UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DAS
ARGILAS DA REGIÃO DA BACIA DO
ALTO TIETÊ - CONTRIBUIÇÃO À GÊNESE
DOS DEPÓSITOS E À APLICAÇÃO TECNOLÓGICA

Waldomiro Lunardi Pires Corrêa

Orientador: Prof. Dr. Franco Levi

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Geologia Geral e de Aplicação

São Paulo
1984

RESUMO

Com o objetivo de levantar dados sobre sua mineralogia, geologia e atualizar informações sobre suas propriedades cerâmicas, as argilas da região da Bacia do Alto Tietê foram estudadas através de análises granulométricas, análises químicas, análises térmicas diferenciais, difração de raios X e ensaios cerâmicos. A partir dos dados obtidos, pode-se concluir que os sedimentos são constituídos por argilomineral do grupo da caolinita, micas, quartzo e gibbsita. A gibbsita parece ser mineral autigênico, pois não aparece nas litologias adjacentes, além de ocorrer intimamente misturado ao mineral caolinita nas frações abaixo de 0,002 mm. As amostras mais ricas no mineral gibbsita localizam-se numa das maiores várzeas da bacia. As amostras mais pobres no mineral gibbsita estão localizadas nas bordas da bacia, área de pequenas várzeas. A morfoscopia dos grãos da fração areia, angulosos e pouco arredondados, constituída principalmente por quartzo e micas, a ausência de estratificação e de estruturas sedimentares, sugerem a ocorrência de apenas um ciclo deposicional para os sedimentos estudados, que litologicamente se caracterizam como argilas silticas ou arenosas.

Do ponto de vista cerâmico, os materiais podem ser classificados como argilas refratárias. As mais aluminosas são indicadas para a fabricação de chamotas para refratários sílico-aluminosos, e ocorrem preferencialmente na região de grandes várzeas. As menos aluminosas podem ser utilizadas como argilas ligantes para chamotas, ou como componentes de massas para cerâmica branca, ocorrem na área de pequenas várzeas. Dois horizontes classificados como "areia-siltico-argilosa", por beneficiamento em peneiras U.S.S. 325 (abertura 0,044 mm) produziram materiais cujo comportamento frente aos ensaios cerâmicos, permite indicá-los como fonte alternativa de argilominerais para a indústria de cerâmica branca, ou como ligantes para chamota refratária.

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004824

ABSTRACT

The clays from the High Tietê River Basin were studied by means of grain size analysis, chemical analysis, differential thermal analysis, X ray diffraction analysis and ceramic tests. This study was carried out aiming at the collection of data about their mineralogical and geological characteristics and in order to bring up-to-date information about their ceramic properties. The data showed that the sediments consist of clay minerals of the kaolinite group, mica, quartz and gibbsite. The latter one seems to be an authigenic mineral as it does not occur in the adjacent lithology. Besides, it is intimately aggregated to kaolinite in fractions under 0.002 mm. The richest samples of gibbsite can be found in the larger meadow areas of the basin. The poorest samples occur in the basin edges, in smaller meadow areas. The morphoscopy of the sand fraction grains - consisting mainly of quartz and mica - which shows angular and not always rounded grains, and the lack of stratification and sedimentary structures suggest the occurrence of just one deposition cycle for the studied sediments. These sediments are lithologically considered as silty clays or sandy clays.

Under a ceramic point of view, the studied materials can be classified as refractory clays. The ones with a higher alumina content are used in the making of chamotte for silica-aluminous refractories and occur preferably in the larger meadow areas. The ones with less alumina content can be used as a bonding agent in chamotte or as a component of white-ware batches. They occur in the smaller meadow areas. Two samples classified as "silty-clay-sands", after passing through U.S.S. 325 (0.44 mm. opening) mesh sieves, produced raw materials which, after undergoing ceramic tests, can be characterized as an alternative source of clay minerals for whiteware industries or as a bonding agent for refractory chamotte.

ÍNDICE

-i-

I. INTRODUÇÃO

	Pg.
1. Generalidades	1
2. Conceito de Argila e Nomenclatura Utilizada	1
3. Trabalhos Prévios	4
4. Objetivos	10
5. Área de estudo	10
5.1. Localização Geográfica	10
5.2. Geologia Regional	12
5.3. Descrição dos depósitos	13
5.3.1. Depósito da Empresa de Mineração Lavras Santo Amaro Ltda.	13
5.3.2. Depósito de Argila da Fazenda Santo Angelo, da Indústria Brasileira de Artigos Refratários (IBAR S/A)	16
5.3.3. Depósito de Argila de Brás Cubas, da IBAR S/A	17
5.3.4. Depósito de Argila de Jundiapéba, da IBAR S/A	19
5.3.5. Depósito de Argila do Serrote, da IBAR S/A	19
5.3.6. Depósito de Argila Benedito Lopes	20

II. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Materiais e Critérios Adotados para a Coleta	21
1.1. Perfil amostrado do depósito da Empresa de Mineração da Lavras Santo Amaro Ltda.	22
1.2. Perfil amostrado do depósito do Santo Angelo da IBAR S/A	23

	Pg.
1.3. Perfil amostrado no depósito de Brás Cubas da IBAR S/A.	24
1.4. Perfil amostrado no depósito de Jundiapéba da IBAR S/A	24
1.5. Perfil amostrado no depósito do Serrote da IBAR S/A.	25
1.6. Perfil amostrado no depósito Benedito Lopes	26
2. Métodos	27
2.1. Análises Granulométricas	27
2.2. Análises Químicas	29
2.3. Análises Mineralógicas	29
2.3.1. Análise por difração de raios X	29
2.3.2. Análise Térmica Diferencial	29
2.3.3. Cálculo da Composição Mineralógica	30
2.4. Ensaaios Cerâmicos	30
III. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
1. Granulometria	32
2. Análises Químicas	44
3. Análises Mineralógicas	46
3.1. Análises por Difração de Raios X	46
3.2. Análise Térmica Diferencial	67
3.3. Cálculo da Composição Mineralógica	76
4. Ensaaios Cerâmicos	89
IV. CONCLUSÕES	120
AGRADECIMENTOS	123
BIBLIOGRAFIA	126

ÍNDICE DAS FIGURAS

	Pg.
Figura 1 - Esquema do perfil das camadas argilosas da Fazenda Manhumbarã, município de Suzano.	5
Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.	11
Figura 3 - Mapa de localização dos depósitos de interesse e pontos de amostragem.	14
Figura 4 - Perfil idealizado do depósito da Lavras Santo Amaro.	15
Figura 5 - Perfil esquemático da área onde se inserem as jazidas do Santo Angelo.	16
Figura 6 - Perfil geral do depósito do Santo Angelo.	17
Figura 7 - Perfil esquemático idealizado para as jazidas de Brás Cubas.	18
Figura 8 - Perfil esquemático provável para a área do Serrote.	20
Figura 9 - Perfil amostrado do depósito da Lavras Santo Amaro.	22
Figura 10 - Perfil amostrado do depósito do Santo Angelo.	23
Figura 11 - Perfil amostrado do depósito de Brás Cubas.	24
Figura 12 - Perfil amostrado do depósito de Jundiapéba.	24
Figura 13 - Perfil amostrado do depósito do Serrote.	25
Figura 14 - Perfil amostrado do depósito Benedito Lopes.	26

	Pg.
Figura 15 - Diagrama esquemático do funcionamento do sedí- grafo.	28
Figura 16 - Curvas da distribuição granulométrica dos hori- zontes da Lavras Santo Amaro.	34
Figura 17 - Curvas da distribuição granulométrica dos hori- zontes do Santo Angelo.	35
Figura 18 - Curvas da distribuição granulométrica dos hori- zontes de Brás Cubas.	36
Figura 19 - Curvas da distribuição granulométrica dos hori- zontes de Jundiapéba.	37
Figura 20 - Curvas da distribuição granulométrica dos hori- zontes do Serrote.	38
Figura 21 - Curvas da distribuição granulométrica dos hori- zontes Benedito Lopes.	39
Figura 22 - Classificação granulométrica dos perfis da Lavras Santo Amaro.	40
Figura 23 - Classificação granulométrica dos perfis do San- to Angelo.	40
Figura 24 - Classificação granulométrica dos perfis de Brás Cubas.	41
Figura 25 - Classificação granulométrica dos perfis de Jun- diapéba.	41
Figura 26 - Classificação granulométrica dos perfis do Ser- rote.	42

Figura 27 - Classificação granulométrica dos perfis de Benedito Lopes.	42
Figura 28 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes da Lavras Santo Amaro.	50
Figura 29 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes da Lavras Santo Amaro.	51
Figura 30 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes do Santo Angelo.	52
Figura 31 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes de Brás Cubas.	53
Figura 32 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos nódulos de Brás Cubas.	54
Figura 33 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes de Jundiapéba.	55
Figura 34 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos nódulos de Jundiapéba.	56
Figura 35 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes do Serrote	57
Figura 36 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes de Benedito Lopes.	58
Figura 37 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes da Lavras Santo Amaro.	61
Figura 38 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do Santo Angelo.	62

Figura 39 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes de Brás Cubas.	63
Figura 40 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes de Jundiapéba.	64
Figura 41 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do Serrote.	65
Figura 42 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes Benedito Lopes.	66
Figura 43 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito da Lavras Santo Amaro.	68
Figura 44 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito do Santo Angelo.	69
Figura 45 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito de Brás Cubas.	70
Figura 46 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito de Jundiapéba.	71
Figura 47 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito do Serrote.	72
Figura 48 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito Benedito Lopes.	73
Figura 49 - Análise térmica diferencial do Caulim Horii.	77
Figura 50 - Gráfico da difração de raios "X" do caulim Horii.	78
Figura 51 - Curvas termo diferenciais dos padrões construídos com nódulo + caulim Horii.	83

	Pg.
Figura 52 - Curvas termo diferenciais dos padrões construídos com nódulo + caulim Horii.	84
Figura 53 - Curvas termo diferenciais dos padrões construídos com nódulo + caulim Horii.	85
Figura 54 - Demonstrativo da medida da altura do pico nas curvas de análise térmica-diferencial.	86
Figura 55 - Porcentagens de gibbsita versus altura dos picos.	88
Figura 56 - Gráficos das faixas de variação da tensão ou módulo de ruptura à flexão das amostras estudadas.	115
Figura 57 - Gráficos da faixa de variação da Aa (%), absorção de água das amostras estudadas.	116
Figura 58 - Gráficos da faixa de variação da Pa(%), porosidade aparente, das amostras estudadas, comparadas com as faixas de variação para as argilas plástico refratárias, propostas por Souza Santos (1975).	117
Figura 59 - Gráficos da faixa de variação da massa específica aparente (MEA) (g/cm^3) das amostras estudadas.	

ÍNDICE DAS TABELAS

	Pg.
Tabela I - Resultados da análise granulométrica dos horizontes dos perfis amostrados.	33
Tabela II - Caracterização litológica dos perfis.	43
Tabela III - pH dos horizontes dos perfis coletados dos depósitos.	45
Tabela IV - Análises químicas dos horizontes dos depósitos da Lavras Santo Amaro e Santo Angelo.	47
Tabela V - Análises químicas dos horizontes dos depósitos de Brás Cubas e Jundiapéba.	48
Tabela VI - Análises químicas dos horizontes dos depósitos do Serrote e Benedito Lopes.	49
Tabela VII - Análise química do caolim Horii.	76
Tabela VIII - Montagem dos padrões.	82
Tabela IX - Porcentagem de gibbsita versus altura dos picos	87
Tabela X - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte L-1	90
Tabela XI - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte L-2	91
Tabela XII - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte L-3 clara	92
Tabela XIII - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte L-3 escura	93

Tabela XIV - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte L-4	94
Tabela XV - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte SAB-1.	95
Tabela XVI - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte SAB-2.	96
Tabela XVII - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte BC-2.	97
Tabela XVIII - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte BC-3.	98
Tabela XIX - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte J-2.	99
Tabela XX - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte J-3.	100
Tabela XXI - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte J-4.	101
Tabela XXII - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte J-3 (nódulo).	102
Tabela XXIII - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte S-2.	103
Tabela XXIV - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte S-4.	104
Tabela XXV - Demonstrativo do cálculo da composição mineralógica do horizonte BL-1	105

Tabela XXVI - Demonstrativo do cálculo da composição mine ralógica do horizonte BL-3.	106
Tabela XXVII - Demonstrativo do cálculo da composição mine ralógica do horizonte BL-4.	107
Tabela XXVIII - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes da Lavras Santo Amaro.	108
Tabela XXIX - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes da Lavras Santo Amaro.	109
Tabela XXX - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes do depósito do Santo Angelo.	110
Tabela XXXI - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes de Brás Cubas.	111
Tabela XXXII - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes do depósito de Jundiapéba.	112
Tabela XXXIII - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes do Serrote.	113
Tabela XXXIV - Resultados dos ensaios cerâmicos dos hori zontes de Benedito Lopes.	114

I. INTRODUÇÃO

1. Generalidades

As argilas localizadas na região da bacia do alto Tietê, abrangendo os municípios de Ribeirão Pires, Suzano e Mogi das Cruzes, têm sido utilizadas na fabricação de materiais cerâmicos, conforme relatório de pesquisa de Knecht, pelo menos desde 1954. Desde aquela época e até a presente data, várias empresas de mineração foram implantadas na região. Atualmente pelo menos seis grandes empresas de mineração operam na área: a) Indústria Brasileira de Artigos Refratários S/A., do Grupo Votorantim; b) Copami Mineração Ltda., do Grupo Magnesita; c) Empresa de Mineração Lopes Ltda.; d) Empresa de Mineração Nigri Ltda.; e) Lavras Santo Amaro Ltda.; f) Sociedade de Mineração Ceramite Ltda., extraíndo argilas para diversos fins. A presença de bolsões de areia clara, com granulometria adequada para uso na construção civil, proporcionou o desenvolvimento paralelo de pequenas minerações para aquele fim.

Vários fatores contribuíram para o aproveitamento das argilas trazendo o desenvolvimento da mineração na região: a) qualidade do material, o que se constata pelo uso bastante disseminado do mesmo pelas indústrias cerâmicas da Grande São Paulo; b) proximidade do centro consumidor; c) a possibilidade da adoção de uma extração mecanizada, com produção em grande escala, sem que houvesse prejuízo na qualidade do material; d) facilidade de obtenção de energia elétrica; e) jazidas localizadas próximo a rodovias e ferrovias, o que facilitava o transporte.

2. Conceito de Argila e Nomenclatura Utilizada

Neste trabalho utilizaremos o termo *argila*, quando fizermos referência aos sedimentos inconsolidados, que constituem a bacia sedimentar do Alto Tietê, unidades sedimentares típicas, u

tilizadas como matéria prima para a fabricação de diversos produtos cerâmicos; *argilomineral* para uma substância com fórmula química e estrutura cristalina aproximadamente definidas, componente preponderante daqueles sedimentos; e *fração argila* para um intervalo de diâmetros de partículas.

No que se refere aos conceitos e termos encontrados na literatura brasileira e traduzida sobre argilas, observa-se duas tendências. Em Geologia, para os argilominerais, constituintes típicos das argilas, utilizam-se os termos: minerais de argila, minerais argilosos e mesmo o termo argila, Dana (1969), Williams et al (1970), Leinz (1977), Suguio (1980-b). Em Tecnologia de Argilas, o uso do termo argilomineral, para os constituintes minerais predominantes e típicos das argilas, está generalizado e adotado, como é possível observar nos trabalhos publicados pela revista Cerâmica, em dissertações de mestrado, Calil (1972), em teses de doutorado, Souza (1966), Berg (1970), Ferreira (1972), Zandonadi (1972), Rodrigues (1975) e em livros como os de Frões de Abreu (1973) e de Souza Santos (1975).

Houve uma evolução da conceituação de argila e de seus constituintes mineralógicos típicos. Desde Wentworth até o presente, autores e pesquisadores, tais como: Bramão et al (1952), Pettijohn (1957), Pichler (1957), Warshaw e Roy (1961), Millot (1964), Grim (1968) Williams et al (1970), Kul'Chitskiy (1972), Brown (1972), Souza Santos (1975), Leinz (1977), Suguio (1980-b), e comissões de estudo, utilizaram e utilizam-se de vários critérios, principalmente os relativos a: a) granulometria, b) propriedades físicas, c) composição química, e) estrutura cristalina, para conceituar e definir aqueles materiais.

Entendido como fração granulométrica o termo argila aparece na escala de Wentworth correspondendo a partículas, cujo diâmetro é inferior a $1/256$ mm., ou aproximadamente 0,004 mm. Na escala de Atterberg modernizada (1967), a fração argila corresponde ao material cujas partículas apresentem granulometria abaixo de

0,002 mm. Dessa forma, a fração argila não tem significado mineralógico, pois, apesar dos argilominerais apresentarem preferência para ocorrer nessa granulometria, outros minerais diferentes de minerais de argila também ocorrem nessa fração, como algumas formas de sílica e óxidos de ferro e titânio, e cinzas vulcânicas e farinhas glaciais ricas em minerais diferentes, Suguio (1980-b).

As propriedades físicas ou comportamento no decorrer de determinados processos, têm sido utilizados como critérios na definição ou conceituação das argilas. Como propõe Grim (1968) "... material de textura terrosa e de baixa granulometria, que desenvolve plasticidade quando misturado com uma quantidade limitada de água". Tal proposição evidencia a preocupação do autor em abranger o comportamento do material quando do seu aproveitamento industrial.

