

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**“AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
ARGILAS DA REGIÃO DE PASSOS, MG,
VISANDO SUA APLICAÇÃO COMO POZOLANAS”**

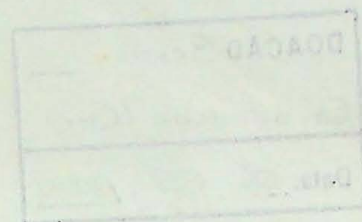
Deyna Pinho

Orientadora: Profa. Dra. Lília Mascarenhas Sant'Agostino

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/20)

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**“AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
ARGILAS DA REGIÃO DE PASSOS, MG,
VISANDO SUA APLICAÇÃO COMO POZOLANAS”**

Deyna Pinho



Orientadora: Profa. Dra. Lília Mascarenhas Sant'Agostino

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/20)

SÃO PAULO
2003

DOAÇÃO Seção
Graduação-IGC
Data: 06, 05 / 2004



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014520

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
ARGILAS DA REGIÃO DE PASSOS, MG, VISANDO
SUA APLICAÇÃO COMO POZOLANAS**

DEYNA PINHO



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Profa. Dr. Lilia Mascarenhas Sant'Agostinho

Prof. Dr. Adilson Carvalho

Profa. Dra. Maria Cristina Motta de Toledo

São Paulo

2003

**“Ora, o que planta e o que rega são um,
e cada um receberá o seu galardão
segundo o seu trabalho. Porque, como
fruto do teu trabalho, a sabedoria
entrará no teu coração, e o conhecimento
será a recompensa da tua alma”**

1 Coríntios 3:8 / Provérbios 2:10

**Dedico este trabalho à Deus,
e a minha família...**

ABSTRACT

The clays studied on this work they are from Passos-MG region, and they are pertaining to a mine and a natural deposit close by their selves, been the mine related to a limestones of Bambuí Group.

The study comprise to technologic and mineralogical characterization of these clays, defining the thermal activation temperature to be utilized as a pozzolanic material on the cement Portland manufacture by the Cimento Portland Itaú enterprise. For this it was necessary a detainment of the clay minerals presents, as well as it was necessary all a description of macroscopic characteristics of these clays. The clays sectioned to study they were grouped on white clays pertaining to Eucalipto's mine, and the natural deposit of Fazenda da Lagoa.

The process of section of the samples consisted on a determination of the populations on the correlation graphics between the elements: Al, Fe, Si e K. And the choice of the samples more representatives, inside of each population, considering the disponibility of these samples on the sample files, and a possibility of a new sampling.

For the clays characterization was realized chemical analysis by x-rays fluorescence, granulometrical analysis, differential thermal analysis and differential thermal gravimetrical analysis (DTA-DTG), analysis by x-rays diffraction (XRD), and pozzolanicity tests.

The samples clays studied show a mineralogical assembly very similar between thei selves, with a predominance of Quartz, Kaolinite, Muscovite cam be to occur like majoritals or minors constituents, and chlorite and feldspar like minors constituents.

The granulometrical distribution normal-log enabled the distinction of two different samples groups, ones detach by the gross granulation and compound a mix of tree grains dimensions populations.

The results of DTA-DTG helped on the determination of the samples calcinations temperatures that occur the modifications on the mineral phases. Between 500 and 600°C began the kaolinite disestructuration that completes to 900°C together to others micaceous minerals (muscovite and chlorite).

The ideal interval of thermal activation to the clays aiming at turn reactive with the cement, for the eucalipto mine varies between 700 to 900°C agree with the pozzolanicity tests. It verify that is necessary to occur a significant destruction by the time complete of kaolinite to reach the adjusted conditions of reativity. To be detached clays description/classification by a color critery, however important, It shouldn't be only since the clays possess a chemical conduct very diversified.

RÉSUMÉ

Les argiles étudiées dans ce travail viennent de la région de Passos-MG et appartiennent à un gisement et à un dépôt naturel qui se situent très près l'un de l'autre. Le gisement est associé aux calcaires du Groupe Bambuí.

L'étude comprend la caractérisation technologique et minéralogique de ces argiles à partir de la définition de la température d'activation thermique utilisée comme matériel pozolanique à la fabrication du ciment, par l'entreprise Cimento Portland Itaú. Afin d'accomplir cet objectif, il a fallu faire une étude détaillée des argileminéraux présents, ainsi que toute une description des caractéristiques macroscopiques de ces argiles. Les argiles sélectionnées pour le travail ont été groupées en argiles blanches – appartenantes au gisement de l'Eucalipto – et en argiles grises et jaunes – toutes les deux appartenantes au dépôt naturel de la Fazenda da Lagoa.

Le procès de sélection des échantillons a été accompli par la détermination des populations dans les graphiques de corrélations entre les éléments suivants : Al, Fe, Si et K. Le choix des échantillons les plus représentatifs dans chaque population a été fait en tenant en compte la disponibilité de ces échantillons aux archives et la possibilité d'une nouvelle sélection de matériel. On peut affirmer aussi que les argiles blanches du gisement de l'Eucalipto se sont présentées avec une tendance plus interchangeable entre elles, si on les compare avec les argiles du dépôt Fazenda da Lagoa.

Les activités réalisées pour le procès de caractérisation de ces argiles ont été les analyses chimiques pour fluorescence des rayons x, l'analyse granulométrique, l'analyse thermique différentielle et l'analyse thermique gravimétrique (ATD-ATG), la diffraction des rayons x (DRX), et les essais de la pozolanicité.

Les argiles étudiées ont présenté une assemblée minéralogique très semblable entre elles, avec une prédominance de quartz, caolinite, mouscovite (ce peut survenir comme plus grands éléments constitutifs ou les constitutifs moins fréquents), clorite et feuldspace comme les constitutifs moins fréquents.

La distribution granulométrique ont possibilité la distinction des deux différents groupes de l'échantillons, ces se détachent quelques pour la granulation plus grosse et ces composent mélanges de trois populations de dimensions des grains.

