |
| P ₂ O ₅ | 0,46 |
| Perda ao Fogo | 7,64 |

Cláusulas de Responsabilidade

- A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do solicitante.
- O CTC não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial sem autorização expressa do CTC, está totalmente proibida.
- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante supervisão do CTC. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O CTC não se torna responsável pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a dar aos dados ou indicações contidas no presente relatório, em prejuízo ou benefício das marcas comerciais que o solicitante tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo.
- O CTC poderá incluir em seus relatórios, análises, resultados, etc., qualquer outra avaliação que julgue necessária, ainda que não houvesse sido expressamente solicitada.
- Os resultados que são obtidos através de cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados.
- O cliente possui um prazo máximo de 45 dias, a partir da data de emissão do relatório, para contestar os resultados contidos neste. Somente será aceita a contestação se a quantidade da amostra entregue, quando da solicitação respeitar a quantidade mínima para cada ensaio, prevista no Mix de Serviços.


Aurea Stela Wessling Werncke,
 CRQ/SC 13400213
 Facilitadora - LDCM

RELATÓRIO Nº: 04B2242 DATA: 06/08/2004 PÁGINA Nº: 1 de 1
 AMOSTRA: Argila 653 FORMA: In Natura
 EMPRESA: SENAI TIJUCAS SOLICITAÇÃO Nº: 1320/2004

RELATÓRIO DE ENSAIO - ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

AMOSTRA RECEBIDA EM: 02/08/2004

ENSAIO REALIZADO SEGUNDO PR-CC-115

FINALIZADO EM: 06/08/2004

RESULTADOS :

| COMPOSTOS : | % em massa |
|--------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 32,07 |
| Al ₂ O ₃ | 33,80 |
| Fe ₂ O ₃ | 12,64 |
| CaO | 0,04 |

| COMPOSTOS : | % em massa |
|-------------------|------------|
| Na ₂ O | 0,06 |
| K ₂ O | 0,08 |
| MnO | 0,03 |
| TiO ₂ | 1,93 |

| COMPOSTOS : | % em massa |
|-------------------------------|------------|
| MgO | < 0,10 |
| P ₂ O ₅ | 0,07 |
| Perda ao Fogo | 19,29 |

Cláusulas de Responsabilidade

- A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do solicitante.
- O CTC não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial sem autorização expressa do CTC, está totalmente proibida.
- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante supervisão do CTC. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O CTC não se torna responsável pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a dar aos dados ou indicações contidas no presente relatório, em prejuízo ou benefício das marcas comerciais que o solicitante tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo.
- O CTC poderá incluir em seus relatórios, análises, resultados, etc., qualquer outra avaliação que julgue necessária, ainda que não houvesse sido expressamente solicitada.
- Os resultados que são obtidos através de cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados.
- O cliente possui um prazo máximo de 45 dias, a partir da data de emissão do relatório, para contestar os resultados contidos neste. Somente será aceita a contestação se a quantidade da amostra entregue, quando da solicitação respeitar a quantidade mínima para cada ensaio, prevista no Mix de Serviços.

Auréa Stela Wessling Werncke
Auréa Stela Wessling Werncke,
 CRQ/SC 13400213
 Facilitadora - LDCM

RELATÓRIO Nº : 04B2241 DATA : 06/08/2004 PÁGINA Nº : 1 de 1
 AMOSTRA : Argila 636 FORMA : In Natura
 EMPRESA : SENAI TIJUCAS SOLICITAÇÃO Nº : 1320/2004

RELATÓRIO DE ENSAIO - ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

AMOSTRA RECEBIDA EM : 02/08/2004

ENSAIO REALIZADO SEGUNDO PR-CC-115

FINALIZADO EM : 06/08/2004

RESULTADOS :

| COMPOSTOS : | % em massa | COMPOSTOS : | % em massa | COMPOSTOS : | % em massa |
|--------------------------------|------------|-------------------|------------|-------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 57,47 | Na ₂ O | 0,08 | MgO | < 0,10 |
| Al ₂ O ₃ | 24,35 | K ₂ O | 0,06 | P ₂ O ₅ | 0,07 |
| Fe ₂ O ₃ | 6,07 | MnO | 0,02 | Perda ao Fogo | 10,89 |
| CaO | 0,04 | TiO ₂ | 0,95 | | |

Cláusulas de Responsabilidade

- A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do solicitante.
- O CTC não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial sem autorização expressa do CTC, está totalmente proibida.
- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante supervisão do CTC. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O CTC não se torna responsável pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a dar aos dados ou indicações contidas no presente relatório, em prejuízo ou benefício das marcas comerciais que o solicitante tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo.
- O CTC poderá incluir em seus relatórios, análises, resultados, etc., qualquer outra avaliação que julgue necessária, ainda que não houvesse sido expressamente solicitada.
- Os resultados que são obtidos através de cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados.
- O cliente possui um prazo máximo de 45 dias, a partir da data de emissão do relatório, para contestar os resultados contidos neste. Somente será aceita a contestação se a quantidade da amostra entregue, quando da solicitação respeitar a quantidade mínima para cada ensaio, prevista no Mix de Serviços.