Com o método da difração de raios X (1920-1930) os argilominerais passaram a ser melhor conhecidos, com a identificação de variedades estruturais; antes, quimicamente, já era possível classificá-los como silicatos de alumínio, magnésio, ferro, hidratados.

Warshaw e Roy (1961) citam os trabalhos precursores de Pauling (1930) sobre cristalografia, que trouxeram informações sobre os aspectos estruturais dos filossilicatos, assim como os que o sucederam no campo da mineralogia de argilas como Brindley (1951), Grim (1953), MacEwan (1953), Mackenzie (1957), e outros, aceitos nas compilações mais recentes.

Os critérios para a definição de argilominerais, propostos pelo Comitê Internacional para o Estudo de Argilas, in Souza Santos (1975) sustentaram-se em suas propriedades físicas e químicas, incluindo seu comportamento frente a processos de interesse tecnológico : "... São os minerais constituintes caracterís

ticos das argilas, geralmente cristalinos, quimicamente são silicatos de alumínio hidratados, contendo certos tipos de outros elementos como magnésio, ferro, cálcio, sódio, potássio, lítio e outros; após moagem formam com água uma pasta mais ou menos plástica que endurece após secagem ou após queima". Na segunda parte da definição são relacionados os aspectos típicos da estrutura cristalina dos argilominerais e sua granulometria: "... Argilominerais são silicatos hidratados de reticulado ou rede cristalina em camadas (lamelar) ou de estrutura fibrosa, constituídos por folhas, planos ou camadas contínuas de tetraedros SiO_4 , ordenados em forma hexagonal, condensados com folhas ou camadas octaédricas, os argilominerais são essencialmente constituídos por partículas de pequenas dimensões".

3. Trabalhos Prévios

As argilas de interesse no presente estudo, têm sido estudadas intensiva e exhaustivamente do ponto de vista tecnológico.

Angeleri et al (1962) estudaram as argilas plásticas refratárias de Suzano, da Fazenda Manhumbarã, preocupados com a composição mineralógica das diferentes camadas descritas a partir de um perfil da jazida, classificadas como: superior, média e inferior (Figura 1).

Concluíram que as argilas são constituídas basicamente por caolinita "mal cristalizada", com teores diversos de gibbsita, micas e quartzo, observando que as da camada superior, quando compoem massas de cerâmica branca, tendem a rachar pela presença de argilominerais do grupo da montmorilonita (esmeectitas). Consideram que essas argilas têm propriedades mais próximas de ar

gilas refratárias (*), do que as do tipo "ball clays" inglesas(**).

Figura 1 - Esquema do perfil das camadas argilosas da Fazenda Manhumbará, localizadas no município de Suzano, conforme Angeleri (op.cit.).

Visconti (1954) já justificava um estudo do ponto de vista geológico de argilas, observando que para os fabricantes de produtos cerâmicos uma prospecção daqueles materiais por camadas, seguida da identificação dos vários tipos encontrados, seria de muita importância para sua utilização.

Souza Santos e Santini (1963) apresentaram curvas de análise térmica diferencial das argilas da região de Mogi das Cruzes, evidenciando a presença de caolinita e gibbsita, o que permi

(*) Argilas refratárias: são refratárias as argilas que apresentam refratariedade ou cone pirométrico equivalente ou superior ao cone Orthon 15 (1435°C), conforme norma da ABNT-MB 68.

(**) "Ball clays": argila bola ou argila plástica para cerâmica branca, muito plásticas, de granulometria bastante fina, queimam com cores claras. Atuam em suspensões argilosas (barbotinas) principalmente como "agentes de suspensão", e em massas ou pastas cerâmicas como "agentes ligantes". No Brasil são exemplos as argilas da região de São Simão (SP) e de Oeiras (PI) (Souza Santos, 1975).

tiu classificá-las como refratárias aluminosas. Ressaltam o valor prático do método de análise térmica diferencial, como instrumento de estudo de matérias primas cerâmicas, tanto do ponto devista cerâmico, como mineralógico.

Por serem amplamente utilizadas na indústria cerâmica de São Paulo, as argilas da região de Ribeirão Pires, Suzano e Mogi das Cruzes foram escolhidas como argilas padrão, dentre outras, por Souza e Souza Santos (1964 a). Neste trabalho estes autores apresentam os dados obtidos com as argilas admitidas como padrão, de uso corrente em tecnologia cerâmica, os quais compara dos com os dados obtidos para uma argila desconhecida, permitem classificar esta última quanto ao provável uso cerâmico.

Em 1966, Souza Santos e Souza Santos, apresentam um panorama da situação do Brasil no que diz respeito ao aproveitamento e necessidade de argilas industriais, ressaltando que "... É necessária a pesquisa geológica sistemática para a descoberta de novos depósitos de argilas do tipo "ball clays" para a cerâmica branca". Citam as argilas das várzeas da bacia do Rio Tietê, nos municípios de Ribeirão Pires, Suzano e Mogi das Cruzes, que têm sido usadas substituindo parcial ou totalmente as argilas de São Simão, embora não apresentem as mesmas propriedades, observando que muitas delas contêm gibbsita, proveniente da decomposição de caolinita por águas alcalinas em várzeas, ricas em matéria orgânica, essa gibbsita provoca um aumento na tixotropia das barbotinas das quais fazem parte. Ao mesmo tempo, consideram as argilas dessa região como refratárias, pois o conteúdo de gibbsita garante, após a queima, teores de alumina superiores a 46%.

Souza Santos (1966) apresenta fotomicrografias das argilas da região de Mogi das Cruzes e Ribeirão Pires, observando que as mesmas são constituídas por aglomerados espessos de caolinita de perfil irregular.

Angeleri(1966) descreve os principais métodos de controles utilizados para argilas visando sua aplicação na fabricação de grês sanitário, classificando aquelas que ocorrem ao longo do vale do Tietê, nos municípios de Suzano, Ribeirão Pires e Mogi das Cruzes, como preponderantemente caoliníticas, com baixo teor em ferro, com cor de queima branca, e regular plasticidade e trabalhabilidade, porém, menos afins com as do tipo "ball clays" inglesas, como as de São Simão, com as quais comparou os resultados de ensaios. Em continuação a esse mesmo estudo, Angeleri et al (1975) reitera a necessidade de um melhor conhecimento sobre as matérias primas argilosas, de um levantamento mais sistemático, por parte das empresas privadas e estatais, do potencial de matérias primas mais adequadas, da ampliação das fontes de fornecimento. Aponta como fonte atual de argilominerais para a indústria de louça sanitária os depósitos Quaternários do vale do Tietê, constituídos, em geral, por material caolinítico com teores variáveis de quartzo e matéria orgânica, com cerca de 50 a 60% de partículas abaixo de dois micrometros.

Calil (1972) estuda as propriedades reológicas de argilas para produção de grês sanitários, inclui as argilas de Ribeirão Pires e Suzano como materiais de estudo.

Com o objetivo de estabelecer uma "folha de propriedades de matérias primas", utilizadas mais frequentemente na indústria de cerâmica sanitária do Estado de São Paulo, Calil e Souza Santos (1974), apresentam dados de difração de raios X, microscopia eletrônica, análise térmica diferencial, capacidade de troca de cátion e área específica pelo azul de metileno, análises químicas, análises granulométricas e ensaios cerâmicos de argilas e caulins, dentre as quais estão as provenientes da região de Suzano, da Mineração Ceramite, e de Ribeirão Pires, da Empresa de Mineração Lavras Santo Amaro.

Interessados em comparar a variação do limite de

plasticidade (*) de amostras de argilas, quando a elas se juntam aditivos que alteram a quantidade de água, para que sejam extrudadas, Salomão e Souza Santos (1976), ensaiaram, dentre outras, as argilas da região de Suzano, da Mineração Ceramite, e de Ribeirão Pires, da Empresa de Mineração Lavras Santo Amaro, classificando os aditivos em relação ao aumento ou diminuição do limite de plasticidade das argilas. Concluem que a classificação dos aditivos não depende só deles, mas, geralmente, das características do par argila-aditivo.

Rodrigues (1975) utiliza a argila de Suzano como variável no estudo do efeito do carbonato de amônio no tempo de secagem, visando determinar a relação entre a concentração de carbonato e a redução do tempo de secagem daquele material.

Objetivando determinar o teor de sais solúveis, que em matérias primas cerâmicas possam afetar as propriedades reológicas de barbotinas, e descrevendo métodos para determinar quantitativamente os diversos tipos de sais solúveis, Cardoso e Angeleri (1979), incluem as argilas de Suzano, Ribeirão Pires, ao lado de outros materiais nacionais e estrangeiros, para estudo, concluindo que o teor de sais solúveis (sulfatos, cloretos, dureza, alcalinidade), mostram índices compatíveis com as finalidades previstas para as argilas nacionais estudadas, inclusive aquelas da região da Bacia do Tietê.

A partir de um método utilizado para dispersar argilominerais (defloculação), Monteiro e Angeleri (1980) comparam as curvas obtidas com o caolim do Pará e a argila São Simão, com as argilas de Suzano e Ribeirão Pires, concluindo que a defloculação das argilas estaria na dependência da composição mineralógica das mesmas.

(*) Limite de plasticidade (Atterberg) de uma argila é o teor de água (expresso em % de argila seca a 110°C), de uma massa plástica de argila, acima da qual a mesma possa ser enrolada em cilindros de cerca de 3 mm de diâmetro e 15 mm de comprimento.

Cardoso e Angeleri (1980) estudam a influência da introdução de argilas escuras, com matéria orgânica ativada de alta reatividade, na fabricação de barbotinas para sanitários. A matéria orgânica é ativada por carbonato de sódio. A formação do complexo "matéria-orgânica-soda-sulfato" alarga o patamar de defloculação de uma barbotina, pela adição de agentes dispersantes (defloculantes), tornando-a mais estável ao acerto reológico. As argilas de Suzano e Ribeirão Pires foram ensaiadas, sendo consideradas com baixo teor em matéria orgânica para serem utilizadas em barbotinas como formadoras do complexo citado.

Amarante Jr., et al (1980) estudam a viabilidade de utilizar as argilas de Suzano e Ribeirão Pires, como matérias primas para a fabricação de azulejos por "monoqueima". No mesmo ano 1980, Amarante Jr. e Santos apresentam os resultados dos ensaios termodiferenciais, dilatométricos e termogravimétricos das argilas de Suzano, Ribeirão Pires e outras, utilizadas pela indústria cerâmica de São Paulo.

Com o objetivo de apresentar novas alternativas para a defloculação de argilas, Marques (1980) utiliza-se da argila denominada comercialmente por L-180, da Lavras Santo Amaro, da região de Ribeirão Pires, para obtenção de dados.

Amarante Jr. e Boutros (1981), interessados em determinar a plasticidade de argilas pelos métodos de Atterberg e Línseis (*) e correlacioná-los, utilizam-se, dentre outras, da argila comercializada como L-180, de Ribeirão Pires, da Lavras Santo Amaro.

Constata-se nessa revisão de literatura uma preocupação em torno da caracterização tecnológica das argilas da região do Alto Tietê. Apesar do volume de trabalhos, pouco se pesquisou sobre a gênese e a evolução daqueles depósitos, ou seja, con-

(*) Plasticímetro de Línseis: método que submete à solicitação de compressão e tração massas argilosas, indicando o comportamento plástico das mesmas.

siderações que pudessem trazer contribuição para o entendimento da geologia são escassas e apenas algumas vezes abordadas. A proveniência dos materiais, a exata localização das minas e tipos de horizontes de argilas extraídos, também não ficam claros nos trabalhos consultados. Porém, alguns autores alertam, em trabalhos eminentemente tecnológicos, para a necessidade da pesquisa geológica sistemática, Visconti (1961), Souza Santos e Souza Santos (1969) e Angeleri et al (1975).

4. Objetivos

Justifica-se um estudo das argilas mencionadas com o objetivo de levantar dados sobre sua gênese, mineralogia e outros aspectos no âmbito da Geologia, informações que, sem dúvida, contribuirão para uma melhor utilização desses materiais, atualização e/ou revisão de suas propriedades, principalmente quando se constata a exaustão de algumas minas, e que o crescimento urbano da região impede a exploração de áreas potencialmente favoráveis à extração de argilominerais. Por outro lado, um estudo desse tipo é importante na prospecção e localização de novas áreas, pois permite estabelecer modelos de evolução.

5. Área de Estudo

5.1. Localização Geográfica

Os depósitos de argila incluídos no presente estudo estão localizados numa área que abrange os municípios de Ribeirão Pires, Mogi das Cruzes, Suzano, Biritiba Mirim e Salesópolis, no Estado de São Paulo, correspondendo a, aproximadamente, um quadrilátero delimitado pelas coordenadas: 23° 30' a 23° 38' Sul e 45° 30' a 46° 20' Oeste, conforme mapa da Figura 2.

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo. Referência: Mapa geológico do Estado de S. Paulo (1981).

5.2. Geologia Regional

Sobre a Geologia Regional da área de interesse encontram-se referências nos trabalhos de Almeida (1964), Alves (1975), Branquinho (1967), Coutinho (1972), Felicissimo e Franco (1956), Grooke (1981), Knecht (1954 e 1959), Paiva Filho et al (1972), Rosado (1974), Vandoros (1968), Vandoros e Franco (1966), Vandoros e Oliveira (1969) e Zambrano (1974 *a* e *b*). Indicações da bibliografia e publicações afins com a Geologia Regional e Fisiografia da área, relacionadas com este trabalho, podem ser encontradas na bibliografia levantada por Santos e Saad (1978). Conforme esses autores, a região onde se localiza a área de interesse, comporta formações geológicas de idades diversas. Predominam as rochas do embasamento cristalino pertencentes ao Grupo São Roque (micaxistos, granitos, gnaisses e migmatitos). Preenchendo as depressões do embasamento estão os sedimentos de idade Cenozóica, ocupando cerca de 2,5% da constituição litológica superficial da região. As unidades sedimentares são alúvios constituídos por areias, siltes, argilas e cascalhos, dispostos de modo irregular. Não são observadas estruturas sedimentares e a estratificação é bastante incipiente. Os autores do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (1981), consideram aqueles sedimentos como correlatos à Formação São Paulo. A mineralogia da fração areia, constituída por quartzo, micas, fragmentos de rochas, e a morfoscopia dos grãos, levaram Paiva Filho (1972), a sugerir a imaturidade desses materiais, classificando-os como recentes, correspondentes a apenas um ciclo deposicional.

Situada no Planalto Paulistano de Almeida (1964), a área em estudo inclui a planície percorrida pelo rio Tietê e seus afluentes. A notável inclinação das rochas na direção NE-SW, a variabilidade ao desgaste das rochas que constituem o Grupo São Roque, e seu diaclasamento, controlam a rede de drenagem da região. Em altitudes que variam entre 740 a 780 metros, destacam-se amplas várzeas, com dimensões exageradas em relação à drenagem atual; são constituídas por material aluvionar, geralmente cobertos por uma camada turfosa; depressões menores, entre a morraria,

acomodam pequenas várzeas.

Sobre a Geologia Regional da área de interesse no presente estudo, Zambrano (1974 *a* e *b*) faz referência a três tipos geomorfológicos, distinguem-se: a) Serra do Mar, geologicamente constituída por rochas metamórficas e graníticas do Embasamento Brasileiro, compondo a maior parte da litologia da margem direita do rio Tietê, e suas cabeceiras; b) as elevações mais suaves e colinas, que incluem-se em grande parte na margem esquerda do rio Tietê, composta por sedimentos argilosos e arenosos da Formação São Paulo, do Terciário; c) as várzeas dos vales em "U" dos rios principais dessa bacia hidrográfica, onde estão depositadas as argilas de interesse. Tectonismo no fim do Terciário deve ter ocasionado o represamento das águas da região, com a formação de lagos rasos e inundações dos vales dos rios. Nesse período teria ocorrido a sedimentação das argilas, siltes, que hoje constituem depósitos com espessura total, incluindo as turfeiras, nas maiores várzeas entre 10 a 15 metros.

5.3. Descrição dos Depósitos

Dentro do quadrilátero apresentado no mapa da Figura 2 e detalhado na Figura 3, operam várias empresas mineradoras de argilas para diversos fins industriais. Em função de critérios que serão descritos no capítulo II deste trabalho, foram selecionados os seguintes depósitos para coleta de material.

5.3.1. Depósito de argila da Empresa Mineração da Lavras Santo Amaro Ltda

Está situado numa área de 21,05 hectares no Bairro das Palmeiras, no município de Suzano, junto a estrada de rodagem

Figura 3 - Carta geológica da Região da Grande São Paulo (1980), mostrando a localização dos depósitos de interesse e os pontos de amostragem.

Escala

- Quaternário: cascalho, areias, argilas.

- Reservatórios
I - Taiaçupeba; II - Ponte Nova

- Prê-Cambriano.

- (1) Empresa de Mineração da Lavras Santo Amaro Ltda.
- (2) Santo Angelo - IBAR S/A
- (3) Brás Cubas - IBAR S/A
- (4) Jundiapéba - IBAR S/A
- (5) Serrote - IBAR S/A
- (6) Benedito Lopes.

que liga Ribeirão Pires a Suzano (SP-31), com acesso no km 30. Atualmente o depósito é atravessado pelo ramal ferroviário da RFFS/A, que liga Paranapiacaba a Suzano. Este depósito localiza-se dentro de uma pequena bacia aluvionar, banhado ao norte pelo rio Taiaçupeba Mirim. São materiais constituídos por sedimentos argilo-arenosos recentes, recobertos por uma camada turfosa bastante escura, Knecht (1954) os classifica como quaternários, dispostos discordantemente sobre as rochas do pré-cambriano, aqui constituídas por xistos, micaxistos e gnaisses que, quando expostos, apresentam alto grau de decomposição intempérica.