Les résultats de l'ATD-ATG ont aidé la détermination des températures de calcination des échantillons en que survenir les transformations minérales. Entre 500 et 600°C on

s'initié la desstructuration de la kaolinite et qui se compléter à la température de 900°C accouplé avec la du minéraux micaceux (moscovite et clorite).

L'intervalle idéal de l'activation thermique pour les argiles visant les tournée réactive avec le ciment, à la gisement de l'eucalipto varie de 700 à 900°C d'accord avec les essais de la pozolanicité. Ce se constate ainsi qu'est nécessaire survenir une desstructuration significative et pourfois complète de la kaolinite à l'atteindre les conditions convenables de la réactivité. Ce se détache que la description/classification des argiles pour le critère de la couleur, heureusement important, ce ne doit pas être unique depuis que les argiles possèdent un comportement chimique plus diversifié.

RESUMO

As argilas estudadas neste trabalho são da região de Passos-MG, e são pertencentes a uma jazida e a um depósito próximos entre si, sendo a Jazida associada aos calcários do Grupo Bambuí.

O estudo compreendeu a caracterização tecnológica e mineralógica dessas argilas definindo a temperatura de ativação térmica a ser utilizada como material pozolânico, na fabricação de cimento, pela empresa Cimento Portland Itaú. Para isso foi necessário um detalhamento dos argilominerais presentes, assim como foi também necessária toda uma descrição das características macroscópicas dessas argilas. As argilas selecionadas para estudo foram as agrupadas em brancas pertencentes à Jazida do Eucalipto, e as agrupadas em cinzas e amarelas ambas pertencentes à Fazenda da Lagoa.

O processo de seleção das amostras constou na determinação das populações nos gráficos de correlação entre os elementos: Al, Fe, Si e K. e a escolha das amostras mais representativas dentro de cada população levando em consideração a disponibilidade dessas amostras no arquivo e a possibilidade de uma nova amostragem.

Para a caracterização dessas argilas foram realizadas análises químicas por fluorescência de Raios X, análises granulométricas, análises termodiferencial e termogravimétricas (ATD-ATG), análises por difração de raios x (DRX), e ensaios de pozolanicidade com cimento.

As amostras de argilas estudadas apresentaram uma assembléia mineralógica muito parecida entre si, com a predominância de caulinita e quartzo, muscovita pode ocorrer como maior ou menor constituinte, clorita e feldspato como menores constituintes.

A distribuição granulométrica possibilitou a distinção de dois diferentes grupos de amostras, destacando-se algumas pela granulação mais grossa e compoem misturas de três populações de dimensões de grãos.

Os resultados das análises termodiferencial e termogravimétrica auxiliaram na determinação das temperaturas de calcinação das amostras em que ocorrem transformações minerais. Entre 500 e 600°C iniciou-se a desestruturação da caulinita e que se completa na temperatura de 900°C junto com a dos minerais micáceos (muscovita e clorita)

O intervalo de ativação térmica ideal para as argilas visando torná-la reativa com o cimento, para a jazida Eucalipto varia de 700 a 900°C de acordo com os ensaios de

pozolanicidade. Verifica-se, assim, que é necessário ocorrer uma destruição significativa e por vezes completa da caulinita para atingir as condições adequadas de reatividade. Destaca-se que a descrição/classificação das argilas por critério de cor embora importante não deve ser único desde que as argilas possuem um comportamento químico muito diversificado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família por todo o apoio dado principalmente nos momentos finais de nascimento desse trabalho.

Sou muito grato a Profa. Dra. Lília Mascarenhas Sant'agostino pela a orientação e apoio exercido durante todo o período decorrido desse trabalho.

Agradeço ao Geólogo José Antônio Garbelloto de Mateo pela orientação e supervisionamento durante os meus cinco meses de estágio na Companhia Cimento Portland Itaú.

Agradeço à Companhia Cimento Portland Itaú pela chance de estágio e a experiência adquirida na fábrica de Itaú de Minas – MG.

Ao LCT-EPUSP pela assistência durante todas as análises para a conclusão desse trabalho.

Agradeço à todos os meus colegas por todos os inestimáveis momentos durante esses cinco anos da minha graduação, especialmente à Thatiana Augusto e Marcia Silva Kolar, amizades que manter-se-ão vivas após a graduação.

E por fim, agradeço ao Instituto de Geociências da USP por todo o apoio durante toda a minha graduação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	2
3. TRABALHOS PRÉVIOS	3
4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	6
5. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	6
6. OS MATERIAIS POZOLÂNICOS	7
6.1. ARGILAS POZOLÂNICAS	8
6.2. A REAÇÃO POZOLÂNICA.....	10
7. A FABRICAÇÃO DE CIMENTO	11
8. MATERIAIS E MÉTODOS	13
8.5. CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM	13
8.6. ANÁLISES QUÍMICAS	15
8.7. ENSAIOS DE POZOLANICIDADE	15
8.8. SELEÇÃO DAS AMOSTRAS	17
8.9. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	20
8.10. ANÁLISE TERMODIFERENCIAL E TERMOGRAVIMÉTRICA	20
8.11. DIFRAÇÃO DE RAIOS X	21
9. DESENVOLVIMENTO.....	22
10. RESULTADOS OBTIDOS.....	23
10.1. DAS ANÁLISES QUÍMICAS.....	23
10.2. DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	24
10.3. DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X PARA AS AMOSTRAS TAL QUAL.....	25
10.4. DA ANÁLISE TERMODIFERENCIAL E TERMOGRAVIMÉTRICA	26
10.5. DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X PARA AS AMOSTRAS CALCINADAS ..	28
10.6. DOS ENSAIOS POZOLÂNICOS	30
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

O trabalho tem como objetivo caracterizar tecnologicamente argilas como fonte de material pozolânico. Foram estudadas argilas provenientes de dois depósitos localizados no município de Itaú de Minas, Região do Alto Rio Grande no sudoeste de Minas Gerais, cujos direitos minerários pertencem à Companhia de Cimento Portland Itaú (grupo Votorantim).