Aurea Stela Wessling Werncke,
 CRQ/SC 13400213
 Facilitadora - LDCM

RELATÓRIO Nº: 04B2240 DATA: 06/08/2004 PÁGINA Nº: 1 de 1
 AMOSTRA: Taguá 642 FORMA: Triturada
 EMPRESA: SENAI TIJUCAS SOLICITAÇÃO Nº: 1320/2004

RELATÓRIO DE ENSAIO - ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

AMOSTRA RECEBIDA EM: 02/08/2004

ENSAIO REALIZADO SEGUNDO PR-CC-115

FINALIZADO EM: 06/08/2004

RESULTADOS :

| COMPOSTOS : | % em massa | COMPOSTOS : | % em massa | COMPOSTOS : | % em massa |
|--------------------------------|------------|-------------------|------------|-------------------------------|------------|
| SiO ₂ | 49,24 | Na ₂ O | 0,08 | MgO | 1,60 |
| Al ₂ O ₃ | 24,19 | K ₂ O | 5,27 | P ₂ O ₅ | 0,17 |
| Fe ₂ O ₃ | 11,22 | MnO | 0,10 | Perda ao Fogo | 7,20 |
| CaO | 0,03 | TiO ₂ | 0,89 | | |

Cláusulas de Responsabilidade

- A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do solicitante.
- O CTC não se torna responsável em nenhum caso de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial sem autorização expressa do CTC, está totalmente proibida.
- Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido ao ensaio.
- Não se admite qualquer responsabilidade referente à exatidão da amostragem, a menos que esta tenha sido efetuada mediante supervisão do CTC. Salvo menção expressa, as amostras foram livremente selecionadas pelo solicitante.
- O CTC não se torna responsável pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venham a dar aos dados ou indicações contidas no presente relatório, em prejuízo ou benefício das marcas comerciais que o solicitante tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo.
- O CTC poderá incluir em seus relatórios, análises, resultados, etc., qualquer outra avaliação que julgue necessária, ainda que não houvesse sido expressamente solicitada.
- Os resultados que são obtidos através de cálculos matemáticos são apresentados com valores arredondados.
- O cliente possui um prazo máximo de 45 dias, a partir da data de emissão do relatório, para contestar os resultados contidos neste. Somente será aceita a contestação se a quantidade da amostra entregue, quando da solicitação respeitar a quantidade mínima para cada ensaio, prevista no Mix de Serviços.


Auréa Stela Wessling Werncke,
 CRQ/SC 13400213
 Facilitadora - LDCM

RELATÓRIO TÉCNICO RT2004/014

Este relatório refere-se à conclusão do Estudo de Aplicabilidade de Matérias-Primas na Indústria Cerâmica, relacionado à Proposta P2004/0042-2 de 09/06/2004 e que será dividido em Introdução, Resultados e Discussão e Conclusão.

INTRODUÇÃO

A MINEROPAR enviou duas (02) argilas para estudo, identificadas como LL-636 e LL-642, cuja metodologia aplicada é apresentada a seguir:

- caracterização das duas matérias-primas disponibilizadas com respeito à Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão;
- análise dos resultados;
- formulação de 3 composições com as duas matérias-primas disponibilizadas, a partir dos resultados de caracterização individuais obtidos;
- moagem, conformação, secagem e queima das formulações;
- caracterização das três formulações com respeito à Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão;
- elaboração do Relatório Técnico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados de Absorção d'Água, Retração de Queima e Resistência à Flexão para as amostras LL-636 e LL-642, respectivamente. Os parâmetros de ensaio utilizados foram:

- umidade de extrusão: 34,2% para a Amostra LL-636 e 33,0% para a Amostra LL-642;
- taxa de aquecimento: 5°C/min;
- patamar de queima: 180 min.