Em relatório de pesquisa, Knecht (op.cit.) inclui as argilas estudadas na categoria de refratárias, indicando sua utilização também como matérias primas para a fabricação de porcelanas e louças. Apresenta um perfil médio para o depósito, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Perfil idealizado do depósito da Lavras Santo Amaro, conforme Knecht (op.cit.)

5.3.2. Depósito de argila da Fazenda Santo Angelo da IBAR S/A.

Está situado numa área correspondente a 168 hectares, no distrito de Jundiapéba, município de Mogi das Cruzes. A jazida pode ser alcançada pela estrada que liga o distrito de Jundiapéba a localidade denominada Varinhas, situando-se numa das várzeas do rio Taiaçupeba, afluente de margem esquerda do rio Tietê.

Na figura 5 apresenta-se o perfil idealizado, que indica a localização do depósito Santo Angelo.

Figura 5 - Perfil esquemático da área onde se inserem as jazidas de argila do Santo Angelo, idealizado por Zambrano (1974 b).

- Quaternário: aluviões fluviais: argilas, areias, cascalhos.

- Terciário: nos níveis superiores argilas e cascalhos da Formação São Paulo.

- Pré-cambriano: granitos, granodioritos, gnaisses.

Conforme Zambrano (op.cit.) o perfil geral da área está esquematizado na Figura 6.

Figura 6 - Perfil geral do depósito do Santo Angelo, conforme Zambrano (op.cit.)

5.3.3. Depósito de argila da Brás Cubas da IBAR S/A

Está situado no bairro do mesmo nome, no município de Mogi das Cruzes, correspondendo a 72,09 hectares. É limitado pelas linhas da RFFS/A ao sul, que ligam Suzano a Mogi das Cruzes; quase paralelamente está a estrada de rodagem, que também liga os municípios citados. A jazida de argila refratária ocorre em uma faixa da margem esquerda do rio Tietê, num vale onde este recebe seu afluente Jundiaí. Zambrano (1974 a) acredita que a sedimentação das argilas refratárias tenha ocorrido em todo o fundo do vale, porém, posteriormente, o rebaixamento do leito do rio provocou a erosão daquele material argiloso, restando, como testemunho do antigo nível deposicional, a área próxima à borda da bacia. Localmente é possível observar que essa faixa argilosa está num plano mais alto, cerca de 50 centímetros, do restante do fundo do vale.

Por fotos aéreas conforme Zambrano (op.cit.), é relativamente fácil observar os dois níveis. Assim, propõe um perfil esquemático, provável para a região de Brás Cubas, assinalando que as camadas irregulares de argila, repousam sobre arenitos quartzosos brancos ou acinzentados, tendo, respectiva e subjacente, uma camada de cascalhos e as rochas do pré-cambriano. Ressalta que a espessura total do conjunto pode alcançar dimensões da ordem de 15 metros, nas proximidades do leito atual do rio Tietê. Na figura 7 apresenta-se o perfil idealizado por Zambrano (op.cit.) para a região de Brás Cubas.

Figura 7 - Perfil esquemático, idealizado por Zambrano (1974 a) das jazidas de Brás Cubas. (Exagero Vertical).

- Camada turfosa

- Conglomerado

- Argila

- Terciário

- Areia

- Pré-cambriano

5.3.4. Depósito de argila de Jundiapéba, da IBAR S/A.

Está incluído dentro da extensa várzea entre os rios Jundiaí e Taiaçupeba, que desaguam no rio Tietê, na sua margem esquerda. O acesso ao depósito pode ser feito através de estrada de rodagem que liga Jundiapéba ao bairro das Varinhas, localidades do município de Mogi das Cruzes. O depósito de argila refratária apresenta horizontes bem definidos, com espessura variando entre 0,5 a 2,0 metros das camadas exploráveis. Superiormente a jazida está recoberta por uma camada variável de turfa e inferiormente, está assentada sobre espessa camada de areia. Conforme Rosado (1974) as argilas são constituídas por argilominerais do grupo da caolinita, gibbsita, além de um resíduo arenoso, cuja porcentagem e granulometria variam dentro do depósito.

5.3.5. Depósito de argila do Serrote, da IBAR S/A.

Localiza-se no bairro de mesmo nome, no município de Salesópolis, dentro das estreitas várzeas do rio Paraitinga, afluente da margem direita do rio Tietê, praticamente incrustado sobre as rochas da pré-cambriano, que constituem a Serra do Mar.

As camadas de argila refratária não têm uma direção preferencial de acamamento. Via de regra, apresentam-se intercaladas por camadas de areias bem claras. Os maiores corpos argilosos estão na margem direita e bem próximo do leito atual do rio. Essa distribuição, conforme modelo proposto por Zambrano (op.cit.) esquematizado na Figura 8, é consequência das sucessivas mudanças que ocorreram no curso do rio, provocando uma erosão aleatória nos sedimentos argilosos e depositando areia no mesmo nível, durante uma fase posterior de maior energia.

Figura 8 - Perfil esquematizado provável para a área do Serrote, idealizado por Zambrano (op.cit.)

5.3.6. Depósito de argila Benedito Lopes

Estão localizados entre os municípios de Biritiba Mirim e Salesópolis. Não são extraídas argilas de apenas um dep^o sito, mas de um conjunto de pequenos vales assoreados por material arenoso e argiloso, que podem ser alcançados a partir da estrada principal que liga aqueles dois municípios e estradas vicinais. As lentes de argila correspondem a um material claro, plástico, variando em tonalidades do castanho e cinza. Ocorrem de modo similar às argilas do Serrote, assentadas sobre rochas do pré-Cambriano.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Materiais e Critérios Adotados para a Coleta

Para a amostragem dos materiais a serem estudados, conforme mapa da Figura 3, foram considerados os seguintes critérios: a) aspectos ligados à Geologia, que pudessem contribuir para o entendimento da gênese do material; b) facilidade do acesso junto às empresas de mineração, no que se refere à obtenção de dados e amostras; c) interesse cerâmico que pudessem representar.

Tendo como base o mapa geológico da região (1980) mais os dados obtidos junto às empresas mineradoras, foram caracterizados dois tipos de áreas, dentro dos sedimentos quaternários da bacia do Alto Tietê, para a coleta de material: a) área de grandes várzeas, e b) área de pequenas várzeas.

Conforme consta do mapa da Figura 3, foram coletadas, amostras dos locais indicados: (1) Depósito da Empresa de Mineração da Lavras Santo Amaro Ltda.; (2) Depósito do Santo Angelo; (5) Depósito do Serrote; (6) Depósito Benedito Lopes, caracterizados como área de pequenas várzeas, localizadas nas bordas da bacia de drenagem do rio Tietê; (3) Depósito Brás Cubas e (4) Depósito Jundiapéba, localizados numa das maiores várzeas da mesma bacia, que se estende desde o perímetro urbano de Mogi das Cruzes, até os limites da cidade de Suzano, ocupando uma área aproximada de 30 Km². Conforme Zambrano (1974 b), aqui estão as camadas sedimentares mais espessas, inclusive a turfosa, que recobrem, praticamente por toda extensão, os sedimentos quaternários da região.

A coleta de material utilizado nas análises de laboratório foi realizada em perfis típicos, que representam os depósitos selecionados. Foram amostrados diferentes horizontes, distinguidos por propriedades morfológicas, cor, textura e interesse ce

râmico que pudessem representar.

1.1. Perfil amostrado do depósito da Empresa de Mineração da Lavras Santo Amaro Ltda.

Figura 9 - Perfil do depósito da Lavras Santo Amaro Ltda.

As argilas da Lavras Santo Amaro Ltda. foram incluídas no presente estudo devido à sua utilização, em escala considerável, pela indústria cerâmica da Grande São Paulo, e outros municípios próximos. As reservas estão avaliadas em cerca de 153.000 toneladas.

A argila codificada como "L-1" neste trabalho tem sua utilização na fabricação de azulejos, pastilhas, refratários. A argila "L-2" é matéria prima para a fabricação dos mesmos produtos anteriormente mencionados, mais argamassas e porcelana elétrica. A argila "L-3" é utilizada na fabricação de grés sanitário e louça de mesa. Há ainda um quarto tipo de argila, que passa por um processo particular de obtenção, codificada comercialmente como "L-180", que participa como matéria prima na fabricação de esmaltes cerâmicos,

porcelana elétrica, massas cerâmicas do tipo "cottoforte", esmaltes cerâmicos para chapas metálicas, aglomerantes para areia de fundição.

A extração de argilas na jazida da Lavras Santo Amaro é feita a céu aberto, através de escavadeiras. Caminhões transportam o material para os terreiros de secagem ao sol. Após secagem as argilas são armazenadas em construções ao abrigo das chuvas, prontas para expedição.

1.2. Perfil Amostrado do Depósito do Santo Angelo, da IBAR S/A

Figura 10 - Perfil de coleta do depósito do Santo Angelo

O depósito do Santo Angelo localizado numa pequena várzea nas bordas da bacia hidrográfica do Alto Tietê, é explorado pela IBAR S/A, fornecendo um material classificado como ligante de chamotas (*) na produção de refratários sílico-aluminosos.

X (*) Chamota: no caso de argila aluminosa é aquela pré queimada, em temperaturas elevadas, com o objetivo de aumentar sua refratariedade para utilização na fabricação de material refratário.

1.3. Perfil Amostrado do Depósito de Brás Cubas da IBAR S/A

Figura 11 - Perfil da coleta do depósito de Brás Cubas.

Na camada da argila cinza, BC-3, foi possível a observação de nódulos esbranquiçados de gibbsita, com cerca de 3 a 5 milímetros de diâmetro médio.

1.4. Perfil Amostrado do Depósito de Jundiapéba da IBAR S/A

Figura 12 - Perfil de coleta da jazida de Jundiapéba

Nas camadas argilosas BC-3 (Brás Cubas) e J-3 (Jun-

diapheba), foi possível observar a ocorrência de nódulos esbranquiçados de gibbsita, com cerca de 3 a 5 milímetros de diâmetro médio. As camadas argilosas castanha e cinza são utilizadas, indistintamente, na fabricação de chamotas para a fabricação de materiais refratários pela IBAR S/A. Os dois depósitos estão localizados dentro do que foi caracterizado como área de grandes várzeas.

1.5. Perfil Amostrado de Depósito do Serrote da IBAR S/A

Figura 13 - Perfil de coleta de jazida do Serrote.

No perfil coletado do depósito do Serrote a camada argilosa de cor castanho-clara é predominante. A camada argilosa de cor castanho-escura, localizada logo abaixo da turfa no perfil coletado, aparece esporadicamente, com espessura em torno de 1,0 metro. As duas argilas são utilizadas principalmente como ligantes de chamotas, na fabricação de refratários.

As camadas argilosas dos depósitos denominados Benedito Lopes são utilizadas na manufatura de produtos classificados como cerâmica branca, como porcelana, faiança, azulejos. Ocorrem

de modo similar às argilas do Serrote. Esses dois depósitos estão localizados em área de pequenas várzeas dentro da bacia hidrográfica do Alto Tietê.

1.6. Perfil amostrado do depósito Benedito Lopes

Figura 14 - Perfil de coleta das argilas Benedito Lopes.

As reservas medidas de argilas dos depósitos da IBAR S/A, correspondentes à matéria prima para a manufatura de artigos refratários, estão estimadas em 1.750.000 toneladas, assim distribuídas:

a) Santo Angelo	250.000 t
b) Brás Cubas	500.000 t
c) Jundiapéba	300.000 t
d) Serrote	700.000 t

O consumo mensal das argilas de Brás Cubas (b) e Jundiapéba (c) está estimado em 4.300 toneladas/mês, utilizadas na fabricação da chamota refratária, enquanto que as argilas do Santo Angelo (a) e do Serrote (d), utilizadas como ligantes da chamota, tem consumo em torno de 5000 toneladas/mês.

2. Métodos

Os materiais coletados nos perfis característicos dos diferentes depósitos, foram secados ao ar livre, e submetidos a diversos tipos de ensaios.

2.1. Análises Granulométricas

Para as análises granulométricas foram utilizadas as amostras com 200 gramas. Após secagem e pesagem, o material levado em suspensão aquosa foi passado em peneiras U.S.S. 250 (abertura 0,062 mm.) e U.S.S. 325 (abertura 0,044 mm.) O resíduo obtido na primeira peneira caracterizou a fração, areia, que foi estudada por microscopia optica e/ou lupa. Através do método da centrífuga (Callil e Cardoso, 1974), foram separadas as frações abaixo de 0,002mm. que caracterizou a fração argila, para estudos por difração de raios X. A fração abaixo de 0,044 mm. foi estudada por análises químicas, análises térmicas, difração de raios X, ensaios cerâmicos, e sua curva de distribuição granulométrica foi obtida através do analisador do tamanho de partículas Sedígrafo 5000D, da Micromeritics Instrument Corporation (1975), pertencente à Celite S/A. O sedígrafo é um instrumento que mede a taxa de sedimentação de partículas em suspensão, contando com o auxílio de um computador que apresenta, automaticamente, os dados em um registrador X-Y, conforme programação com base na Lei de Stokes. Na figura 15, apresenta-se um diagrama esquemático do funcionamento do sedígrafo. A célula de sedimentação, construída em material transparente aos raios X e aos comprimentos de onda da luz visível, tem as seguintes dimensões: 1,32 X 0,35 X 3,50 cm³. Preenchida pela amostra em suspensão aquosa, é embutida no aparelho e mantida num tempo suficiente para que se estabeleça um equilíbrio de temperatura. Por meio de um feixe colimado de raios X a concentração das partículas que permanecem em suspensão, dentro de um determinado tempo, é determinada. O equipamento produz um sinal que é diretamente proporcional à concentração de partículas que intercepta o fluxo de raios X. Este sinal, tratado eletronicamente e computado

rizado, alimenta o registrador X-Y. Numa escala logarítmica de três ciclos, no eixo da abcissa (Y), é plotado o tamanho das partículas; e no eixo das ordenadas (X), numa escala linear, a porcentagem em massa das mesmas.

Figura 15 - Diagrama esquemático do funcionamento do Sedígrafo 5000D, conforme manual de instrução da Micromeritics Instrument Corporation (1975).

As amostras são preparadas em uma concentração, correspondente à faixa de 1% a 5% de sólidos em suspensão aquosa, suficiente para que a transmissão dos raios X esteja entre 40 a 80% daquela se fosse efetuada em um meio isento de partículas sólidas. A concentração das amostras não precisa ser exata devido aos ajustes que o instrumento faz sob programação.

2.2. Análises Químicas

As amostras foram analisadas quimicamente por via úmida, sendo dosados os seguintes elementos: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , e perda ao fogo.

Com um pHmetro Corning, modelo 5, mediu-se o pH das argilas, procedendo-se da seguinte maneira: 100 gramas do material foi agitado em água deionizada numa quantidade e tempo suficientes para que ocorresse completa dispersão, em seguida media-se o pH.

2.3. Análises Mineralógicas

As análises mineralógicas foram conduzidas por:

2.3.1. Análise por difração de raios X

Por este método foram ensaiadas as frações abaixo de 0,044 mm e 0,002 mm, das amostras de cada horizonte dos perfis amostrados. Utilizou-se de um equipamento da marca Philips, com radiação K-alfa do cobre, pertencente ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A (SP), Seção Cerâmica. O material a ser irradiado, foi preparado de modo que as partículas adquirissem orientação preferencial sobre uma lâmina de vidro, utilizando-se o processo de dispersão em água.

2.3.2. Análise térmica diferencial

Utilizou-se de um equipamento da B.P. Engenharia Ltda., pertencente à Escola Senai Armando de Arruda Pereira, que trabalhou com sensibilidade em 2 mV, e velocidade média de aquecimento de

10°C/min. Foram ensaiadas as frações abaixo de 0,044 mm., e os nódulos retidos em peneira U.S.S. 250 (abertura 0,062 mm.).

2.3.3. Cálculo da composição mineralógica

Com os dados da difração de raios X, mais uma curva de calibração para as porcentagens de gibbsita, obtida por Corrêa et al (1983) junto ao equipamento de análise térmica diferencial, e tomando-se como base os dados da análise química, montou-se as composições mineralógicas aproximadas para os materiais estudados.

2.4. Ensaaios Cerâmicos

Com as amostras passadas em peneira U.S.S. 325 (abertura 0,044 mm.) foram conformados corpos de prova em uma prensa de laboratório, pela aplicação de uma pressão estática de 200 kgf/cm² ao material, previamente umedecido com 6% a 8% de água e granulado em peneira U.S.S. 60. Os corpos de prova, após prensagem adquiriram as seguintes dimensões: 60 X 20 X 5 mm³. Tais condições para a confecção dos corpos de prova para os ensaios cerâmicos, assim como as temperaturas de queima, são propostas de Souza e Souza Santos (1964 a).

Para cada horizonte de cada perfil coletado foi confeccionado um número de corpos de prova suficiente para medir os característicos cerâmicos, após secagem a 110°C e após queima nas temperaturas de 950°C, 1250°C e 1450°C, usuais nas queimas de productos de cerâmica vermelha, branca e refratária, respectivamente.