As duas áreas contêm argilas cauliniticas, sendo que uma delas está associada ao Grupo Bambuí assim compondo uma jazida (Jazida do Eucalipto) onde a empresa explora também calcário (Mina Taboca) para fabricação de cimento, argamassa e cal. Uma parte dessas argilas é utilizada na composição da farinha para fabricação de cimento, outra parte é utilizada na fabricação de cimento pozolânico, após sua calcinação a 800°C, restando ainda uma parcela de recursos de argila considerada até o momento material estéril que é destinado a bota-foras.

O outro depósito mineral em estudo é denominado Fazenda da Lagoa e se encontra atualmente sob avaliação técnico-econômica pela Empresa.

Para o desenvolvimento do Trabalho de Formatura houve interação com a Empresa através de convênio-estágio específico com o IGc-USP, que compreendeu aplicação semanal de quatro dias pelo período de seis meses. Neste contexto todos os trabalhos de campo tiveram recursos e apoio integral da Empresa, sendo que as análises foram parcialmente custeadas por ela.

2. OBJETIVOS

Caracterizar mineralógica e tecnologicamente argilas presentes na área da Empresa Cimento Itaú, a fim de obter sua composição mineralógica, detalhando os argilominerais presentes, e definir a temperatura ótima de ativação térmica do material a ser utilizado como fonte de pozolanas para a indústria de cimento.

Acrescenta-se, como objetivo de treinamento do graduando, a familiarização com as questões vinculadas à pesquisa mineral de argilas, bem como produção de produtos minerais como lavra e beneficiamento de calcário, usado na fabricação de cimento, argamassa e cal pela Cimento Itaú.

3. TRABALHOS PRÉVIOS

Na seqüência é feita a síntese de estudos disponíveis na literatura sobre a temática de argilas pozolânicas, que fornece o conhecimento básico dos aspectos mineralógicos envolvidos na ativação destas argilas, bem como a implicação no seu uso como aditivo de cimento.

ZAMPIERI (1989)

Realizou estudos experimentais, sintetizando parte dos conhecimentos desenvolvidos no campo das pozolanas e argilas calcinadas, visando acompanhar as modificações mineralógicas que ocorrem em diferentes argilominerais quando submetidos a aquecimento controlado, com posterior caracterização dos materiais calcinados quanto à atividade pozolânica, reconhecendo e analisando as fases geradas a partir da reação pozolânica entre as argilas calcinadas e hidróxido de cálcio, reações essas, que são essencialmente reações de dissolução e formação de novas fases, em meio alcalino. Posteriormente foi possível a formação de aluminatos, silicatos e alumino-silicatos de cálcio hidratados, como produto da reação pozolânica. Conclui também que as argilas cauliníticas mal cristalizadas são as mais propícias à fabricação de pozolana, sendo que a reatividade dos argilominerais cauliníticos está intimamente relacionada com a geração de metacaulinita, após ativação térmica. Enquanto que as argilas aluminosas, constituídas de uma mistura de caulinita e gibsita, devido ao conteúdo de óxido de alumínio apresentaram uma maior refratariedade, deslocando a temperatura de ativação térmica para valores mais elevados, mas ainda gerando um material com atividade pozolânica considerável. Já as gibsitas puras revelaram-se totalmente inadequadas como material pozolânico.

HE et al. (1994)

Estudou três minerais, em diferentes temperaturas de calcinação, e a interferência dos mesmos na atividade pozolânica. O caulim possui como principal componente a caulinita de baixa cristalinidade, este foi calcinado a 550, 650, 800 e 950°C por 100 minutos. Esse material foi misturado com cimento Portland e cal para o estudo da reação pozolânica com cal e cimento, tendo sido também estudada a sua composição química, resistência à compressão e a solubilidade ácida, antes e depois da mistura com cal e cimento. A ótima temperatura de calcinação para a caulinita foi 550°C, correspondendo ao ponto culminante da desidroxilação da caulinita.

HE et al. (1995)

A illita foi calcinada a 650, 790 e 930°C também por 100 minutos, sendo que o método e a investigação foram os mesmos queos aplicados para a caulinita HE et al. (1994), sendo que o ensaio de resistência à compressão, após a mistura com cimento, foi realizado depois de 2, 7, 28 e 91 dias de reação (cura), isso revelou que a illita possui baixa atividade pozolânica. A ótima temperatura de calcinação para a illita seria de 930°C, sendo que a 650°C a sua desidroxilação não foi muito significativa, e enquanto que a 790°C houve uma considerável ativação, mas não podendo ser ainda qualificada como pozolana.

MONTANHEIRO (1999)

Investigou possíveis materiais pozolânicos na Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. Materiais como terras diatomáceas, arenitos opalinos, argilas caulíníticas, basaltos e vidro vulcânico. As argilas caulíníticas das formações sedimentares, principalmente nas de Franca, Itaqueri e Corumbataí, mostraram alta reatividade, após ativação térmica a 800 °C durante 1 hora.

Fava et al. (1999)

Estudou amostras de solo do Distrito Federal, com o objetivo de caracterizar e quantificar argilo-minerais a serem utilizados pela Indústria de Cimento como material pozolânico. Essa quantificação foi efetuada através de comparação da porcentagem de OH, que foi determinada através de análises termogravimétricas, e difração de raios X, com dados estequiométricos desses argilo-minerais. A metodologia empregada mostrou-se extremamente eficiente na delimitação das áreas do cerrado para exploração de argilo-minerais. Sendo que amostras com quantidades de argilo-minerais, do grupo de caulinita, superiores a 45% apresentaram resultados satisfatórios no papel de pozolanas naturais em ensaios industriais de cimento Portland.

HE et al. (2000)

A esmectita foi calcinada a 560, 760 e 960°C, as propriedades químicas, mineralógicas e físicas, sendo que os ensaios foram os mesmos que para a caulinita HE et al. (1994) e illita He et al. (1995). Os ensaios indicaram que a esmectita é um razoável material pozolânico, com sua desidratação e desidroxilação, para a amostra calcinada a 560°C, incrementando consideravelmente a sua atividade pozolânica, enquanto que para calcinação entre 560 a 760°C não houve grandes mudanças. Entretanto a 960°C ocorreu, novamente, um aumento da atividade pozolânica, com um aumento da resistência a compressão de 113% em relação ao cimento Portland comum.