Como pôde ser observado, a umidade necessária para a extrusão das argilas foi muito elevada. Isto significa que estas argilas são pouco plásticas e a elevada umidade deve criar problemas de secagem posterior das peças produzidas. Os corpos de prova obtidos, em anexo, mostram que a amostra LL-

636 apresentou muitas trincas devido à elevada umidade de extrusão. Entretanto, modificações no ângulo de saída da boquilha poderiam ser realizadas de forma a minimizar estas limitações na extrusão.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão da Amostra LL-636

| Temperatura de Queima (°C) | Retração de Queima (%) | Absorção d'Água (%) | Resistência à Flexão (N/mm ²) |
|----------------------------|------------------------|---------------------|---|
| 800 | 0,8 | 33,2 | * |
| 850 | 1,2 | 33,2 | * |
| 900 | 1,4 | 32,4 | * |
| 950 | 1,7 | 33,1 | * |
| 1000 | 2,1 | 32,8 | * |

* Não foi possível determinar

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão da Amostra LL-642

| Temperatura de Queima (°C) | Retração de Queima (%) | Absorção d'Água (%) | Resistência à Flexão (N/mm ²) |
|----------------------------|------------------------|---------------------|---|
| 800 | 0,0 | 27,6 | 2,5 |
| 850 | 0,3 | 24,8 | 9,8 |
| 900 | 2,2 | 20,1 | 21,5 |
| 950 | 6,5 | 12,4 | 33,8 |
| 1000 | 11,2 | 0,7 | * |

* Não foi possível determinar

A Tabela 1 mostra que a Amostra LL-636 é uma argila refratária, por possuir baixa sinterabilidade nas temperaturas testadas. Esta matéria-prima manteve-se praticamente inalterada, com respeito às propriedades medidas, até a temperatura de 1000°C. Ressalta-se, aqui, a baixíssima Retração de Queima, que em uma determinada formulação poderia ser interessante para dar estabilidade dimensional após a queima. As trincas geradas nas etapas de extrusão e secagem impediram a determinação da Resistência à Flexão.

Por outro lado, a Amostra LL-642 apresentou boa sinterabilidade, apresentando Absorção d'Água próxima de zero a 1000°C. A Resistência à Flexão também mostrou bons resultados.

Com base nestes resultados, três formulações distintas foram elaboradas, utilizando-se das principais características de ambas amostras, quer seja a baixa Retração de Queima da Amostra LL-636 e a baixa Absorção d'Água e elevada Resistência à Flexão da Amostra LL-642. Estas formulações foram assim definidas:

- F1: 50% da Amostra LL-636 e 50% da Amostra LL-642;
- F2: 30% da Amostra LL-636 e 70% da Amostra LL-642;
- F3: 15% da Amostra LL-636 e 85% da Amostra LL-642.

As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os resultados obtidos de Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão das Formulações F1, F2 e F3, respectivamente, enquanto que as Figuras 1, 2 e 3 mostram as curvas de gresificação das respectivas formulações. Os parâmetros de ensaio utilizados foram:

- umidade de extrusão: 31,1% para F1, 31,4% para F2 e 30,1% para F3;
- taxa de aquecimento: 5°C/min;
- patamar de queima: 180 min.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão da Formulação F1

| Temperatura de Queima (°C) | Retração de Queima (%) | Absorção d'Água (%) | Resistência à Flexão (N/mm ²) |
|----------------------------|------------------------|---------------------|---|
| 800 | 0,2 | 29,1 | 4,0 |
| 850 | 0,9 | 27,7 | 6,1 |
| 900 | 1,8 | 26,3 | 8,1 |
| 950 | 3,3 | 23,3 | 12,1 |
| 1000 | 7,6 | 14,6 | 16,5 |

Como seria de se esperar, a redução do percentual da Amostra LL-636 nas formulações testadas aumentou a Retração de Queima e a Resistência à Flexão e reduziu a Absorção d'Água. Com base nestes resultados, pode-se afirmar que a Formulação F3 apresentou os melhores resultados, se o objetivo final for a utilização na produção de produtos de cerâmica vermelha tradicionais (telhas e tijolos), já que valores mais elevados de Resistência à Flexão e menores de Absorção d'Água seriam obtidos a temperaturas inferiores.