Para as temperaturas de 950°C e 1250°C os corpos de prova foram queimados em forno elétrico, com resistência de kanthal, em atmosfera constante, durante 3 horas na temperatura de queima. A Cerâmica São Caetano S/A fez a queima dos corpos de prova a

1450°C, dentro das condições acima especificadas. Foram observados e/ou medidos os seguintes característicos cerâmicos: a) cor, retração linear e tensão de ruptura à flexão, após secagem dos corpos de prova a 110°C; b) cor, retração linear, tensão de ruptura à flexão, perda ao fogo, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente, após queima nas temperaturas de 950°C, 1250°C e 1450°C; c) cone pirométrico equivalente, realizado nos laboratórios da Cerâmica São Caetano S/A, conforme norma da ABNT, MB - 68.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. Granulometria

Nas figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21 estão os resultados da distribuição granulométrica das partículas abaixo de 0,044 mm., correspondentes aos horizontes de cada perfil coletado, obtidos pelo método do sedígrafo.

Os dados obtidos pela separação em peneiras, mais os fornecidos pelo sedígrafo, compuseram elementos para a classificação das frações argila, silte e areia das amostras estudadas. Na Tabela I, estão os dados correspondentes a granulometria dos horizontes de cada perfil.

Os resultados obtidos com os métodos das análises granulométricas foram plotados em diagramas triangulares, conforme Shepard, in Suguio (1980 b), obtendo-se, dessa forma, a caracterização litológica de cada horizonte. Os diagramas triangulares são apresentados nas figuras: 22, 23, 24, 25, 26 e 27.

A caracterização litológica dos perfis ficou estabelecida conforme o que se apresenta na Tabela II.

Dos resultados das análises granulométricas observou-se que algumas amostras apresentaram a fração areia em grande quantidade, como foi o caso dos horizontes: L-1, L-4, BC-2, J-4, e S-4. Na lupa e ao microscópio óptico essas frações demonstraram ser compostas por duas fases mineralógicas bem distintas: uma constituída por quartzo, mica e raros grãos de feldspatos; e outra por material nodular. A morfoscopia dos grãos da primeira fase revela imaturidade desses materiais (baixo grau de arredondamento), o que concorda com a proposição de Paiva Filho et al (1972) que sugere a ocorrência de apenas um

TABELA I - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS HORIZONTES
DOS PERFIS AMOSTRADOS.

Denominação da Amostra	% das frações		
	Argila	Silte	Areia
L-1	45,0	24,0	31,0
L-2	66,0	18,0	16,0
L-3C	62,0	22,0	16,0
L-3E	36,0	48,0	16,0
L-4	30,0	33,0	37,0
SAB-1	77,0	21,5	1,5
SAB-2	76,0	21,0	3,0
BC-2	50,0	26,0	24,0
BC-3	78,0	13,0	9,0
J-2	59,0	27,5	13,5
J-3	80,0	12,0	8,0
J-4	26,0	35,0	39,0
S-2	29,0	56,0	15,0
S-4	59,0	20,0	21,0
BL-1	34,5	50,5	15,0
BL-2	74,0	13,0	13,0
BL-3	65,0	21,0	14,0

Figura 16 - Curvas da distribuição granulométrica dos horizontes da jazida da Lavras Santo Amaro (Suzano), da fração abaixo de 0,044 mm., pelo método do sedígrafo.

Figura 17 - Curvas da distribuição granulométrica dos horizontes da jazida do Santo Angelo, da fração abaixo de 0,044 mm., pelo método do sedígrafo.

Figura 18 - Curva da distribuição granulométrica dos horizontes da jazida de Brás Cubas, da fração abaixo de 0,044 mm., pelo método do sedígrafo.

Diâmetro esférico equivalente em micrometros.

Figura 19 - Curvas da distribuição granulométrica dos horizontes da jazida de Jundiapéba, da fração abaixo de 0,044 mm., pelo método do sedígrafo.

Diâmetro esférico equivalente em micrometros.

Figura 20 - Curvas da distribuição granulométrica dos horizontes da jazida do Serrote, da fração abaixo de 0,044 mm., pelo método do sedígrafo.

Diâmetro esférico equivalente em micrometros.

Figura 21 - Curvas da distribuição granulométrica dos horizontes das argilas Benedito Lopes, da fração abaixo de 0,044 mm., pelo método do sedígrafo.

Diâmetro esférico equivalente em micrometros.

Figura 22 - Classificação granulométrica dos perfis coletados no depósito da Lavras Santo Amaro.

Figura 23 - Classificação granulométrica dos perfis coletados no depósito do Santo Angelo.

Figura 24 - Classificação granulométrica dos perfis coletados no depósito de Brás Cubas.

Figura 25 - Classificação granulométrica dos perfis coletados no depósito de Jundiapéba.

Figura 26 - Classificação granulométrica dos perfis coletados no depósito do Serrote.

Figura 27 - Classificação granulométrica dos perfis coletados no depósito de Benedito Lopes.

TABELA II - CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA DOS PERFIS

AMOSTRA	CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA
L-1	Argila arenosa
L-2	Argila síltica
L-3C	Argila síltica
L-3E	Silte argiloso
L-4	Areia síltico argilosa
SAB-1	Argila
SAB-2	Argila
BC-2	Argila síltica
BC-3	Argila
J-2	Argila síltica
J-3	Argila
J-4	Areia síltico argilosa
S-2	Silte argiloso
S-4	Argila arenosa
BL-1	Silte argiloso
BL-3	Argila arenosa
BL-4	Argila síltica

ciclo deposicional para os sedimentos quaternários da bacia do Alto Tietê. O material nodular se caracteriza por apresentar aspecto terroso e cor esbranquiçada peculiar, feições que o destacam da massa residual, principalmente após secagem. Frente aos resultados obtidos das análises químicas, Tabela V, da difração de raios X, Figuras 32 e 34, e das análises térmicas, Figuras 45 e 46, pode-se concluir que esses nódulos são constituídos por uma mistura de gibbsita mais argilomineral do grupo da caulinita. Nas amostras de Brás Cubas e Jundiapéba os nódulos chegam a representar 15% a 20% da fração areia. Nas demais amostras as porcentagens caem, ficando no máximo ao redor de 8%. Observa-se, portanto, que os nódulos têm comportamento granulométrico de pseudo-areia, pois, apesar de ocorrerem naquela fração, na realidade são aglomerados bastante resistentes aos métodos usuais de dispersão, utilizados em análises granulométricas.

Dois horizontes se caracterizaram litologicamente como areia-siltico-argilosa: L-4 e J-4. Esses materiais apesar de não serem utilizados pela indústria cerâmica como fonte de argilominerais, foram incluídos neste estudo, e a fração abaixo de 0,044 mm, submetida aos ensaios cerâmicos e de caracterização mineralógica. O horizonte L-4 ocorre na área classificada como de pequenas várzeas, e o horizonte J-4 ocorre na área de grandes várzeas.

2. Análises Químicas

Os resultados obtidos da medida do pH das argilas são apresentados na Tabela III.

O pH das amostras dos horizontes variou de 3,85 a 5,90. Os maiores valores de pH foram encontrados no material nodular. O pH do ambiente ligeiramente ácido, no qual estão inseridas as amostras estudadas é, provavelmente, assegurado pela camada turfosa que se encontra, quase sempre, cobrindo os sedimentos quaternários da bacia do Alto Tietê.

TABELA III - pH DOS HORIZONTES DOS PERFIS COLETADOS DOS DEPÓSITOS

Lavras Santo Amaro

Amostra	pH
L-1	4,35
L-2	4,20
L-3C	4,00
L-3E	3,90
L-4	3,85

Santo Angelo

Amostra	pH
SAB-1	3,50
SAB-2	4,45

Brás Cubas

Amostra	pH
BC-2	4,25
BC-3	4,00
nódulo	5,90

Jundiapéba

Amostra	pH
J-2	4,00
J-3	4,20
J-4	4,10
nódulo	5,88

Serrote

Amostra	pH
S-2	4,20
S-4	4,30

Benedito Lopes

Amostra	pH
BL-1	4,70
BL-3	4,10
BL-4	4,20

Os resultados das análises químicas realizadas sobre o material abaixo de 0,044 m, estão nas Tabelas IV, V e VI.

Observa-se que os horizontes superiores dos perfis coletados, com exceção das amostras das jazidas de Benedito Lopes (BL), apresentaram perda ao fogo sempre maior do que as amostras dos horizontes inferiores. A quantidade de sílica, assim como a de alumina é bastante variável em função do perfil. O teor de Fe_2O_3 não foi superior a 3,79% em todas as amostras estudadas. Os alcalinos aparecem em pequena quantidade, e o teor de K_2O é sempre maior que o de Na_2O , porém não maior que 1,72%. Os alcalinos terrosos, CaO e MgO , raramente estão presentes e quando sim, aparecem em teores de no máximo 1,08%. A porcentagem máxima de TiO_2 encontrada foi de 2,5%. Portanto, do ponto de vista químico, os materiais estudados se caracterizam por uma composição aluminosa, pobre em álcalis e ferro.

3. Análises Mineralógicas

3.1. Análise por difração de raios X

A) Os resultados da difração de raios X da fração abaixo de 0,044 mm são descritos a seguir, e estão representados nas Figuras 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36.

a) *Lavras Santo Amaro*: a amostra do horizonte L-2 apresentou reflexões correspondentes aos seguintes minerais: argilomineral do grupo de $14\text{\AA}$, não expansível por glicolação, provavelmente do grupo da vermiculita e/ou da clorita; de argilomineral do grupo da caolinita: $7,15\text{\AA}$, $4,45\text{\AA}$, $4,35\text{\AA}$ e $3,56\text{\AA}$; do mineral gibbsita: $4,85\text{\AA}$, do mineral quartzo: $3,34\text{\AA}$. A amostra do horizonte L-1 é semelhante à amostra do horizonte L-2 no que se refere às reflexões frente aos raios X, porém não apresentou argilomineral do grupo de $14\text{\AA}$. As amostras dos perfis L-3C, L-3E, e L-4 apresentaram reflexões correspondentes aos seguintes minerais: do grupo das micas: $10\text{\AA}$ e $4,98\text{\AA}$, de argilomineral do grupo

TABELA IV - ANÁLISES QUÍMICAS DOS HORIZONTES DOS DEPÓSITOS DA LAVRAS SANTO AMARO E SANTO ANGELO

<div>Amostra</div> <div>% Determinada</div>	Lavras Santo Amaro					Santo Angelo	
	L-1	L-2	L-3C	L-3E	L-4	SAB-1	SAB-2
P. Fogo	16,53	17,75	14,58	13,94	13,93	15,03	13,78
SiO ₂	45,02	40,52	44,00	44,92	47,40	42,52	45,06
Al ₂ O ₃	33,46	37,85	36,75	37,20	35,00	36,80	34,30
Fe ₂ O ₃	2,44	1,90	1,90	1,90	1,90	3,25	3,25
TiO ₂	2,50	1,75	1,75	1,00	1,10	1,35	1,25
CaO	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
MgO	traç.	traç.	traç.	traç.	traç.	traç.	1,08
Na ₂ O	0,03	0,08	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08
K ₂ O	0,30	0,41	0,59	0,90	0,98	0,70	1,46
Total	100,28	100,26	99,65	99,92	100,39	99,71	100,26

TABELA V - ANÁLISES QUÍMICAS DOS HORIZONTES DOS DEPÓSITOS DE BRÁS CUBAS E JUNDIAPEBA

Amostra % Determinada	Brás Cubas			Jundiapéba			
	BC-2	BC-3	nódulo	J-2	J-3	J-4	nódulo
P. Fogo	23,29	16,21	29,08	24,26	24,70	13,0	28,18
SiO ₂	28,86	39,58	11,04	25,84	22,78	44,87	13,68
Al ₂ O ₃	42,75	42,10	59,20	44,78	50,10	38,26	56,58
Fe ₂ O ₃	3,25	1,35	0,54	2,17	1,35	2,44	0,27
TiO ₂	1,70	0,75	neg.	1,95	0,95	1,00	0,45
CaO	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
MgO	0,18	neg.	traç.	traç.	traç.	traç.	traç.
Na ₂ O	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,09	0,02
K ₂ O	0,40	0,17	0,04	0,52	0,48	0,34	0,02
Total	100,46	100,18	99,92	99,57	100,40	100,00	99,20

TABELA VI - ANÁLISES QUÍMICAS DOS HORIZONTES DOS DEPÓSITOS DO SERROTE E BENEDITO LOPES

Amostra % Determinada	Serrote		Benedito Lopes		
	S-2	S-4	BL-1	BL-2	BL-3
P. Fogo	17,63	13,73	16,17	18,24	18,14
SiO ₂	44,26	48,48	43,78	38,90	38,40
Al ₂ O ₃	33,72	30,86	37,10	39,97	40,77
Fe ₂ O ₃	2,98	3,79	1,35	1,63	1,63
TiO ₂	0,30	0,95	0,95	1,00	1,00
CaO	0,28	neg.	0,30	neg.	neg.
MgO	traç.	0,24	neg.	neg.	neg.
Na ₂ O	0,07	0,12	0,05	0,04	0,02
K ₂ O	1,15	1,72	0,38	0,23	0,12
Total	100,39	99,89	100,08	100,01	100,08

Figura 28 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm., dos horizontes do perfil coletado no depósito Lavras Santo Amaro.

Figura 29 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm., dos horizontes do perfil coletado no depósito Lavras Santo Amaro.

Figura 30 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm., dos horizontes do perfil coletado no depósito Santo Angelo.

Figura 31 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm, dos horizontes do perfil coletado no depó-
sito de Brás Cubas.

Figura 32 - Difração de raios "X" dos nódulos de Brás Cubas.

Figura 33 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito de Jundiapéba.

Figura 34 - Difração de raios "X" dos nódulos de Jundiapéba.

Figura 35 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito do Serrote.

Figura 36 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,044 mm, dos horizontes do perfil coletado no depósito Benedito Lopes.

da caolinita: 7,15Å, 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å, e do mineral quartzo: 3,34Å; conforme figuras 28 e 29.

b) *Santo Angelo*: os dois horizontes SAB-1 e SAB-2 apresentaram reflexões para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å. O horizonte SAB-2 apresentou, adicionalmente, reflexões para mineral do grupo das micas: 10Å e 4,98Å, e para o mineral quartzo: 3,34Å, conforme figura 30.

c) *Brás Cubas*: as duas amostras correspondentes aos horizontes BC-2 e BC-3 apresentaram reflexões para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å e 3,56Å; para o mineral gibbsita: 4,85Å; e para o mineral quartzo: 3,34Å. A amostra obtida a partir dos nódulos do horizonte BC-3, apresentou reflexões correspondentes aos seguintes minerais: argilomineral do grupo da caolinita: picos a 7,15Å e 3,56Å, pouco intensos; de gibbsita: pico a 4,87Å e 4,37Å bastante intensos; conforme Figura 31 e 32.

d) *Jundiapéba*: as amostras dos horizontes J-2 e J-3 apresentaram reflexões semelhantes correspondentes a: argilomineral do grupo de 14Å, não expansível por glicolação, do grupo de vermiculita e/ou clorita, em pequenas quantidades; de argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å e 3,56Å; do mineral gibbsita: 4,85Å; e do mineral quartzo: 3,34Å. A amostra do horizonte J-4 apresentou reflexões para minerais do grupo das micas: 10Å e 4,98Å; de argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å e 3,56Å; e do mineral quartzo. A amostra obtida a partir dos nódulos do horizonte J-3 apresentou reflexões muito semelhantes às aquelas devidas aos nódulos de Brás Cubas, obtidas a partir do horizonte BC-3, isto é, indicativas da presença de argilomineral do grupo da caolinita e do mineral gibbsita; conforme Figuras 33 e 34.

e) *Serrote*: as amostras dos horizontes S-2 e S-4 apresentaram reflexões para mineral do grupo das micas: 10Å e 4,98Å; argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å e 3,56Å; e mineral quartzo: 3,34Å; conforme Figura 35.

f) *Benedito Lopes*: as amostras dos horizontes BL-1 , BL-3 e BL-4 apresentaram reflexões para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å; o mineral gibbsita: 4,85Å; e para o mineral quartzo: 3,34Å; conforme Figura 36.

Pela difração de raios X da fração abaixo de 0,044 mm, constata-se que os materiais estudados são constituídos principalmente por argilomineral do grupo da caolinita e por quantidade variáveis de gibbsita, quartzo e mica, além de minerais do grupo de 14Å, não expansíveis por glicolação, em quantidades muito pequenas.

B) Os resultados da difração de raios X, da fração abaixo de 0,002 mm, são descritos a seguir, e estão representados nas Figuras 37, 38, 39, 40, 41 e 42.

a) *Lavras Santo Amaro*: todas as amostras dos horizontes estudados: L-1, L-2, L-3C, L-3E e L-4, apresentaram as reflexões típicas para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å e 3,56Å. A ausência de outras reflexões ou sua má resolução indicam caolinita "mal cristalizada". A amostra L-1 apresentou juntamente com a amostra L-2, reflexão para mineral de 14Å, anteriormente classificado como não expansível por glicolação, provavelmente argilomineral pertencente ao grupo das cloritas. Com exceção da amostra correspondente ao horizonte L-4, todas as outras do perfil da Lavras Santo Amaro apresentaram reflexão para o mineral gibbsita, 4,85Å, conforme Figura 37.

b) *Santo Angelo*: as amostras dos dois horizontes estudados: SAB-1 e SAB-2 apresentaram reflexões somente para minerais do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å e 3,56Å. Ausência de reflexões típicas ou má resolução dos picos indicam argilomineral do grupo da caolinita "mal cristalizado", conforme Figura 38.

c) *Brás Cubas*: as amostras dos horizontes BC-2 e

Figura 37 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito da Lavras Santo Amaro.