Désir et al. (2001)

Estudou a atividade pozolânica da metacaulinita, sendo esta, um aditivo "mineral" proveniente da calcinação do argilomineral caulinita, representa uma alternativa economicamente viável para substituição parcial do cimento na produção de argamassa e de concreto de alto desempenho. Porém este potencial depende de certas características do produto, tais como: temperatura de queima, grau de finura, atividade pozolânica. Procurou primeiro determinar a faixa de temperatura mais adequada para a queima do argilomineral, sendo a metacaulinita gerada utilizada nos ensaios de pozolanicidade com cal. Conclui que o intervalo ideal de temperatura para produção de metacaulinita encontrado foi de 550 a 650°C sem grande influência do tempo de queima utilizado, e que a atividade pozolânica é diretamente proporcional tanto ao nível de temperatura atingido, quanto ao tempo de calcinação.

SAITO (2002)

Estudou alternativas para uso dos resíduos da mineração de areia do Bairro do Taboão, em Mogi das Cruzes, SP; no caso, avaliou o potencial desses estéreis como matéria-prima cerâmica e pozolânica. Os materiais estéreis constituídos por lamitos possuíam uma composição mineralógica formada por esmectita (50%), caulinita (30%), illita (15%) e demais minerais (5%). A caracterização pozolânica, desses estéreis, foi realizada através da determinação da atividade pozolânica com cal e com cimento em amostras naturais e calcinadas nas temperaturas de 550, 600, 700 e 800 °C.

A pozolanicidade nas amostras naturais não foi adequada, devido ao caráter pouco reativo das esmectitas. Enquanto que os índices de atividade pozolânica com cal para as amostras calcinadas foram ótimos, principalmente a 700 °C. Os índices de atividade pozolânica com cimento, para as amostras calcinadas a 550 e 600 °C foram regulares, enquanto que, para 850 °C o resultado foi melhor.

PINHO (2002)

Estudou uma alternativa de utilização como pozolanas dos resíduos finos obtidos da extração de areia no Bairro do Taboão, em Mogi das Cruzes, SP. Realizou apenas o ensaio do índice de atividade pozolânica com cimento, para amostras calcinadas a 600 e 850 °C. Obteve resultados satisfatórios, com um índice de atividade pozolânica com cimento de 81,7% para a amostra calcinada a 600 °C, e de 79,4% para a amostra calcinada a 850 °C. O índice de atividade pozolânica com cimento deve ser no mínimo de 75%, conforme a norma NBR12653/92 (ABNT, 1992).

4. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Os dois depósitos estão localizados no sudoeste de Minas Gerais, no município de Itaú de Minas, município vizinho à Passos, Região do Alto Rio Grande (Figura 01). A jazida do Eucalipto está localizado dentro do complexo em que se situa a Cia. Cimento Itaú, ao lado da Mina Taboca. O outro depósito, Fazenda da Lagoa, está localizado próximo a fábrica à um quilômetro de distância da Mina Taboca.



Figura 01: Localização da Região Alto Rio Grande, proximidades de Passos-MG.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO

A região está incluída na porção meridional da Faixa Brasília a SW do Cráton do São Francisco, na qual são reconhecidos dois domínios: um domínio autóctone e outro alóctone. O domínio Autóctone, segundo Valeriano (1992), está representado pelo embasamento que no caso é o Complexo Campos Gerais, e pelos metassedimentos do Grupo Bambuí. O domínio alóctone, segundo Simões (1995), está representado pela nappe de Passos composta pelo Grupo Araxá e pelo Sistema de Cavalgamento Ilícinia-Piumhi composto pelo Grupo canastra + embasamento + Grupo Bambuí. Deste modo

pode-se considerar a seguinte estratigrafia para a Região de Passos, segundo Simões (1995):

- *Grupo Araxá*: Micaxistos granatíferos, comumente com cianita e/ou estauroлита, associados a quartzitos e paragneisses;
- *Grupo Canastra*: Quartzitos puros e sericíticos, Muscovita filitos, Epidoto-biotita filito com fenocristais de albita, Sericita-clorita-calcifilito com lentes de mármore;
- *Grupo Bambuí*: Filitos/Ardósias e mármore;
- *Complexo Campos Gerais*: Gnaisses e migmatitos, Ortogneisses granitóides, rochas vulcano-sedimentares do tipo greenstonebelt.

Os dois depósitos são compostos por argilas essencialmente cauliníticas, sendo ambos sotapostos ao Grupo Bambuí. Na jazida do Eucalipto ocorrem tanto argilas residuais quanto sedimentares, dentre as residuais estão algumas argilas vermelhas e cinza claro meio esverdeadas que apresentam nitidamente a foliação residual das rochas do Grupo Araxá, sendo que também se pode incluir as argilas marrom escuras que são resultado da alteração dos mármore do Grupo Bambuí. Dentre as sedimentares estão as argilas de cor roxa com fragmentos de mármore e as brancas com fragmentos de quartzito indicando transporte fluvial, com área fonte próxima, possivelmente rochas do complexo Campos Gerais.

Na Fazenda da Lagoa as argilas são essencialmente de caráter sedimentar e acredita-se que estas argilas sedimentares sejam resultado de um ambiente sedimentar fluvial-lacustre de idade Terciária a Quaternária.

6. OS MATERIAIS POZOLÂNICOS

Neste trabalho, pozolanas são definidas segundo a norma NBR12653 (ABNT, 1992), como "Materiais silicosos ou sílico-aluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que quando finamente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes".

Segundo a NBR12653 (ABNT, 1992), as pozolanas podem ser classificadas em: Pozolanas Naturais (Materiais de origem vulcânica, geralmente de caráter petrográfico ácido (-65% de SiO₂) ou de origem sedimentar com atividade pozolânica), e Pozolanas

Artificiais (Argilas Calcinadas, cinzas volantes, escórias siderúrgicas, cinzas de materiais vegetais e rejeito de carvão vegetal).