Oscair

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão da Formulação F2

| Temperatura de Queima (°C) | Retração de Queima (%) | Absorção d'Água (%) | Resistência à Flexão (N/mm ²) |
|----------------------------|------------------------|---------------------|---|
| 800 | 0,1 | 29,3 | 3,9 |
| 850 | 0,8 | 27,7 | 6,0 |
| 900 | 1,9 | 25,1 | 11,9 |
| 950 | 5,0 | 19,1 | 17,6 |
| 1000 | 9,3 | 10,3 | 22,5 |

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de Retração de Queima, Absorção d'Água e Resistência à Flexão da Formulação F3

| Temperatura de Queima (°C) | Retração de Queima (%) | Absorção d'Água (%) | Resistência à Flexão (N/mm ²) |
|----------------------------|------------------------|---------------------|---|
| 800 | 0,0 | 27,8 | 3,8 |
| 850 | 0,5 | 26,1 | 4,2 |
| 900 | 2,4 | 21,8 | 15,1 |
| 950 | 6,7 | 13,0 | 25,5 |
| 1000 | 11,5 | 1,8 | * |

* Não foi possível determinar

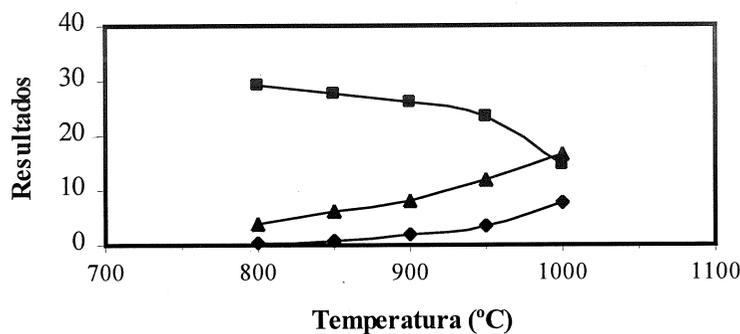


Figura 1 – Curva de Gresificação da Formulação F1: ■ Absorção d'Água (%), ▲ Resistência à Flexão (N/mm²) e ◆ Retração de Queima (%)

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se dizer que a Amostra LL-636 tem características de uma argila refratária e apresenta dificuldades de extrusão, além da baixíssima sinterabilidade nas temperaturas experimentadas, evidenciada pela baixa Retração de Queima, elevada Absorção d'Água e baixíssima Resistência à Flexão a 1000°C. Já a Amostra LL-642 apresentou boa

Osborn

sinterabilidade a temperaturas em torno de 950°C, podendo ser utilizada na produção de telhas e tijolos. Caso seja necessária a utilização da Amostra LL-636 em uma formulação junto com a Amostra LL-642, sugere-se uma composição contendo 15% da Amostra LL-636 e 85% da Amostra LL-642, com bons resultados para a produção de produtos de cerâmica vermelha a 1000°C. Entretanto, sugere-se, nestes casos, a utilização de uma matéria-prima mais plástica e menos refratária em substituição à Amostra LL-636, sobretudo para a queima a temperaturas inferiores a 1000°C. Um estudo mais aprofundado é sugerido para um melhor entendimento do comportamento das amostras testadas.

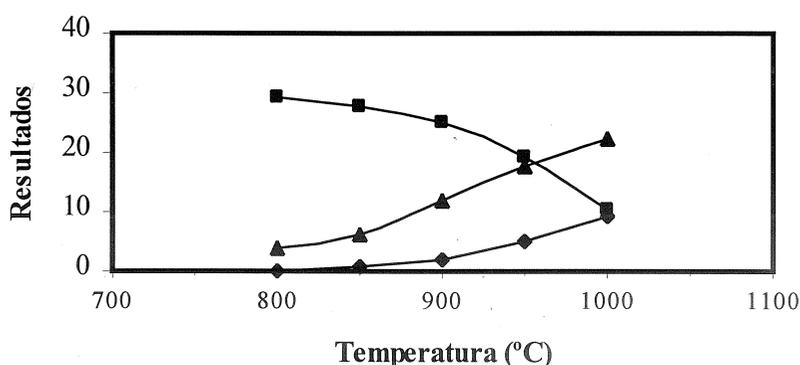


Figura 2 – Curva de Gresificação da Formulação F2: ■ Absorção d'Água (%), ▲ Resistência à Flexão (N/mm²) e ♦ Retração de Queima (%)