Figura 38 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito Santo Angelo.

Figura 39 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito de Brás Cubas.

Figura 40 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito de Jundiapéba.

Figura 41 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito do Serrote.

Figura 42 - Difração de raios "X" da fração abaixo de 0,002 mm dos horizontes do perfil coletado no depósito Bene-
 dito Lopes.

BC-3 apresentaram reflexões típicas para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å; e para o mineral gibbsita: 4,85Å, conforme Figura 39.

d) *Jundiapéba*: as amostras dos horizontes J-2, J-3 e J-4, apresentaram reflexões típicas para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å e para o mineral gibbsita: 4,85Å e 3,35Å, conforme Figura 40.

e) *Serrote*: as amostras dos horizontes S-2 e S-4 apresentaram reflexões típicas para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å, 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å e para o mineral gibbsita: 4,85Å e 3,35Å, conforme Figura 41.

f) *Benedito Lopes*: as amostras dos horizontes BL-1, BL-3 e BL-4, apresentaram reflexões típicas para argilomineral do grupo da caolinita: 7,15Å; 4,45Å, 4,35Å e 3,56Å; e para o mineral gibbsita: 4,85Å, conforme Figura 42.

Com exceção das amostras dos horizontes L-4, SAB-1 e SAB-2, todas as outras apresentaram reflexões para o mineral gibbsita, na fração abaixo de 0,002 mm. Portanto, a gibbsita ocorre na fração argila intimamente misturada ao argilomineral do grupo da caolinita, este, provavelmente, mal cristalizado, pela má resolução de algumas reflexões ou pela ausência de algumas.

3.2. Análise Térmica Diferencial

Os resultados da análise térmica diferencial sobre a fração abaixo de 0,044 mm, são apresentados nas figuras: 43, 44, 45, 46, 47 e 48, descritos abaixo.

Figura 43 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito da Lavras Santo Amaro.

Figura 44 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito Santo Angelo.

Figura 45 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito Brás Cubas.

Figura 46 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito Jundiapeba.

Figura 47 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito Serrote.

Figura 48 - Análises térmicas diferenciais do perfil coletado no depósito Benedito Lopes.

a) *Lavras Santo Amaro*: todos os horizontes, com exceção do L-4, apresentaram a 320°C pico endotérmico correspondente à decomposição da gibbsita, a 570°C pico endotérmico correspondente à desidroxilação de argilomineral do grupo da caolinita, a 960°C pico exotérmico correspondente ao início da formação do espinélio silício-alumínio (mulita). A amostra correspondente ao horizonte L-3C apresentou pequeno pico endotérmico a 140°C correspondente, provavelmente, à perda de água adsorvida. A amostra correspondente ao horizonte L-4 apresentou: a 570°C pico endotérmico correspondente à desidroxilação de argilomineral da caolinita, a 960°C pico exotérmico correspondente à formação do espinélio silício-alumínio, a partir de caolinita e, entre 700°C a 800°C, pico culminante de banda correspondente à oxidação de matéria orgânica do tipo celulose, lignina e/ou carbono elementar do tipo grafita; conforme Figura 43.

b) *Santo Angelo*: os dois horizontes coletados, SAB-1 e SAB-2, apresentaram curvas termodiferenciais praticamente iguais: a 580°C pico endotérmico correspondente a desidroxilação da caolinita, a 960°C pico exotérmico correspondente ao início da formação do espinélio silício-alumínio, a partir de caolinita; conforme Figura 44.

c) *Brás Cubas*: nos horizontes BC-2, BC-3 e a fração correspondente aos nódulos apresentaram a 320°C pico endotérmico, correspondente a decomposição da gibbsita; a 580°C, o pico endotérmico correspondente à desidroxilação de argilomineral do grupo da caolinita e a 960°C pico exotérmico correspondente ao início da formação do espinélio silício-alumínio. Na amostra correspondente ao horizonte BC-2, entre 700°C e 800°C, ocorre banda que culmina em pequeno pico, provavelmente correspondentes à oxidação de matéria orgânica do tipo celulose, lignina e/ou carbono elementar. Na amostra correspondente ao nódulo as dimensões dos picos indicam a presença de maiores quantidades de gibbsita do que de argilomineral do grupo de caolinita, conforme Figura 45.

d) *Jundiapéba*: nos horizontes J-2, J-3, J-4 e na

amostra correspondente aos nódulos observou-se a 320°C pico endotérmico correspondente à decomposição da gibbsita; a 580°C pico endotérmico correspondente a desidroxilação de argilomineral do grupo da caolinita e a 960°C pico exotérmico correspondente ao início da formação do espinélio silício-alumínio, a partir da caolinita. Na amostra J-2 a 140°C aparece pequeno pico endotérmico correspondente à perda de água adsorvida, e entre 600°C até pouco mais de 700°C banda exotérmica correspondente à oxidação de matéria orgânica do tipo da celulose, lignina e/ou carbono elementar. As dimensões do pico endotérmico a 320°C na amostra correspondente ao nódulo, indica a maior presença do mineral gibbsita na mesma, conforme Figura 46.

e) *Serrote*: as amostras apresentaram a 320°C pico endotérmico correspondente à decomposição da gibbsita; a 580°C pico endotérmico correspondente a desidroxilação de argilomineral do grupo da caolinita e a 960°C início da formação do espinélio silício-alumínio, a partir da caolinita, conforme Figura 47.

f) *Benedito Lopes*: todas as amostras apresentaram a 320°C pico endotérmico correspondente à decomposição da gibbsita; a 580°C pico endotérmico correspondente a desidroxilação da caolinita e a 960°C pico exotérmico correspondente à formação inicial do espinélio silício-alumínio, a partir da caolinita; conforme Figura 48.

Com exceção das amostras dos horizontes SAB-1 e SAB-2, do depósito do Santo Angelo, as demais apresentaram pico endotérmico para a decomposição da gibbsita. Os nódulos, assim como os horizontes das amostras de Brás Cubas e Jundiapéba, apresentaram os maiores picos endotérmicos, tanto em área como em altura, para a decomposição da gibbsita.

Todas as amostras apresentaram reações térmicas para argilominerais do grupo da caolinita.

3.3. Cálculo da Composição Mineralógica

Com o objetivo de determinar a porcentagem com a qual a gibbsita ocorre nas amostras estudadas, foi construída uma curva de calibração, através do equipamento de análise térmica diferencial, Corrêa et al (1983). Os minerais selecionados para a composição das misturas-padrão foram: gibbsita, obtida dos nódulos de Brás Cubas, e o caolim Horii, beneficiado em peneiras e por decantação.

O caolim Horii foi selecionado como fonte do argilomineral caolinita para a mistura padrão, pois além de ser amplamente estudado e conhecido química e mineralogicamente, ocorre na área de estudo como produto da alteração de rochas graníticas do tipo pegmatito, e poderia ser suposto como modelo de área fonte do argilomineral caolinita para os sedimentos quaternários da bacia do Tietê. Após beneficiamento em peneiras e separação das frações mais finas por decantação, o caolim Horii foi submetido a análises químicas, Tabela VII; análise térmica diferencial, Figura 49; e difração de raios X, Figura 50.

TABELA VII - ANÁLISE QUÍMICA DO CAOLIM HORII

	P.F.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Caolim Horii	13,9	46,07	38,25	0,90	neg.	neg.	neg.	0,03	0,6	99,75

Frente aos resultados obtidos o caolim Horii foi considerado como monomineralico, constituído pelo argilomineral caolinita.

A composição mineralógica do nódulo foi calculada tomando-se como referência os dados obtidos através da análise química, Tabela V; análise térmica diferencial, Figura 45; e aná-

Figura 49 - Análise térmica diferencial do caulim Horii.

lise por difração de raios X, Figura 32; correspondentes ao material extraído do horizonte BC-3, de Brás Cubas.

a) *Cálculo da composição mineralógica do nódulo*

As porcentagens de óxido de potássio, K_2O , e óxido de sódio, Na_2O , encontradas na análise química foram consideradas como constituintes das micas moscovita e paragonita, respectivamente. Para a mica moscovita adotou-se a composição: $K_2O = 11,81\%$, $Al_2O_3 = 38,44\%$, $SiO_2 = 45,23\%$ e $H_2O = 4,52\%$ e para a mica paragonita a composição: $Na_2O = 8,12\%$, $Al_2O_3 = 40,05\%$, $SiO_2 = 47,12\%$ e $H_2O = 4,71\%$.

a.1) *Cálculo da quantidade de moscovita:*

$$(0,04 : 11,81) \times 100 = 0,34\% \text{ de Moscovita}$$

a.2) *Cálculo da quantidade de paragonita:*

$$(0,02 : 8,12) \times 100 = 0,25\% \text{ de Paragonita}$$

Figura 50 - Gráfico da difração de raios X do caulim Horii.
Todas as reflexões são típicas para argilomineral do grupo da caulinita.

a.3) *Quantidade de alumina combinada na forma de micas:*

Moscovita = $0,34 \times 0,3844 = 0,13\%$
 Paragonita = $0,25 \times 0,4005 = 0,10\%$
 Al_2O_3 da análise química.....59,20%
 Al_2O_3 combinada como micas..... 0,23%
 Al_2O_3 remanescente.....58,97%

a.4) *Quantidade de sílica combinada na forma de micas:*

Moscovita = $0,34 \times 0,4524 = 0,15\%$
 Paragonita = $0,25 \times 0,4712 = 0,12\%$
 SiO_2 da análise química.....11,04%
 SiO_2 combinada como mica..... 0,27%
 SiO_2 remanescente.....10,77%

a.5) *Quantidade de água combinada nas micas (OH):*

Moscovita = $0,34 \times 0,0452 = 0,06\%$
 Paragonita = $0,25 \times 0,0471 = 0,01\%$
 Perda ao fogo da análise química..29,08%
 H_2O combinada como mica..... 0,07%
 Perda ao fogo remanescente.....29,01%

a.6) *Cálculo da quantidade de caolinita*

Frente ao ensaio da difração de raios X o material nodular não apresentou quartzo, dessa forma, toda sílica remanescente da combinada como mica, foi considerada compondo caolinita, dessa forma:

$$\% \text{ de caolinita} = \frac{10,77 \times 100}{46,51} = 23,15\%$$

a.7) Cálculo da quantidade de Al_2O_3 combinada como caolinita:

$$\% \text{ de } Al_2O_3 = \frac{23,15 \times 39,53}{100} = 9,15\%$$

a.8) Cálculo da porcentagem de H_2O combinada como caolinita:

$$\% \text{ de } H_2O = \frac{23,15 \times 13,96}{100} = 3,23\%$$

a.9) Cálculo da porcentagem de gibbsita presente:

A presença de gibbsita no nódulo ficou evidenciada através da difração de raios X, Figura 32 e da análise térmica diferencial. Figura 45.

Do item a.3) tem-se.....58,97% de Al_2O_3

Do item a.6) tem-se..... 9,15% de Al_2O_3

Al_2O_3 remanescente.....49,82% de Al_2O_3

$$\% \text{ de Gibbsita} = \frac{49,82 \times 100}{65,38} = 72,2\%$$

a.10) Cálculo da quantidade de perda ao fogo na gibbsita:

Do item a.5) tem-se.....29,01% de perda ao fogo

Do item a.8) tem-se..... 3,23% de perda ao fogo

Perda ao fogo remanescente..25,78%

No quadro abaixo demonstra-se como as quantidades remanescentes de alumina e perda ao fogo estão combinadas

na forma de gibbsita:

	% remanescente	massa molecular	proporção molecular	relação molecular
Al_2O_3	49,82	102	0,488	1
P.fogo	25,78	18	1,432	2,934

Na gibbsita a relação molecular é 1:3, ou seja, $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$. Portanto, a composição mineralógica do nódulo ficou estabelecida como:

MINERAL	PORCENTAGEM
Micas	0,59%
Caolinita	23,15%
Gibbsita	76,2 %

Para a montagem das misturas padrão, admitiu-se o arredondamento para 24% de caolinita e 76% para gibbsita.

b) *Montagem das misturas padrão:*

As misturas padrão foram montadas conforme demonstram a Tabela VIII e ensaiadas através da análise térmica diferencial. Os resultados estão representados nas Figuras: 51, 52 e 53.

A partir da observação do comportamento sempre constante da linha de base, após a decomposição da gibbsita, o que concorda com as proposições de Ferreira e Greco (1962), a altura do pico foi estabelecida como uma medida da porcentagem daquele material nas misturas padrão, conforme Figura 54.

TABELA VIII - MONTAGEM DOS PADRÕES

% DE GIBBSITA	QUANTIDADE DO NÓDULO (gramas)	QUANTIDADE DO CAULIM HORII (gramas)
1	0,0263	1,9737
3	0,0789	1,9211
6	0,1578	1,8422
9	0,2367	1,7633
12	0,3156	1,6844
15	0,3945	1,6055
18	0,4734	1,5266
21	0,5523	1,4477
24	0,6312	1,3688
27	0,7101	1,2899
30	0,7890	1,2110
33	0,8679	1,1321
36	0,9468	1,0532
39	1,0257	0,9743
42	1,1046	0,8954
45	1,1835	0,8165
48	1,2624	0,7376
51	1,4202	0,5798
54	1,4202	0,5798
57	1,4991	0,5009
60	1,5780	0,4220
63	1,6569	0,3431
66	1,7358	0,2642
69	1,8147	0,1853
72	1,8936	0,1064
75	1,9725	0,0275
76	1,9988	-

Figura 51 - Curvas termo diferenciais dos padrões cons-
truídos com nódulo + caulim Horii. A por-
centagem indica a quantidade de gibbsita.

Figura 52 - Curvas termo diferenciais dos padrões cons-
truídos com nódulo + caulim Horii. A por-
centagem indica a quantidade de gibbsita.

Figura 53 - Curvas termo diferenciais dos padrões construídos com nódulo + caulim Horii. A porcentagem indica a quantidade de gibbsita.

Figura 54 - Demonstrativo da medida da altura do pico nas curvas de análise térmica diferencial.

Na Tabela IX são apresentadas as porcentagens de gibbsita nas misturas padrão, e as respectivas alturas medidas a partir dos picos nas curvas térmicas. Através da medida das alturas dos picos da decomposição da gibbsita nas misturas padrão, construiu-se uma curva de calibração, que é apresentada na Figura 55.

Com os dados da curva de calibração, Figura 55, e medindo-se a altura dos picos endotérmicos para a decomposição da gibbsita, foi possível montar a composição mineralógica aproximada, dos horizontes estudados.

c) *Montagem das composições mineralógicas dos perfis estudados:*

Considerando que todo óxido de potássio, K_2O , en-

TABELA IX - PORCENTAGEM DE GIBBSITA VERSUS ALTURA DOS PICOS.

% do Nódulo	Altura dos Picos (mm.)
1	5,0
3	9,0
6	20,5
9	26,0
12	34,5
15	38,0
18	45,0
21	51,5
24	56,0
27	59,5
30	63,0
33	72,0
36	73,5
39	82,0
42	93,0
45	90,0
48	101,0
51	105,0
54	108,0
57	111,0
60	113,0
63	117,5
66	108,0
69	121,0
72	126,0
75	127,5
76	129,0

Figura 55 - Porcentagens de gibbsita versus altura dos picos.

contrado nas análises químicas das amostras de cada horizonte, esta' combinado na forma de mica moscovita, $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$, assim como todo o óxido de sódio Na_2O está na forma de mica paragonita, $Na_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$; que o óxido de ferro é hematita, Fe_2O_3 , e o óxido de titânio é rutilo, TiO_2 ; que a perda ao fogo remanescente é matéria orgânica, procedeu-se a montagem da composição mineralógica do material estudado, conforme demonstrado nas Tabelas de X a XXVII.

4. Ensaaios Cerâmicos

Os resultados dos ensaios cerâmicos e sua discussão são apresentados nas Tabelas XXVIII a XXXIV, e nas Figuras 56, 57, 58 e 59.

Os gráficos das Figuras 56, 57, 58 e 59 comparam os resultados dos ensaios cerâmicos: módulo ou tensão de ruptura a flexão (kgf/cm^2), absorção de água (%), porosidade aparente (%) e massa específica aparente (g/cm^3), após queima a 950°C, 1250°C e 1450°C, dos corpos de prova das amostras estudadas com os dados obtidos por Souza Santos (1975) para as argilas- padrão plástico refratárias. Junto com os resultados após queima, também são apresentados os dados referentes à tensão ou módulo de ruptura à flexão, após secagem dos corpos de prova a 110°C.

Os gráficos da Figura 56 demonstram que, os resultados do módulo ou tensão de ruptura à flexão dos materiais estudados são compatíveis com os obtidos para as argilas-padrão.