O Material pozolânico pode ser adicionado ao Cimento Portland Comum, entre 15 a 50%, para a fabricação do Cimento Portland Pozolânico. Devido à grande economia proporcionada pela adição de pozolana, as indústrias de cimento buscam incrementar sua produção com adições tanto de escória de alto-forno, quanto de pozolanas de origem mineral.

6.1. ARGILAS POZOLÂNICAS

A argila, em si, raramente se comporta como pozolana, mas ao ser aquecida entre 550 a 900°C, sofre alterações dos minerais componentes podendo adquirir propriedades pozolânicas, a este processo chama-se calcinação.

A calcinação promove a transformação do argilomineral caulinita presente nas argilas, em um composto de sílica e alumina com estrutura amorfa, chamado de metacaulinita, que se forma graças a perda da hidroxila na forma de água através de aquecimento à temperaturas de 550 a 900°C.

Durante o processo de ativação de argilas por calcinação ocorrem importantes transformações térmicas. Essas modificações podem estar associadas às perdas de água adsorvida, em temperaturas mais baixas (~100°C), água estrutural (hidroxila) em temperaturas superiores a 500°C, geração de fundidos e formações de novas fases sintéticas em temperaturas mais elevadas. Essas transformações podem ser observadas em curvas de ATG (análise termogravimétrica), nas quais são observadas as perdas de massa durante as reações térmicas e ATD (análise termodiferencial), onde se verifica a troca energética, pelas reações endo e exotérmicas. Quando ocorrem transformações endo ou exotérmicas, estas aparecem como deflexões em sentidos opostos (**endo** deflexão para baixo, e **exo** deflexão para cima) na curva termodiferencial ou termograma (Figura 02).

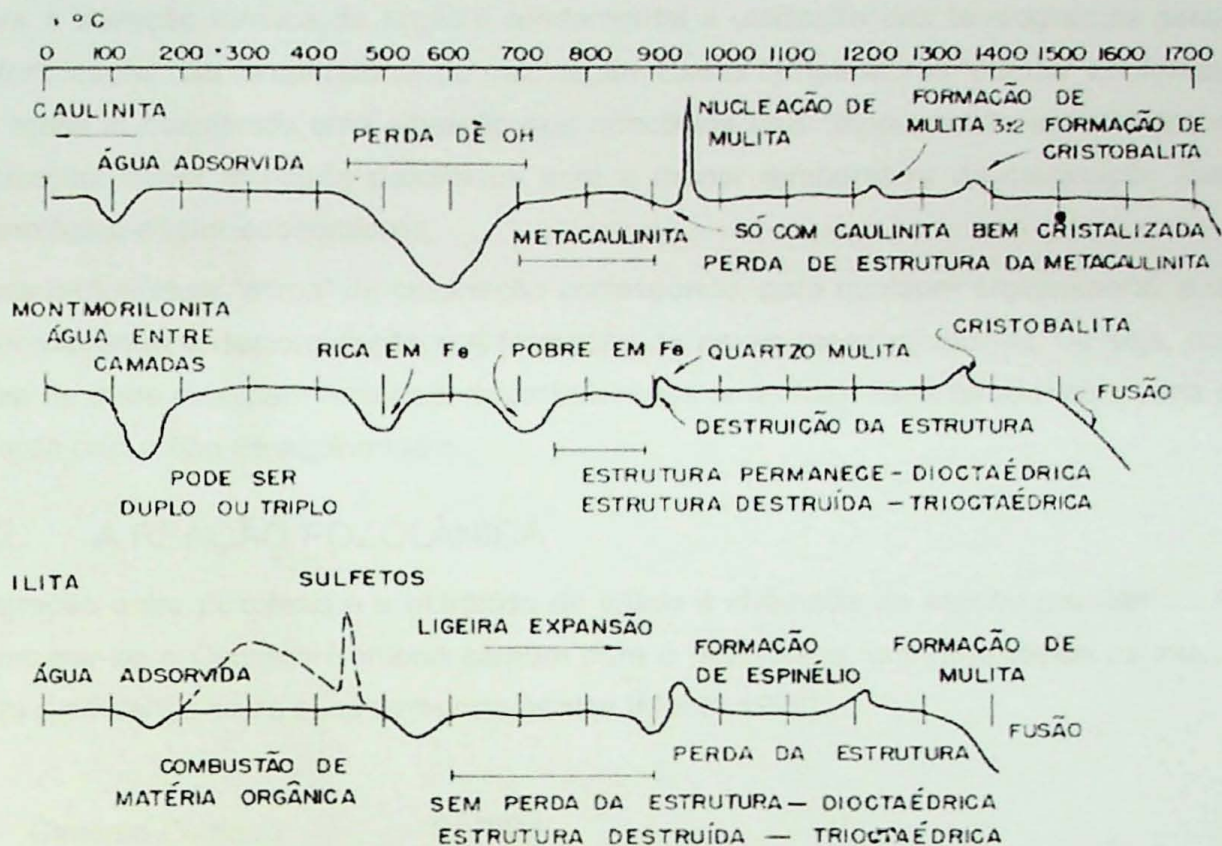


Figura 02: Comportamento térmico dos argilominerais caulinita, montmorillonita e illita (extraído de Souza, 1989)

No caso da caulinita, a primeira deflexão representa a sua desidratação, a segunda deflexão representa a sua desestruturação, pela perda da hidroxila (OH^-), e conseqüentemente a formação de uma substância amorfa, a metacaulinita; e a terceira deflexão representa a formação de uma nova fase sintética, a mulita.

Na montmorillonita, como na caulinita, a primeira deflexão representa a perda de água (adsorção), já a segunda deflexão (perda de OH^-) pode variar de posição, dependendo da quantidade de ferro na sua estrutura, pois este funciona como fundente, diminuindo a temperatura de desarranjo estrutural. O intervalo de ativação térmica da montmorillonita pobre em ferro corresponde de 700 a 850°C, e para a montmorillonita rica em ferro, de 500 a 850°C.

A illita, como as caulinita e montmorillonita, possui a primeira deflexão como sendo a perda de água, e a segunda deflexão como sendo o desarranjo estrutural, tendo como intervalo de ativação térmica de 550 a 850°C.