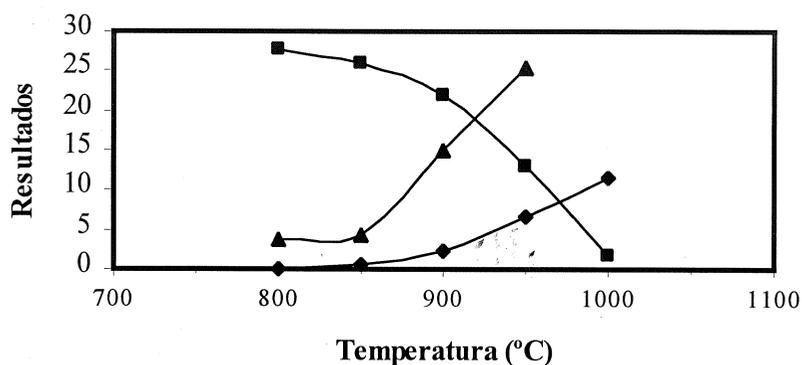


Figura 3 – Curva de Gresificação da Formulação F3: ■ Absorção d'Água (%), ▲ Resistência à Flexão (N/mm²) e ♦ Retração de Queima (%)

Handwritten signature



Sistema Federação das Indústrias
do Estado de Santa Catarina

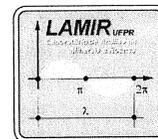
SENAIsc

CRICIÚMA/CTCmat

Criciúma, 28 de julho de 2004

Oscar R. K. Montedo
Oscar Rubem Klegues Montedo

Núcleo de Desenvolvimento Tecnológico



LAUDO TÉCNICO

Laudo de análise química de material "in natura"

1. INTERESSADO:
MINEROPAR

2. IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA:

| Amostras | Nº LAMIR |
|-------------------------|----------|
| LL 661 ACM 290 - 006/04 | 430/04 A |
| LL 662 ACM 291 - 006/04 | 430/04 B |
| LL 663 ACM 292 - 006/04 | 430/04 C |
| LL 664 ACM 293 - 006/04 | 430/04 D |
| LL 665 ACM 294 - 006/04 | 430/04 E |

3. METODOLOGIA:

- As amostras recebidas "in natura" são quarteadas, pulverizadas, homogeneizadas e secas a 110°C;
- A análise química é executada a partir de pérola fundida e analisada através do método de fluorescência de raios X. em equipamento da PHILIPS, Modelo PW 2400;
- A análise de perda ao fogo é realizada em mufla Jung, ficando a amostra exposta por três horas a 1000°C.

4. RESULTADOS:

a) Teores Químicos:

| Amostra | SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | TiO ₂ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | K ₂ O (%) | Na ₂ O (%) | MnO (%) | P ₂ O ₅ (%) | P.F (%) |
|----------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------|--------------------------------------|------------|
| LL 661 ACM 290 | 46,07 | 28,85 | 1,55 | 7,53 | 0,09 | 0,37 | 0,31 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 15,09 |
| LL 662 ACM 291 | 45,49 | 29,03 | 2,01 | 11,41 | 0,02 | 0,22 | 0,87 | 0,01 | 0,10 | 0,07 | 10,46 |
| LL 663 ACM 292 | 44,30 | 31,90 | 1,43 | 9,39 | 0,03 | 0,26 | 0,33 | 0,08 | 0,03 | 0,16 | 12,65 |
| LL 664 ACM 293 | 56,93 | 24,01 | 1,11 | 3,02 | 0,28 | 0,55 | 1,03 | 0,27 | 0,01 | 0,06 | 11,78 |
| LL 665 ACM 294 | 57,39 | 22,00 | 1,37 | 6,26 | 0,18 | 0,53 | 1,05 | 0,27 | 0,02 | 0,07 | 9,87 |

| Amostra | S (ppm) | Zr (ppm) | Nb (ppm) | Y (ppm) | Rb (ppm) | Ba (ppm) | As (ppm) | Pb (ppm) | Cu (ppm) | Zn (ppm) | SOMA (%) |
|----------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| LL 661 ACM 290 | 325 | 1269 | 32 | 12 | 0,01 | 343 | 10 | <0,01 | 53 | 56 | 100,16 |
| LL 662 ACM 291 | 135 | 403 | 32 | 12 | 12 | 181 | 20 | 39 | 0,01 | 27 | 99,76 |
| LL 663 ACM 292 | 543 | 1262 | 32 | 12 | 0,01 | 262 | 0,01 | 0,01 | 19 | 56 | 100,80 |
| LL 664 ACM 293 | 20 | 114 | 32 | 10 | 21 | 672 | 0,01 | 0,01 | 58 | 69 | 99,16 |
| LL 665 ACM 294 | 24 | 415 | 32 | 10 | 16 | 364 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 67 | 99,10 |

➤ PF = Perda ao Fogo

Curitiba, 01 de dezembro de 2004.


Prof. Dr. José Manoel dos Reis Neto
Coordenador do LAMIR