Os resultados referentes à absorção de água, apresentados na Figura 57, mostram uma discrepância a 950°C, isto é, ocorreu uma faixa de variação maior do que a encontrada para as argilas-padrão, devido, principalmente, à presença das amostras dos horizontes de Brás Cubas e Jundiapéba, que apresentam grande quantidade do mineral gibbsita em sua composição. A 1250°C e a 1450°C os resultados para a absorção de água são compatíveis com

TABELA X - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE L-1

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	16,53	4,0	12,53	18	0,696	0,006	0,0010	0,689	0,490		0,199
SiO ₂	45,02			60	0,750	0,018	0,0030	0,729	0,490	0,239	
Al ₂ O ₃	33,46	7,4	26,06	102	0,255	0,009	0,0015	0,245	0,245		
Fe ₂ O ₃	2,44			160							
TiO ₂	2,50										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,03			62	0,0005			0,0005			
K ₂ O	0,30			94	0,003	0,003					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,003	796	2,4
Paragonita	0,0005	764	0,4
Caolinita	0,245	258	63,2
Quartzo	0,239	60	14,3
Perda ao fogo	0,199	18	3,6
Gibbsita (*)			11,4
Hematita			2,4
Rutilo			2,5
Total			100,2

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XI - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE L-2

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	17,75	2,1	15,65	18	0,869	0,008	0,002	0,859	0,634		0,255
SiO ₂	40,52			60	0,675	0,024	0,006	0,645	0,634	0,011	
Al ₂ O ₃	37,85	4,0	33,85	102	0,332	0,012	0,003	0,317	0,317		
Fe ₂ O ₃	1,90			160							
TiO ₂	1,75										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,08			62	0,001		0,001				
K ₂ O	0,41			94	0,004	0,004					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,004	796	3,2
Paragonita	0,001	764	0,7
Caolinita	0,317	258	81,8
Quartzo	0,011	60	0,6
Perda ao fogo	0,225	18	4,0
Gibbsita (*)			6,1
Hematita			1,9
Rutilo			1,7
Total			100,0

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE L-3 CLARA.

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	14,93	0,53	14,40	18	0,800	0,012	0,002	0,786	0,660		0,126
SiO ₂	44,00			60	0,733	0,036	0,006	0,691	0,660	0,031	
Al ₂ O ₃	36,75	0,99	35,70	102	0,351	0,018	0,003	0,330	0,330		
Fe ₂ O ₃	1,90										
TiO ₂	1,75										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,08			62	0,001		0,001				
K ₂ O	0,59			94	0,006	0,006					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,006	796	4,8
Paragonita	0,001	764	0,7
Caolinita	0,330	258	85,1
Quartzo	0,031	60	1,9
Perda ao fogo	0,126	18	2,3
Gibbsita (*)			1,5
Hematita			1,9
Rutilo			1,7
Total			99,9

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XIII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE L-3 ESCURA.

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	13,94	0,53	13,41	18	0,745	0,018	0,002	0,725	0,650		0,075
SiO ₂	44,92			60	1,748	0,054	0,006	0,688	0,650	0,038	
Al ₂ O ₃	37,20	0,99	36,21	102	0,355	0,027	0,003	0,325	0,325		
Fe ₂ O ₃	1,90										
TiO ₂	1,00										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,06			62	0,001		0,001				
K ₂ O	0,90			94	0,009	0,009					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Muscovita	0,009	796	7,2
Paragonita	0,001	764	0,8
Caolinita	0,325	258	83,8
Quartzo	0,038	60	2,3
Perda ao fogo	0,075	18	1,3
Gibbsita (*)			1,5
Hematita			1,9
Rutilo			1,0
Total			99,8

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XIV - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE L-4

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	13,93	0,17	13,76	18	0,765	0,020	0,020	0,743	0,614		0,129
SiO ₂	47,40			60	0,790	0,060	0,006	0,724	0,614	0,110	
Al ₂ O ₃	35,00	0,32	34,68	102	0,340	0,030	0,003	0,307	0,307		
Fe ₂ O ₃	1,9										
TiO ₂	1,1										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,08			62	0,001		0,001				
K ₂ O	0,98			94	0,010	0,010					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,010	796	8,0
Paragonita	0,001	764	0,8
Caolinita	0,307	258	79,2
Quartzo	0,110	60	6,6
Perda ao fogo	0,129	18	2,3
Gibbsita (*)			0,5
Hematita			1,9
Rutilo			1,1
Total			100,4

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XV - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE SAB-1

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	15,03			18	0,835	0,014	0,002	0,819	0,674		0,145
SiO ₂	42,52			60	0,708	0,042	0,006	0,660	0,674	-0,014	
Al ₂ O ₃	36,80			102	0,361	0,021	0,003	0,337	0,337		
Fe ₂ O ₃	3,25										
TiO ₂	1,35										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,06			62	0,001		0,001				
K ₂ O	0,70			94	0,007	0,007					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,007	796	5,6
Paragonita	0,001	764	0,8
Caolinita	0,337	258	86,9
Quartzo	-0,014	60	- 0,8
Perda ao fogo	0,145	18	2,6
Gibbsita (*)			ausente
Hematita			3,25
Rutilo			1,35
Total			99,70

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XVI - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE SAB-2

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	13,78		18	0,765	0,030	0,002	0,733	0,576		0,157	
SiO ₂	45,06		60	0,751	0,090	0,006	0,655	0,576	0,079		
Al ₂ O ₃	34,30		102	0,336	0,045	0,003	0,288	0,288			
Fe ₂ O ₃	3,25										
TiO ₂	1,25										
CaO	neg.										
MgO	1,08	(**)									
Na ₂ O	0,08		62	0,001		0,001					
K ₂ O	1,46		94	0,015	0,015						

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,015	796	11,09
Paragonita	0,001	764	0,8
Caolinita	0,288	258	74,3
Quartzo	0,079	60	4,7
Perda ao fogo	0,157	18	2,8
Gibbsita (*)			ausente
Hematita			3,25
Rutilo			1,25
Total			99,00

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

(**) MgO - não atribuído a nenhum mineral.

TABELA XVII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE BC-2

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	23,29	12,2	11,09	18	0,616	0,008	0,001	0,607	0,363		0,244
SiO ₂	28,86			60	0,481	0,024	0,003	0,454	0,363	0,091	
Al ₂ O ₃	42,75	22,8	19,95	102	0,195	0,012	0,0015	0,181	0,181		
Fe ₂ O ₃	3,25										
TiO ₂	1,70										
CaO	neg.										
MgO	0,18	(**)									
Na ₂ O	0,03			62	0,0005		0,0005				
K ₂ O	0,40			94	0,004	0,004					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,004	796	3,2
Paragonita	0,0005	764	0,4
Caolinita	0,181	258	46,8
Quartzo	0,081	60	5,4
Perda ao fogo	0,244	18	4,4
Gibbsita (*)			35,0
Hematita			3,25
Rutilo			1,7
Total			100,15

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

(**) Não atribuído a nenhum mineral.

TABELA XVIII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE BC-3

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	16,21	4,23	11,98	18	0,665	0,004	0,0006	0,660	0,654		0,006
SiO ₂	39,58			60	0,659	0,012	0,0018	0,645	0,654	-0,009	
Al ₂ O ₃	42,10	7,97	34,13	102	0,334	0,006	0,0009	0,327	0,327		
Fe ₂ O ₃	1,35										
TiO ₂	0,75										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,02			62	0,0003		0,0003				
K ₂ O	0,17			94	0,002	0,002					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,002	796	1,6
Paragonita	0,0003	764	0,2
Caolinita	0,327	258	84,4
Quartzo	-0,009	60	- 0,5
Perda ao fogo	0,006	18	0,1
Gibbsita (*)			12,20
Hematita			1,35
Rutilo			0,75
Total			100,1

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XIX - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE J-2

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	24,26	12,9	11,36	18	0,631	0,010	0,0016	0,619	0,365		0,256
SiO ₂	25,84			60	0,430	0,030	0,0048	0,395	0,363	0,032	
Al ₂ O ₃	44,78	24,4	20,38	102	0,199	0,015	0,0024	0,181	0,181		
Fe ₂ O ₃	2,17										
TiO ₂	1,95										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,05			62	0,0008		0,0008				
K ₂ O	0,52			94	0,005	0,005					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,005	796	4,0
Paragonita	0,0008	764	0,6
Caolinita	0,181	258	47,0
Quartzo	0,032	60	1,9
Perda ao fogo	0,256	18	4,6
Gibbsita (*)			37,3
Hematita			2,17
Rutilo			1,95
Total			99,52

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XX - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE J-3

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	24,70	16,3	8,4	18	0,466	0,01	0,0012	0,454	0,346		0,108
SiO ₂	22,78			60	0,379	0,030	0,0036	0,345	0,346	-0,001	
Al ₂ O ₃	50,10	19,4	19,4	102	0,190	0,015	0,0018	0,173	0,173		
Fe ₂ O ₃	1,35										
TiO ₂	0,95										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,04			62	0,0006		0,0006				
K ₂ O	0,48			94	0,005	0,005					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,005	796	4,0
Paragonita	0,0006	764	0,5
Caolinita	0,173	258	44,6
Quartzo	-0,001	60	- 0,06
Perda ao fogo	0,108	18	1,9
Gibbsita (*)			47,0
Hematita			1,35
Rutilo			0,95
Total			99,7

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XXI - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE J-4

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	24,70	0,8	12,2	18	0,677	0,008	0,002	0,667	0,690		-0,023
SiO ₂	44,87			60	0,748	0,024	0,006	0,718	0,690	0,028	
Al ₂ O ₃	38,26	1,5	36,76	102	0,360	0,012	0,003	0,345	0,345		
Fe ₂ O ₃	2,44										
TiO ₂	1,00										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,09			62	0,001		0,001				
K ₂ O	0,34			94	0,004	0,004					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,004	796	3,2
Paragonita	0,001	764	0,8
Caolinita	0,345	258	89,0
Quartzo	0,028	60	1,7
Perda ao fogo	-0,023	18	-0,4
Gibbsita (*)			2,3
Hematita			2,4
Rutilo			1,0
Total			100,0

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XXII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE J-3 (nódulo)

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P .Fogo	28,18	24,3	3,88	18	0,215	0,0004	0,0006	0,214	0,224		-0,01
SiO ₂	13,68		13,68	60	0,228	0,0012	0,0018	0,225	0,224	0,001	
Al ₂ O ₃	57,41	45,7	11,71	102	0,114	0,0006	0,0009	0,112	0,112		
Fe ₂ O ₃	0,27										
TiO ₂	0,45										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,02			62	0,0003		0,0003				
K ₂ O	0,02			94	0,0002	0,0002					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,0002	796	0,2
Paragonita	0,0003	764	0,2
Caolinita	0,112	258	28,90
Quartzo	-0,001	60	- 0,06
Perda ao fogo	-0,01	18	- 0,18
Gibbsita (*)			70,0
Hematita			0,27
Rutilo			0,45
Total			99,78

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XXIII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE S-2

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	17,63	1,58	16,05	18	0,892	0,024	0,002	0,866	0,524		0,342
SiO ₂	44,26			60	0,737	0,072	0,006	0,659	0,524	0,135	
Al ₂ O ₃	33,72	2,98	30,74	102	0,301	0,036	0,003	0,262	0,262		
Fe ₂ O ₃	2,98										
TiO ₂	0,30										
CaO	0,28	(**)									
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,07			62	0,001		0,001				
K ₂ O	1,15			94	0,012	0,012					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,012	796	9,6
Paragonita	0,001	764	0,8
Caolinita	0,262	258	67,6
Quartzo	0,135	60	8,1
Perda ao fogo	0,342	18	6,2
Gibbsita (*)			4,6
Hematita			2,98
Rutilo			0,30
Total			100,18

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

(**) Não atribuído a nenhum mineral.

TABELA XXIV - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE S-4

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	13,73	1,5	12,23	18	0,679	0,036	0,004	0,639	0,432		0,207
SiO ₂	48,48			60	0,808	0,108	0,012	0,688	0,432	0,256	
Al ₂ O ₃	30,86	2,7	28,16	102	0,276	0,054	0,006	0,216	0,216		
Fe ₂ O ₃	3,79										
TiO ₂	0,95										
CaO	neg.										
MgO	0,24	(**)									
Na ₂ O	0,12			62	0,002		0,002				
K ₂ O	1,72			94	0,018	0,018					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0.018	796	14,30
Paragonita	0,002	764	1,5
Caolinita	0,216	258	56,0
Quartzo	0,256	60	15,4
Perda ao fogo	0,207	18	3,7
Gibbsita (*)			4,2
Hematita			3,79
Rutilo			0,95
Total			99,84

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

(**) Não atribuído a nenhum mineral.

TABELA XXV - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE BL-1

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P.Fogo
P.Fogo	16,17		1,5	14,67	18	0,815	0,008	0,0016	0,805	0,642	0,163
SiO ₂	43,78				60	0,729	0,024	0,0048	0,700	0,642	0,058
Al ₂ O ₃	37,10		2,8	34,3	102	0,336	0,012	0,0024	0,321	0,321	
Fe ₂ O ₃	1,35										
TiO ₂	0,95										
CaO	0,28	(**)									
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,05				62	0,0008		0,0008			
K ₂ O	0,38				94	0,004	0,004				

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,004	796	3,2
Paragonita	0,0008	764	0,6
Caolinita	0,321	258	82,8
Quartzo	0,058	60	3,5
Perda ao fogo	0,163	18	3,0
Gibbsita (*)			4,3
Hematita			1,35
Rutilo			0,95
Total			99,70

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

(**) Não atribuído a nenhum mineral.

TABELA XXVI - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE BL-3

	An.Quím.	Gibbsita	Sobra	M.Molecular	Equ.Molecular	Moscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P. Fogo
P.Fogo	18,24	6,3	11,94	18	0,663	0,004	0,0012	0,657	0,534		0,123
SiO ₂	38,90			60	0,648	0,012	0,0036	0,632	0,534	0,098	
Al ₂ O ₃	39,97	11,9	28,07	102	0,275	0,006	0,0018	0,267	0,267		
Fe ₂ O ₃	1,63										
TiO ₂	1,00										
CaO	neg.										
MgO	neg.										
Na ₂ O	0,04			62	0,0006		0,0006				
K ₂ O	0,23			94	0,002	0,002					

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,002	796	1,6
Paragonita	0,0006	764	0,5
Caolinita	0,267	258	68,9
Quartzo	0,098	60	5,9
Perda ao fogo	0,123	18	2,2
Gibbsita (*)			18,2
Hematita			1,63
Rutilo			1,0
Total			99,93

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XXVII - DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO HORIZONTE BL-4

An. Quím.	Gibbsita	Sobra	M. Molecular	Equ. Molecular	Muscovita	Paragonita	Sobra	Caolinita	Quartzo	P. Fogo
P. Fogo	18,14	5,05	13,09	18	0,727	0,0002	0,0006	0,726	0,612	0,114
SiO ₂	38,40			60	0,640	0,0006	0,018	0,637	0,612	0,025
Al ₂ O ₃	40,77	9,4	31,37	102	0,307	0,0003	0,0009	0,306	0,306	
Fe ₂ O ₃	1,63									
TiO ₂	1,00									
CaO	neg.									
MgO	neg.									
Na ₂ O	0,02			62	0,0003		0,0003			
K ₂ O	0,12			94	0,0001		0,0001			

Composição Mineralógica

Mineral	Equivalente Molecular	Massa Molecular	Porcentagem
Moscovita	0,0001	796	0,1
Paragonita	0,0003	764	0,2
Caolinita	0,306	258	78,9
Quartzo	0,025	60	1,5
Perda ao fogo	0,114	18	2,0
Gibbsita (*)			14,5
Hematita			1,63
Rutilo			1,00
Total			99,83

(*) Porcentagem calculada a partir dos dados da análise térmica diferencial.

TABELA XXVIII - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DA LAVRAS SANTO AMARO.

Amostra	Característicos Cerâmicos							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin. (%)	P.Fogo(%)	T.R.F. (kgf/cm ²)
L-1	950°C	rosa-claro	36,72	50,39	1,37	3,33	15,42	30,00
	1250°C	creme	12,12	25,19	2,08	15,00	15,81	210,00
	1450°C	amarelo	6,90	15,76	2,28	17,33	15,05	320,00
	110°C (sec.)	cinza-escuro	n.det.	n.det.	n.det.	ñ.houve	n.det.	11,00
	Cone pirométrico equivalente = > 33 < 34 (1754°C)							
L-2	950°C	branco-rosado	31,21	48,80	1,56	3,83	18,24	86,00
	1250°C	creme-claro	5,49	12,93	2,35	19,00	17,92	300,00
	1450°C	branco-amar.	4,42	10,78	2,44	20,00	15,55	480,00
	110°C (sec.)	cinza-escuro	n.det.	n.det.	n.det.	ñ.houve	n.det.	17,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							
L-3C	950°C	branco	28,86	43,60	1,51	3,65	13,59	48,00
	1250°C	creme-claro	3,84	9,26	2,40	16,28	13,91	22,00
	1450°C	cinza-claro	0,61	1,54	2,54	18,27	12,07	350,00
	110°C (sec.)	cinzento	n.det.	n.det.	n.det.	-0,33	n.det.	14,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							

TABELA XXIX - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DA LAVRAS SANTO AMARO.

Amostra	Característicos Cerâmicos							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin.(%)	P.Fogo(%)	T.R.F(Kgf/cm ²)
L-3E	950°C	branco	29,64	44,85	1,52	1,98	11,53	56,00
	1250°C	creme.claro	14,07	28,11	1,99	8,94	11,34	273,00
	1450°C	branco-amar.	3,76	8,49	2,26	12,08	10,08	284,00
	110°C (sec.)	cinza	n.det.	n.det.	n.det.	-0,60	n.det.	16,00
	Cone pirométrico equivalente = 32 (1717°C)							
L-4	950°C	branco	31,65	45,45	1,44	1,49	12,89	54,00
	1250°C	creme-claro	16,40	31,23	1,88	8,97	13,00	240,00
	1450°C	branco-amar.	5,05	11,25	2,22	11,96	12,0	454,00
	110°C(sec.)	cinza-escuro	n.det.	n.det.	n.det.	-0,30	n.det.	22,00
	Cone pirométrico equivalente = > 33 < 34 (1754°C)							

TABELA XXX - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DO SANTO ANGELO.