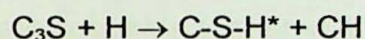
Para a ativação térmica da argila é fundamental a utilização dos termogramas para a determinação das temperaturas de calcinação. Essas temperaturas “ótimas” confeririam ao material pozolânico uma situação que conciliaria dois fatores muito importantes na avaliação: maior atividade pozolânica com a menor temperatura de calcinação (fator tecnológico e fator econômico).

Essa temperatura “ótima” de calcinação corresponde, para qualquer argilomineral, a um intervalo entre a desidroxilação e a formação de novas fases cristalinas, ou seja, num faixa de onde existiriam materiais desestruturados (amorfos). Essa temperatura varia de acordo com o tipo de argilomineral.

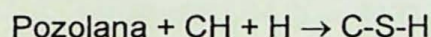
6.2. A REAÇÃO POZOLÂNICA

A reação entre pozolana e o hidróxido de cálcio é chamada de reação pozolânica. Ao comparar-se o Cimento Portland comum com o pozolânico, compreende-se as razões para a diferença entre seus comportamentos (Mehta,1994):

- Cimento Portland: RÁPIDA



- Cimento Portland Pozolânico: LENTA



*Abreviação empregada pelo setor de cimento, no qual C, S e H, representam CaO , SiO_2 e H_2O . E onde $C-S-H \rightarrow CaO.SiO_2.H_2O$; $CH \rightarrow Ca(OH)_2$; $H \rightarrow H_2O$.

O Silicato de cálcio hidratado (C-S-H) constitui 50 a 60% do volume de sólidos de uma pasta de cimento Portland completamente hidratado e é, conseqüentemente, o componente mais importante na determinação das propriedades da pasta (Mehta,1994).

O cimento Portland quando altamente hidratado produz cerca de 28% de seu peso em CH, isso não se constitui em uma significativa contribuição à resistência e durabilidade do concreto, mas a eliminação deste CH pela reação com a pozolana pode resultar num grande aumento de durabilidade e resistência (Sabir *et al.*,2001).

A substituição parcial do cimento por outros materiais com propriedades pozolânicas promove redução de: emissão de CO_2 em 40%, do total que a indústria de cimento libera

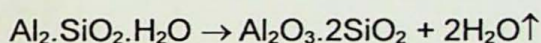
para a atmosfera, reação alcali-agregado e permeabilidade do cimento entre outros (Mehta *et al*, 1998; Désir *et al*, 2001).

Segundo Zampieri (1989), algumas argilas podem ser empregadas como pozolanas desde que sejam termicamente ativadas a partir da calcinação em temperaturas que variam de 500 a 900°C. As caulinitas sofrem ativação entre 600 e 800°C; esmectitas entre 700 e 800°C, enquanto que illitas sofrem ativação a temperaturas superiores a 900°C.

He *et al* (1994, 1995 e 2000) determinaram as temperaturas de 550°C, 930°C e 960°C para ativação térmica de caulinita, illita e de um interestratificado sintético de esmectita/illita, respectivamente. Montanheiro (1999) apresentou resultados favoráveis de argilas sedimentares, essencialmente caulíníticas, com alta reatividade como material potencial pozolânico, após ativação térmica a 800°C.

Como já foi dito, o hidróxido de cálcio é derivado da hidratação do cimento, na presença de água. As reações entre o CH e a metacaulinita formam produtos com estrutura cristalina, incluindo aluminato de cálcio e C-S-H. A formação desses produtos depende principalmente da razão metacaulinita/CH e a temperatura de reação (Zampieri, 1993).

Segundo Zampieri (1989) a argila é moída até adquirir a finura necessária para o ensaio, depois essa argila é aquecida em forno, até atingir a temperatura ideal para a formação da metacaulinita, através da reação, na presença de calor:



7. A FABRICAÇÃO DE CIMENTO

Basicamente a fabricação de cimento consta de duas etapas:

- 1) *calcário + argila + minério de ferro/arenito = clínquer*
- 2) *clínquer + gesso = cimento*

Na primeira etapa é produzida a mistura de calcário + argila + minério de ferro ou arenito que é chamada de farinha ou cru. A produção da farinha começa a partir da extração, britagem e armazenamento do calcário, que deve ser de composição calcítica, sendo que no caso da Cimento Itaú o calcário britado, é blendado com argila antes de ser armazenado compondo o que localmente é denominado de "Argical" que é armazenado em pilhas cobertas. A argila e o de arenito são armazenados em silos e posteriormente são blendados ao argical até satisfazer determinados parâmetros de composição química, que depois de moída em moinho de bolas e de mesa (Atóx) gera a farinha.

Para a produção de clínquer é necessário que essa farinha esteja em granulometria ideal, adquirida ao passar por uma torre de ciclones. Essa torre de ciclones classifica o material na granulometria ideal para entrar no pré-calcinador, através de um conjunto de 5 ciclones em cadeia (Figura 03), enquanto o gás quente sobe através dos ciclones levando as partículas muito finas (chamadas de *fíler*) e as mais grossas descem até entrarem no pré-calcinador (T_{máx} de 880 a 900°C), onde 90% do CaCO_3 , provindo do calcário, é transformado em $\text{CaO} + \text{CO}_2$. A partir daí, o material entra no forno rotativo a uma temperatura de 1.450°C, onde sofre reações no estado sólido transformando-se em clínquer. O clínquer logo ao sair do forno é resfriado em um resfriador de grelhas, composto por um conjunto de três grelhas e ventiladores que o resfriam por baixo.