Amostra	Característicos Cerâmicos							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin.(%)	P.Fogo(%)	T.R.F(Kgf/cm ²)
SAB-1	950°C	rosa-claro	34,68	48,66	1,40	5,31	14,17	18,00
	1250°C	cinza-claro	1,26	3,34	2,64	22,75	11,39	102,00
	1450°C	cinza	0,54	2,08	2,70	23,58	14,22	297,00
	110°C (sec.)	cinza-claro	n.det.	n.det.	n.det.	-0,33	n.det.	12,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							
SAB-2	950°C	rosa-claro	33,36	47,70	1,43	4,48	13,88	20,00
	1250°C	creme-claro	2,16	5,14	2,56	21,09	14,08	123,00
	1450°C	cinza-amarel.	0,75	1,94	2,71	21,42	13,10	312,00
	110°C (sec.)	cinza-escuro	n.det.	n.det.	n.det.	-0,30	n.det.	11,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							

TABELA XXXI - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DE BRÃS CUBAS

Amostra	C a r a c t e r í s t i c o s C e r â m i c o s							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin.(%)	P.Fogo(%)	T.R.F.(Kgf/cm ²)
BC-2	950°C	rosa-claro	46,47	59,08	1,27	6,0	22,50	10,00
	1250°C	creme	13,39	28,27	2,11	21,66	24,62	95,00
	1450°C	amarelo	6,91	16,89	2,44	25,16	23,60	385,00
	110°C (sec.)	cinza-escuro	n.det.	n.det.	n.det.	ñ.houve	n.det.	13,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (>1763°C)							
BC-3	950°C	branco	36,23	51,82	1,43	5,63	17,45	14,30
	1250°C	branco	7,75	17,82	2,29	18,87	16,94	134,00
	1450°C	cinza	0,00	0,00	2,77	24,66	16,75	516,00
	110°C (sec.)	branco	n.det.	n.det.	n.det.	-0,60	n.det.	12,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (>1763°C)							

TABELA XXXII - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DE JUNDIAPEBA

Amostra	Característicos Cerâmicos							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin. (%)	P.Fogo (%)	T.R.F. (Kgf/cm ²)
J-2	950°C	branco	57,54	62,92	1,09	5,00	22,98	3,00
	1250°C	branco	30,70	49,00	1,60	17,00	24,11	51,00
	1450°C	branco-amar.	7,97	18,93	2,38	26,50	23,75	404,00
	110°C (sec.)	cinza-escuro	n.det.	n.det.	n.det.	n.houve	n.det.	11,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							
J-3	950°C	branco	61,25	65,05	1,06	4,64	23,21	6,00
	1250°C	branco	27,02	45,11	1,67	18,05	23,37	69,00
	1450°C	branco	3,17	8,39	2,65	29,80	23,62	733,00
	110°C (sec.)	branco	n.det.	n.det.	n.det.	-0,60	n.det.	11,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							
J-4	950°C	branco	31,56	46,14	1,46	2,14	9,89	49,00
	1250°C	creme-claro	11,76	24,24	2,06	10,89	10,29	329,00
	1450°C	cinza-claro	0,1	0,2	2,40	14,03	9,07	787,00
	110°C (sec.)	branco	n.det.	n.det.	n.det.	-0,90	n.det.	10,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							

TABELA XXXIII - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DO SERROTE.

Amostra	C a r a c t e r í s t i c o s C e r â m i c o s							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin.(%)	P.Fogo(%)	T.R.F. (Kgf/cm ²)
S-2	950°C	rosa	36,62	49,06	1,35	3,00	14,96	48,00
	1250°C	creme	7,32	15,89	2,17	16,33	15,81	405,00
	1450°C	amarelo-ferr.	0,00	0,00	2,32	17,00	14,67	642,00
	110°C (sec.)	cinza	n.det.	n.det.	n.det.	ñ.houve	n.det.	25,00
	Cone pirométrico equivalente = > 31 ¹ /2 < 32 (1706°C)							
S-4	950°C	rosa	30,84	45,08	1,46	3,83	15,87	70,00
	1250°C	creme	6,73	15,23	2,26	16,00	16,23	371,00
	1450°C	amarelo-ferr.	0,00	0,00	2,45	17,33	15,95	656,00
	110°C (sec.)	cinza-clara	n.det.	n.det.	n.det.	ñ.houve	n.det.	20,00
	Cone pirométrico equivalente = 33 (1743°C)							

TABELA XXXIV - RESULTADOS DOS ENSAIOS CERÂMICOS DOS HORIZONTES DO PERFIL COLETADO NO DEPÓSITO DE BENEDITO LOPES.

Amostra	Característicos Cerâmicos							
	Queima	Cor	Aa (%)	Pa (%)	MEA (g/cm ³)	Ret.Lin.(%)	P.Fogo(%)	T.R.F. (Kgf/cm ²)
BL-1	950°C	branco	33,07	40,00	1,43	6,78	14,40	8,00
	1250°C	creme-claro	6,18	13,43	2,36	21,68	15,00	50,00
	1450°C	branco-amar.	4,2	4,1	2,65	23,34	15,8	128,00
	110°C (sec.)	branco-amar.	n.det.	n.det.	n.det.	-0,60	n.det.	13,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							
BL-3	950°C	branco	34,48	48,28	1,40	6,78	17,24	8,00
	1250°C	creme-claro	5,17	12,27	2,37	21,68	18,06	51,00
	1450°C	branco-amar.	3,31	3,44	2,67	23,51	17,21	133,00
	110°C (sec.)	branco-amar.	n.det.	n.det.	n.det.	-0,60	n.det.	15,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							
BL-4	950°C	branco	34,21	49,38	1,44	6,45	14,43	9,00
	1250°C	creme-claro	5,78	13,50	2,33	20,86	14,80	62,00
	1450°C	branco-amar.	1,07	2,84	2,66	23,18	14,38	107,00
	110°C (sec.)	branco-acinz.	n.det.	n.det.	n.det.	-0,60	n.det.	14,00
	Cone pirométrico equivalente = > 34 (> 1763°C)							

Figura 5b - Gráficos das faixas de variação da tensão ou módulo de ruptura à flexão das amostras estudadas, comparadas com as faixas de variação para as argilas-padrão plástico refratárias, propostas por Souza Santos (1975).

a) 1100°C

b) 950°C

c) 1250°C

d) 1450°C

- Limites da faixa de variação para as amostras estudadas.

- Limites da faixa para as argilas padrão.

Figura 57 - Gráficos da faixa de variação da Aa(%), absorção de água, das amostras estudadas, comparadas com as faixas de variação para as argilas padrão plástico refratárias, propostas por Souza Santos (1975).

Figura 58 - Gráficos da faixa de variação da Pa (%), porosidade aparente, das amostras estudadas, comparadas com as faixas de variação para as argilas padrão plástico refratárias, propostas por Souza Santos (1975).

- Limites da faixa de variação para as amostras estudadas.
- Limites da faixa para as argilas padrão.

Figura 59 - Gráficos da faixa de variação da massa específica aparente (MEA) (g/cm^3) das amostras estudadas, comparadas com as faixas de variação para as argilas-padrão plástico refratárias, propostas por Souza Santos (1975).

os dados encontrados para as argilas-padrão.

Na Figura 58 os gráficos demonstram que os resultados obtidos para a porosidade aparente das amostras estudadas é discrepante, em relação à faixa de variação das argilas-padrão para a temperatura de 950°C, como consequência da grande quantidade de gibbsita presente nos depósitos estudados. A 1250°C e a 1450°C os dados encontrados são compatíveis com os propostos por Souza Santos (1975).

Na figura 59 os resultados referentes à massa específica aparente para as amostras estudadas, após queima a 950°C, 1250°C, e 1450°C, se superpõem em ampla faixa com os dados obtidos para as argilas-padrão. As discrepâncias que ocorrem, porém, concordam com a alta porcentagem de gibbsita, responsável por uma massa específica aparente menor, nos limites da faixa de variação, após queima a 950°C; e por uma massa específica aparente maior, após queima a 1450°C, principalmente nas argilas mais ricas no hidróxido de alumínio, gibbsita. A 950°C a decomposição da gibbsita provoca massas específicas aparentes menores, devido à grande quantidade de poros que confere ao material. A 1450°C a alumina, Al_2O_3 , proveniente da gibbsita, combina-se com a sílica remanescente de caulinita para formar mulita; conseqüentemente, a massa específica aparente aumenta.

Os valores discrepantes para absorção de água, Figura 57, porosidade aparente, Figura 58, a massa específica aparente, Figura 59, são função dos teores de gibbsita presente nas amostras estudadas.

As amostras pobres em gibbsita, que apresentaram baixa porosidade aparente e absorção de água, se comportaram dessa maneira, devido à presença de ferro e álcalis, responsáveis pela formação de fases vítreas nos corpos de prova quando reagem com o quartzo, a presença destas fases faz baixar os valores para aqueles característicos cerâmicos.

Os dados da retração linear e perda ao fogo são com
patíveis com os obtidos para os outros característicos cerâmi
cos estudados, ressaltando-se que os elevados valores apresenta
dos para estas medidas, correlacionam-se, principalmente, com os
teores de gibbsita e caulinita que compõem as amostras.

Quanto à cor de queima, as amostras mais ricas em
gibbsita, como as provenientes dos depósitos de Brás Cubas e Jun
diapeba, apresentaram-se mais claras após as queimas nas três
temperaturas. Teores mais elevados de ferro e/ou titânio amarele
cem ou acinzentam os corpos de prova após queima, principalmente,
nas temperaturas de queima mais altas, como ocorre nas amostras
provenientes dos depósitos que ocorrem nas pequenas várzeas.

Os resultados obtidos para o ensaio do cone piro
métrico equivalentes revelam que as argilas apresentam refratarie
dade superior ao Cone Orthon 31¹/2. Pela Associação Brasileira
de Normas Técnicas (ABNT), são argilas refratárias aquelas que
apresentam refratariedade ou cone pirométrico equivalente igual
ou superior ao Cone Orthon 15 (1430°C). Portanto, as amostras
aqui estudadas podem ser classificadas como argilas refratárias.

IV. CONCLUSÕES

Com os dados obtidos é possível sintetizar uma primeira generalização para os sedimentos da bacia do Alto Tietê: os mais ricos no mineral gibbsita localizam-se no centro da depressão maior da região estudada, área de grandes várzeas, enquanto que os materiais mais pobres em gibbsita estão localizados nas "bordas" da bacia (fundos de vale ou bacias restritas), área de pequenas várzeas.

A morfoscopia dos grãos da fração areia, angulosos e pouco arredondados, a ausência de estruturas sedimentares e estratificação, sugerem a ocorrência de apenas um ciclo deposicional para os sedimentos estudados.

Apesar de serem denominados "argilas" pelos mineradores e produtores de materiais cerâmicos, as amostras obtidas dos horizontes estudados não se classificam litologicamente como tal. São, majoritariamente, argilas sílticas ou arenosas e, eventualmente, siltes argilosos.

Quantitativamente os horizontes estudados apresentam-se constituídos pelo argilomineral caolinita, que na maioria dos casos é predominante e, em quantidades variáveis, mica, quartzo e gibbsita.

Das análises por difração de raios X sobre a fração abaixo de 0,002 mm, observa-se a presença de gibbsita em teores consideráveis, junto ao argilomineral caolinita, que é majoritária. A gibbsita parece ser mineral tipicamente autígeno, baseado na constatação de que não aparece no manto de alteração das litologias adjacentes, associado ao fato de ocorrer na fração abaixo de 0,002 mm, dos horizontes estudados.

Do ponto de vista cerâmico, os materiais estudados podem ser classificados como argilas refratárias. As mais aluminosas têm sido utilizadas de maneira adequada, isto é, as argilas de Brás Cubas e Jundiapéba são matérias primas para a fabricação de refratários sílico-aluminosos. Empiricamente a indústria de azulejos, louça e porcelanas, no transcorrer de seu desenvolvimento, selecionou as argilas menos aluminosas, como aquelas da Lavras Santo Amaro e de Benedito Lopes, localizadas nas bordas da bacia do Alto Tietê, como matérias primas adequadas à manufatura dos produtos classificados como "cerâmica branca". Apesar dos pequenos teores de gibbsita trazerem problemas para o processo de conformação por colagem, ou fundição de barbotinas, essas argilas queimam branco até temperatura em torno de 1280°C. As argilas dos depósitos do Serrote e Santo Angelo são utilizadas como ligantes para as chamotas refratárias, produzidas a partir das argilas do tipo de Brás Cubas e Jundiapéba. As primeiras possuem menores teores em gibbsita e maiores teores em ferro, titânio e álcalis, portanto menos refratárias, entrando em determinada quantidade na fabricação do produto, de tal forma, que não alteram suas propriedades.

As amostras dos horizontes L-4, da Lavras Santo Amaro, e J-4 de Jundiapéba, foram obtidas de uma litologia classificada como "areia-siltico-argilosa", por beneficiamento em peneira U.S.S. 325 (abertura 0,044 mm). A fração abaixo dessa granulometria apresentou frente aos ensaios cerâmicos, comportamento que permite indicá-las como fonte alternativa de argilomineiras para a indústria de cerâmica branca, pois contém pequena quantidade de gibbsita em sua composição, o que é desejável na produção de barbotinas (suspensões argilosas). Também poderiam ser utilizadas como argilas ligantes de chamota refratária, pelo elevado cone pirométrico que apresentam. Eventualmente, o custo que representaria o beneficiamento desses materiais, seja, hoje, o fator limitante para sua utilização.

Com este estudo fica evidenciada a variabilidade na composição mineralógica que um mesmo depósito pode apresentar.

A caracterização da composição mineralógica dos horizontes é importante, quando se considera a destinação do material para os diversos segmentos da Indústria Cerâmica.

AGRADECIMENTOS

À medida em que vivemos, mais nos convencemos da ne
cessidade que tem o homem de encontrar sustentáculo em seus seme
lhantes para a consecução de quaisquer trabalhos, mesmo aqueles
mais simples. O sucesso de sua obra é função da capacidade, expe
riência, conhecimento e humanidade, entre outros tantos atributos
que, quando requisitados, emergem das pessoas às quais recorreu.
Para a realização desta dissertação de mestrado necessitamos do
apoio e auxílio de várias pessoas que nos emprestaram, e inúmeras
vezes doaram, o que de melhor havia dentro de si, quando o momen
to exigia. A elas consignamos nosso reconhecimento e sincera gra
tidão.

Ao professor Dr. Franco Levi, do Instituto de Geociên
cias da Universidade de São Paulo, pela orientação, incentivo e
colaboração na organização deste trabalho.

Ao professor Dr. Adolpho José Melfi, do Instituto
de Geociências da Universidade de São Paulo, pela orientação na
coleta de amostras e sugestões na interpretação dos dados de cam
po.

Ao professor Dr. Persio de Souza Santos, do Departa
mento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo, pela orientação na interpretação dos ensaios cerâmicos.

Ao geólogo Marcos Antonio Zambrano, pela assistên
cia aos trabalhos de campo, e acesso aos relatórios de pesquisa da
Indústria Brasileira de Artigos Refratários S/A (IBAR S/A).

Ao geólogo Paschoal Giardulo, da Braminer, Minera

ção, Ind. e Com. Ltda., que acompanhou várias incursões pelo campo, transmitindo-nos sua experiência sobre a Geologia da região.

Ao Dr. Ivo Pelegrino pelo acesso aos relatórios de pesquisa e informações sobre os depósitos da Empresa de Mineração Lavras Santo Amaro Ltda.

Ao Dr. Francisco Biscaldi Angeleri, José Maria Orosz, Sonia Regina Faria Cardoso e Laudemar Hilário dos Santos, da Celite S/A, pelas informações e solicitude quando da necessidade da utilização dos laboratórios desta empresa.

Ao Dr. Jefferson Vieira de Souza e ao químico Dirceu Donizetti Dias de Souza, da Seção Cerâmica, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S/A., pela realização dos ensaios da difração de raios "X".

Ao Dr. Joaquim Gonçalves da Silva Filho, do Serviço de Acompanhamento de Produtos Refratários da Cerâmica São Caetano S/A., pela realização dos ensaios de refratariedade simples (cone pirométrico equivalente), e queima dos corpos de prova em temperatura de 1450°C das amostras estudadas.

Ao Professor Dr. Alcidio Abrão e ao Engº José Maia Dantas, do Centro de Engenharia Química do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; e ao geólogo Yushiro Kihara, do Departamento Físico-Química da Associação Brasileira de Cimento Portland, pela realização dos ensaios térmicos.

Ao Diretor da Escola SENAI "Armando de Arruda Pereira", Professor Altino Carabolante, pelo entusiasmo que transmitiu, oportunidades e facilidades que criou para que este trabalho

pudesse ser realizado.

Ao Assistente Pedagógico, Professor João Ricardo Santa Rosa, e ao Assistente Técnico, Professor Armando Amarante Junior, da Escola SENAI "Armando de Arruda Pereira", pelo estímulo sempre constante e facilidades na utilização dos laboratórios e oficinas.

Aos técnicos Silvia Faria Fernandes e Edmir Aparecido de Almeida da Escola SENAI "Armando de Arruda Pereira", pela assistência prestada durante a realização dos ensaios químicos e cerâmicos.

Aos estagiários do Curso de Qualificação Profissional/1983: Amando Alves de Oliveira, Carlos Celso Cardoso, Ernane Silveira Aniceto e Luiz Carlos Gabriel, pela preparação dos corpos de prova para os ensaios cerâmicos.