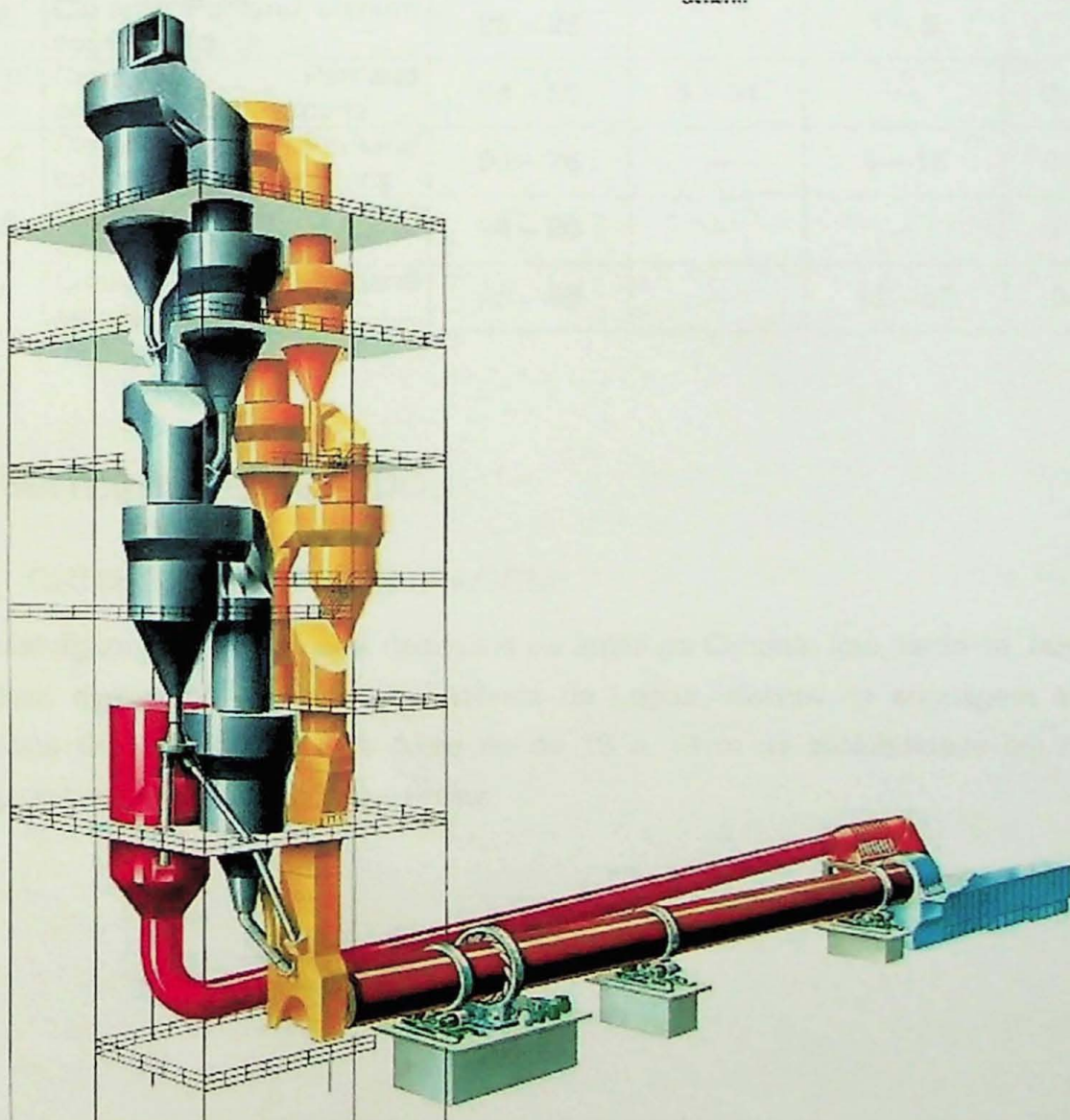


Figura 03: Esquema da torre de ciclones e do forno rotativo.

Na segunda etapa, o clínquer resfriado é transportado para a moagem, onde é moído até a sua granulometria ideal e misturado a gesso compondo o cimento, podendo ter adições de pozolana, escória e filler (também armazenados em silos), obtendo-se tipos de cimento especiais, dependendo da proporção de cada aditivo (Tabela 01). O cimento é armazenado em silos, um para cada tipo produzido.

Tabela 01: Os tipos de cimento e seus componentes segundo normas NBR11578 (ABNT, 1991) e NBR5732 (ABNT, 1991)

SIGLA	NOMENCLATURA	COMPONENTES (% massa)			
		CLÍNQUER	ESCÓRIA	POZOLANA	FÍLER
CP I	Cimento Portland comum	100		–	
CP I-S	Cimento Portland comum com adição	99 – 95		1 – 5	
CP II-E	Cimento Portland composto com escória	94 – 56	6 – 34	–	0 – 10
CP II-Z	Cimento Portland composto com pozolana	94 – 76	–	6 – 14	0 – 10
CP II-F	Cimento Portland composto com filler	94 – 90	–	–	6 – 10
CP IV	Cimento Portland pozolânicos	85 – 45	–	15 – 50	0 – 5

8. MATERIAIS E MÉTODOS

8.5. CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM

A amostragem foi feita nos dois depósitos de argila da Cimento Itaú, tanto na Jazida do Eucalipto quanto no depósito da Fazenda da Lagoa, através de sondagem a trado mecânico de diâmetro de 3" e furos de de 16 a 18 m de profundidade em média, arranjados segundo malhas quadráticas.