À Sra. Claudete Salinas pela organização das figuras e tabelas e zelo nos trabalhos de datilografia.

À minha mulher Gilda, à minha filha Laura, e aos meus pais Waldomiro e Dêa, aos quais jamais poderei exprimir minha gratidão de maneira adequada, pelo apoio e incentivo deles recebido, dedico este trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista, Bol. IGG, São Paulo, 41: 167-263.
- ALVES, F.R. - 1975 - Contribuição à Geologia da região de Salesópolis - Guararema, SP. Tese de mestrado. I.G. - USP, São Paulo.
- AMARANTE, JR., A. - 1980 - Estudo termodiferencial, dilatométrico e termogravimétrico de algumas argilas e caulins utilizados na indústria cerâmica brasileira. Cerâmica, 26 (131): 313-318.
- AMARANTE, JR., A., e BOUTROS, F.A. - 1981 - Estudo comparativo dos métodos do plasticímetro de Línseis e o índice de Atterberg na determinação da plasticidade de algumas argilas do Estado de São Paulo. Cerâmica, 27 (135): 117-121.
- AMARANTE, JR., A.; LUCCI, S.A.; NEVES, L.M.; e PRACIDELLI, S. 1980 - Estudo em escala de laboratório sobre o comportamento na moqueima de algumas matérias primas utilizadas na indústria de azulejos de São Paulo. Cerâmica, 26 (130): 293-297.
- AMARANTE JR., A. e SANTOS, P.R. - 1980 - Estudo comparativo entre as argilas de Ribeirão Pires e Jacupiranga, SP. Cerâmica, 26 (128): 217-221.
- ANAIS DO XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA - 1971 - Roteiro das Excursões. Soc. Bras. Geol., p. 83-87.
- ANGELERI, F.B. - 1966 - Argilas, caulins e filitos para grês sanitário. Cerâmica, 12 (47/48): 223-232.
- ANGELERI, F.B.; CHRISTINO, J.A.; e FRIAS, M.C. - 1975 - Caracterização de argilominerais para a indústria de louça sanitária. Cerâmica, 21 (82): 85-99.

- ANGELERI, F.B.; SOUZA SANTOS, P.; PAIVA NETO, J.E.; NASCIMENTO, A. C. e SOUZA SANTOS, H. - 1962 - Característicos físicos e químicos de caulins e argilas usadas na indústria cerâmica de São Paulo, V. Argilas plásticas refratárias da Fazenda Manhumbarã, Suzano, SP. Cerâmica, 8 (30): 22-45.
- BAIN, J.A. e MORGAN, D.J. - 1969 - The role of thermal analysis in the evaluation of impure clay deposits as mineral raw materials. Clays and Clay Minerals, 8: 171-192.
- BERG, E.A.T. - 1970 - Estudo tecnologico de argilas do estado do Paraná. Tese de doutoramento, Depto. Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, S.Paulo.
- BRAMÃO, L.; CADY, J.G.; HENDRICKS, S.B. e SWERDLOW, M. - 1952-Criteria for the characterization of kaolinite, halloysite and related minerals in clays and soils. Soil, Sci, 73: 273-287.
- BRANDÃO, P.R.G. - 1977 - Argilas bauxíticas como matérias primas para refratários. Cerâmica, 23 (91): 13-20.
- BRANQUINHO; J.A. - 1967 - Relatório de pesquisa da jazida de argila de 161, 08 hectares, situada no bairro do Serrote, município de Salesópolis, SP.
- BROWN, G. - 1972 - The X-ray identification and Crystal Structure of Clay Minerals. (Clay Minerals Group). London.
- CALIL, S.F. - 1972 - Propriedades reológicas de barbotinas de algumas argilas e caulins brasileiros utilizados em cerâmica sanitária. Dissertação de mestrado. Depto. de Engenharia Quimica da Escola Politécnica da USP, S.Paulo.
- CALIL, S.F. e CARDOSO, S.R.F. - 1974 - Método da centrífuga para análise granulométrica abaixo de dois microns. Cerâmica, 20 (79); 277-280.
- CALIL, S.F. e SOUZA SANTOS, P. - 1974 - Estudo sistemático de ar

gilas e caulins utilizados em cerâmica branca. Cerâmica 20 (80): 347-398.

CARDOSO, S.R.F. e ANGELERI, F.B. - 1979 - A presença de sais solúveis nos argilominerais e rochas feldspáticas na fabricação de louça sanitária e sua influência sobre as características reológicas. Cerâmica, 25 (115): 171-181.

CARDOSO, S.R.F. e ANGELERI, F.B. - 1980 - A influência da formação do complexo coloidal matéria orgânica reativa e sulfato sobre as propriedades reológicas de barbotinas e sanitários. Cerâmica, 26 (126): 105-128.

CARDOSO, S.R.F. e ANGELERI, F.B. - 1981 - Métodos utilizados no cálculo das formulações e reformulações de barbotinas, fixação de parâmetros para as características fundamentais (chaves indicadoras). Parte I. Cerâmica, 27 (139): 269-288.

CARTA GEOLÓGICA DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE SÃO PAULO-1980-Escala 1:100.000 - EMPLASA.

CARTHEW, A.R. - 1955 - Quantitative estimation of kaolinite by differential thermal analysis. Amer. Min., 40: 107-117.

CORREA, W.L.P.; FERNANDES, S.P. e KOLE, A.T. - 1983 -Determinação semiquantitativa de hidróxidos de alumínio em argilas por análise térmica diferencial. Cerâmica, 39 (161): 127-133.

CORREA, W.L.P. e SOUZA SANTOS, P. - 1978 - Estudo sobre os caulins do estado de São Paulo como matéria prima cerâmica. Cerâmica, 24 (101): 101-214.

COUTINHO, J.M.V. - 1972 - Petrologia do pré-cambriano em São Paulo e arredores, Bol. Inst. Geoc. da USP, 3: 5-100.

DANA, J.D. - 1969 - Manual de Mineralogia. Ao Livro Técnico S/A e Editora da Universidade de São Paulo.

- DEAN, L.A. - 1947 - Differential thermal analysis of Hawaiian soils. Soil. Sci., 63: 95-105.
- FELICISSIMO, JR. e FRANCO, R.R. - 1956 - Bauxita no altiplano da Serra de Cubatão, Bol. SBG, 5 (2).
- FERREIRA, H.C. - 1972 - Caracterização e aplicações industriais de argilas, caulins e feldspatos do nordeste brasileiro. Tese de doutoramento, Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, S.Paulo.
- FERREIRA, W. e GRECO, J.A. - 1962 - Obtenção de resultados semi quantitativos pela análise térmica diferencial. Cerâmica, 8 (29): 57-59.
- FRÓES DE ABREU, S. - 1973 - Recursos Minerais do Brasil, vol.I e II. Editora Edgard Blücher Ltda e Editora da USP, S.Paulo.
- FUCK, G.F. - 1975 - Estudos mineralógicos e tecnológicos dos depósitos permocarboníferos do município de Jundiaí, SP. Disser tação de mestrado. Instituto Geociências da USP, S.Paulo.
- GALAN, E. e LA IGLESIA, A. - 1977 - A discussion about kaolin ge nesis and synthesis. Proc. of 8th Int.Kaolin Symposium and Meeting on Alunite, Madrid-Rome, p. 1-16.
- GASTUCHE, M.C.; FRIPIAT, J.J. e DE KIMPE, C. - 1962 - La gene se de minéraux argilleux de la famille du kaolin, I e II. Gene se et Synthèse des Argiles (CNRS), Paris, p. 57-67.
- GRIM, R.E. - 1968 - Clay Mineralogy. McGraw Hill. 2a.ed. N.York,
- GRIMSHAW, R.W e ROBERTS, A.L. - 1953 - Quantitative differential thermal analysis of some minerals in ceramic materials. Trans. Brit.Ceram.Soc., 52: 50-67.
- GROKE, M.C.T. - 1981 - Evolução geoquímica, mineralógica e micro morfológica no processo de bauxitização. Estudo comparativo

- dos depósitos de Mogi das Cruzes, Curucutu e Lavrinhas, SP., associados a diferentes tipos litológicos. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências da USP, S.Paulo.
- HUANG, W.H. e KELLER, W.D. - 1972 - Geochemical mechanics for the dissolution, transport, and deposition of aluminium in the zone of weathering. *Clays and Clay Minerals*, 20: 69-74.
- KELLER, W.D. - 1964 (a) - The origin of high alumina clay mine rals: a review. *Clays and Clay Minerals*, 12: 129-151.
- KELLER, W.D. - 1964 (b) - Process of origin and alteration of clay minerals, *Soil Clay Mineralogy . Symposium. University of North Caroline, EUA*, p. 3-76.
- KELLER, W.D. - 1970 - Environmental aspects of clay minerals. *Jour of Sedim, Petrol.*, 40: 788-813.
- KELLER; W.D. - 1978 - Process and principles for clay genesis. *Ceramica*, 24 (107); 391-416
- KNECHT, T. - 1954 - Relatório de pesquisa da jazida de argila na área de 21,05 hectares, situada no bairro das Palmeiras no município de Suzano, comarca de Mogi das Cruzes.
- KNECHT, T. - 1959 - Relatório de pesquisa da jazida de argila na área de 4 hectares, situada no bairro das Palmeiras, no município de Suzano.
- KUL'CHITSKIY, L.L. - 1972 - Definition of the concept "clay mine ral". *Internat, Geology Rev.*, 12 (5): 567-574.
- LEINZ, V. - 1977 - Glossário Geológico, Cia. Editora Nacional, S. Paulo.
- LOUGHNAN, F.C. - 1969 - Chemical Weathering of Silicate Minerals. N.York, EUA.

- MACKENZIE, R.C. - 1957 - The Differential Thermal Investigation of Clays, Mineralogical Society. London.
- MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - 1981 - Escala 1:500.000.- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A.
- MARQUES, A.A. - 1980 - Estudo comparativo entre defloculantes inorgânicos e orgânicos para caulins e argilas. Cerâmica, 26 (132): 393-401.
- MASON, B.H. - 1971 - Princípios de Geoquímica. Editora da Universidade de São Paulo.
- MELFI, A.J. e PEDRO, G. - 1977 - Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte I: Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. Rev. Bras. Geoc., 7 (4): 271-286.
- MELFI, A.J. e PEDRO, G. - 1978 - Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte II; Considerações sobre os mecanismos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. Rev. Bras. Geoc., 8 (1) 11-22.
- MICROMERITICS INSTRUMENT CORPORATION - 1975 - Instruction Manual Sedigraph 5000 D. Particle Size Analyser, Georgia, EUA.
- MILLOT, G. - 1952 - Prospecting for useful clays in relation with their conditions of genesis. Symposium: Problems of clay and laterite genesis. The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers. N.York, P. 107-114.
- MILLOT, G. - 1964 - Geologie des Argiles. Masson et Cie. Editeurs Paris.
- MONDENESSI, M.C. - 1980 - Intemperismo e morfogênese no planalto de Campos de Jordão, SP. Rev. Bras. Geoc., 10: 213-225.

- MONIZ, A.C. - 1969 - Estudo mineralógico de argilas de maciço al
calino de Poços de Caldas. FFCL-USP, Mineralogia, Bol.304 -
(19).
- MONTEIRO, E.J. e ANGELERI, F.B. - 1980 - Correlação entre a curva
de defloculação e propriedades reológicas de argilominerais,
baseada no pH pelo hidróxido de sódio. Cerâmica, 26 (125): 93
103.
- PAIVA FILHO, A.; TOGNON, A.A.; CAPUCCI, E.B.; CORDANI, U.G.; BAR
BOUR, A.P.; SVISERO, D.P. e MORESCHI, J.B. - 1972 - Levanta
mento geológico das áreas de interesse a implantação das bar
ragens dos rios Biritiba e Jundiá, S.Paulo. Anais do XXVI
Congresso Bras. Geol., I: 231-243.
- PAIVA NETTO, J.E. - 1956 - Característicos de alguns caulins dos
arredores da cidade de São Paulo. Cerâmica, 2 (7): 111-119.
- PEDRO, G. - 1969 - A alteração das rochas em condições superfi
ciais (perimorfismo) - Caracterização geoquímica dos proces
sos fundamentais. Not. Geomorfol. Campinas, 9 (17): 3-14.
- PETTIJOHN, F.J. - 1957 - Sedimentary Rocks. 2a. ed. N.York. Harpes
and Brothers.
- PICHLER, E. - 1957 - Argila, Cerâmica, 3 (12): 146-174.
- RODRIGUES, S. - 1975 - Efeito do carbonato de amônio no tempo de
secagem de algumas argilas cauliníticas. Dissertação de mes
trado. Departamento Engenharia Química da Escola Politécnica
da USP, S.Paulo.
- ROSADO, J. - 1974 - Relatório de pesquisa da jazida de argila na
área de 98,30 hectares, situada no distrito de Jundiapéba, mu
nicípio de Mogi das Cruzes, SP.
- SALOMÃO, J.R. e SOUZA SANTOS, P. - 1976 - Efeito de alguns aditi
vos no limite de plasticidade de argilas plásticas usadas em

sanitários. Cerâmica, 22 (87): 101-116.

SANTOS, M.C.S.R. e SAAD, M.R.M. - 1978 - Índice do mapeamento geológico e bibliografia referente ao pré-cambriano, paulista. Publicação nº 1124 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A SP.

SOUZA, J.V. - 1966 - Estudo tecnológico de algumas argilas e caulins do Recôncavo do estado da Bahia. Tese de doutoramento, Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, S.Paulo.

✓ SOUZA, J.V. e SOUZA SANTOS, P. - 1964 (a) - Ensaio preliminares de argilas visando a utilização cerâmica. Cerâmica, 10 (38): 2-34.

SOUZA, J.V. e SOUZA SANTOS, P. - 1964 (b) - Considerações sobre a aplicação da análise térmica diferencial no estudo de argilas cerâmicas no Brasil. Cerâmica, 10 (30): 2-27.

SOUZA SANTOS, H. - 1966 - Microscopia eletrônica de argilas brasileiras utilizadas na indústria cerâmica de São Paulo. Cerâmica, 2 (47/48): 173-202.

✓ SOUZA SANTOS, P. - 1975 - Tecnologia de Argilas, vol. I e II. Editora Edgard Blücher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo.

SOUZA SANTOS, P. e SANTINI, P. - 1963 - Análises térmicas diferenciais de bauxitos, argilas aluminosos e lateritos. Cerâmica, 9 (33): 3-32.

SOUZA SANTOS, P. e SILVEIRA, M. - 1959 - Correlação entre a morfologia e a estrutura cristalina nos argilominerais da série caulinita-haloisita. Cerâmica, 5 (19): 25-37.

SOUZA SANTOS, P. e SOUZA SANTOS, H. - 1966 - Desenvolvimento de argilas brasileiras para diversos usos tecnológicos. Cerâmica,

ca, 11 (46): 50-71.

SOUZA SANTOS, P. e SOUZA SANTOS, H. - 1969 - Estudo sobre a composição mineralógica de caulins primários e secundários do Brasil. Cerâmica, 15 (57/58): 21-34.

SUGUIO, K. - 1980 (a) - Introdução à Sedimentologia. Editora Edgard Blücher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo.

SUGUIO, K. - 1980 (b) - Rochas Sedimentares, Editora Edgard Blücher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo.

VANDOROS, P. - 1968 - Silicificação e turmalinização de xistos e quartzitos da região de Mogi das Cruzes, SP. Ciência e Cultura, 20 (2): 157-158.

VANDOROS, P. e FRANCO, R.R. - 1966 - Determinação da idade de granitos da região de Mogi das Cruzes pelos métodos potássio/argônio e rubídio/estrôncio. An. Acad. Bras. Ci., 38 (2): 289-292.

VANDOROS, P. e OLIVEIRA, M.A.F. - 1969 - Geologia e petrologia da região de Taiaçupeba e arredores de São Paulo. An. Acad. Bras. Ci., 41 (2): 181-194.

VENTURINI, V.; GRILLINI, G.C. e FELICE, G. - 1982 - Physical-ceramic behavior of clay from the "Grupo Neuquên" (Northern Patagonia). Interceram, NR 2, Bologna, Itália, p. 105-107.

VISCONTI, Y.S. - 1954 - Argila (Symposium). Cerâmica, 1 (1): 35-41.

VISCONTY, Y.S. - 1961 - Estudo termodiferencial de algumas argilas brasileiras, Cerâmica, 7 (28): 15.

WARSHAW, G.M. e ROY, R. - 1961 - Classification and a scheme for the identification of layer silicates. Geolog. Soc. America Bull., 72: 1455-1492.

WILLIAMS, H.; TURNER, F.J. e GILBERT, C.M. - 1970 - Petrografia.
Editora Polígono e Editora de Universidade de São Paulo.

ZAMBRANO, M.A. - 1974 (a) - Relatório de pesquisa da jazida de ar
gila na área de 72,09 hectares, situada no bairro Jundiai,dis-
trito de Brás Cubas, município de Mogi das Cruzes, SP.

ZAMBRANO, M.A. - 1974 (b) - Relatório de pesquisa da jazida de ar
gila na área de 168,0 hectares, situada no bairro Santo Ange-
lo, distrito de Jundiapeba, município de Mogi das Cruzes.

ZANDONADI, A.R. - 1972 - Estudo tecnológico de argilas nontroní
ticas brasileiras. Tese de doutoramento. Instituto de Quími-
ca da Universidade de São Paulo, SP.