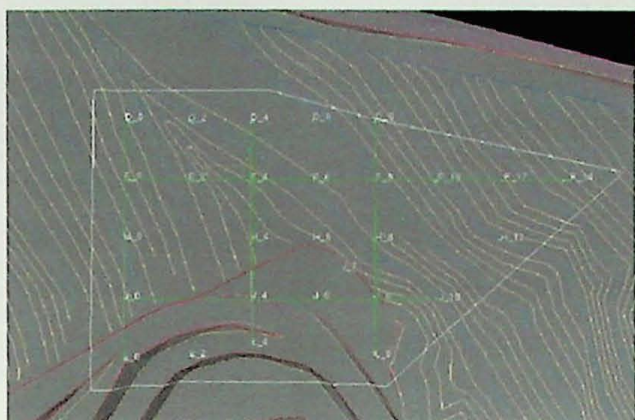


Figura 04: Esquema da malha de sondagem na Jazida do Eucalipto

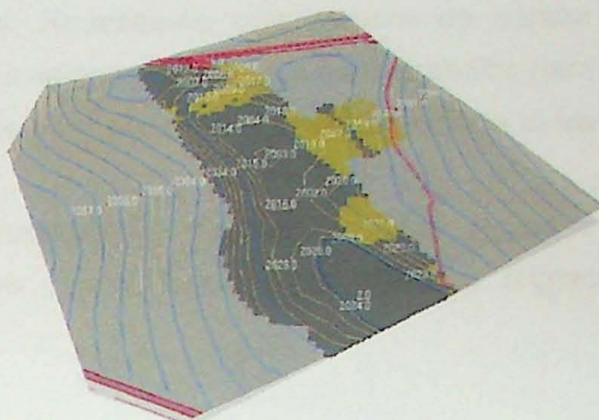


Figura 05: Esquema da malha de sondagem no Depósito Fazenda da Lagoa

O arranjo dos trabalhos de pesquisa na Fazenda da Lagoa foi com a malha espaçada de 100 metros, já na Jazida do Eucalipto foi espaçada de 50 metros, como pode ser visto nas figuras acima.

A amostragem para a Jazida do Eucalipto foi realizada de acordo com critérios de descrição macroscópica do material obtido na gradagem, basicamente a mudança de cor da argila em profundidade, enquanto que na Fazenda da Lagoa a amostragem foi regular de metro em metro furado gerando um volume muito maior de amostras, em relação ao método anterior.

A atividade inicial dos trabalhos compreendeu o estabelecimento de critérios de descrição de amostras homogeneizando aqueles que vinham sendo aplicados na empresa os quais eram variáveis em função do operador. Foi preparado um gabarito de tipos de materiais com enfoque para as diferenças de cor que se mostravam como o principal critério praticado.

Os testemunhos de argilas foram, então, descritos novamente levando em consideração os critérios estabelecidos que se apoiaram principalmente na sua cor natural, mas também na presença ou não de foliação ou outra estrutura residual, ou presença de areia ou grãos de seixos etc. Assim foram descritas argilas de diferentes tonalidades desde roxas passando por marrom, cinza, amarela até brancas, algumas com seixos, outras siltosas, algumas com foliação residual outras não.

A partir desta descrição fez-se um agrupamento agrupadas de acordo com um gabarito de descrição de tonalidades (Figuras 03 a 08 no Guia de Descrição de Argilas, Anexo VIII). Este critério foi tomado como base inicial para definição de tipos de argilas por ser o utilizado como guia da lavra seletiva atual na Mina Taboca, onde apenas a argila branca é

atualmente aproveitada para fins pozolânicos. Ressalte-se que embora de caráter empírico esta base se apóia na limitação de cor existente até a época deste trabalho para aplicação como aditivo de cimento o qual deve permanecer com sua tonalidade cinza tradicional.

Na Jazida do Eucalipto, as argilas foram agrupadas em Argilas Amarelas, Roxas e Brancas; no depósito Fazenda da Lagoa, as argilas foram agrupadas em argilas Amarelas, Vermelhas e Cinzas.

8.6. ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas no laboratório de controle de qualidade na própria fábrica da Cimento Itaú – MG. As amostras foram previamente preparadas antes de serem analisadas por Fluorescência de Raios X.

A preparação prévia constou principalmente em secagem em estufa até 120°C por 24 horas, seguida de homogeneização e pulverização em moinho de panelas por 2 minutos. O processo de moagem foi repetido até que toda a amostra (massa aproximada de 1kg) fosse passante em peneira de 100# (peneiramento a vácuo), das amostras pulverizadas retirou-se alíquota para análise que foi misturada a um material aglomerante, prensada em prensa hidráulica tornando-se uma pastilha cilíndrica de 1 cm de altura por 2 cm de diâmetro. O material aglomerante evita a desagregação da pastilha.

As pastilhas foram encaminhadas ao aparelho de fluorescência de Raios X, onde foi feita a análise química dos óxidos: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO , MgO e SO_3 . Os resultados das análises químicas podem ser observados nos Anexos I e II.

8.7. ENSAIOS DE POZOLANICIDADE

Para aferição da habilidade ao comportamento pozolânico de materiais diversos, foram desenvolvidos pela indústria de cimento ensaios tecnológicos atualmente normatizados pela NBR 7215 (ABNT, 1996), que envolvem confecção de corpos de prova com cimento e avaliação de sua interferência nas propriedades deste cimento.

Pozolanidade Com Cimento

O máximo de resistência mecânica dos cimentos aditivados com pozolanas, segundo Zampieri (1993), não se relaciona unicamente com o equilíbrio da capacidade de fixação do hidróxido de cálcio, mas decorre das novas fases geradas da hidratação dos componentes do clínquer no cimento e da reação pozolânica. A substituição do cimento

pela pozolana, deve obedecer às proporções estequiométricas, como observado pelo mesmo Zampieri (1993), em torno de 30% de hidróxido de cálcio, em relação à massa de pozolana.

Segundo NBR 5753 (ABNT, 1992), o material pozolânico a ser utilizado no ensaio deve estar seco em estufa (110°C), e ter determinadas as área específica e finura na peneira de 45µm, tanto para a pozolana como para o cimento. São preparadas duas argamassas (A e B), sendo que a argamassa A deve conter apenas cimento Portland, e a argamassa B deve conter 35% de seu volume absoluto de cimento substituído por pozolana, sendo utilizado um misturador mecânico para a preparação de cada argamassa. A partir dessas duas argamassas são moldados, então, dois conjuntos de corpos de prova, sendo três corpos de cada argamassa, ambos de forma cilíndrica, que devem ser colocados em recipientes hermeticamente fechados, numa câmara úmida à $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, durante 24h, só então estes corpos-de-prova são submetidos à temperatura de 38°C, permanecendo a partir daí por 27 dias em cura. Para o ensaio a compressão, os corpos-de-prova devem ser resfriados até 23°C, e então se calcula a resistência individual, média e o desvio relativo máximo entre os corpos-de-prova.

Os ensaios de pozolanidade em apoio aos trabalhos foram desenvolvidos no Laboratório de Ensaios Físicos da Cimento Itaú, sendo que a preparação das amostras envolveu as seguintes etapas:

- *Calcinação:* As amostras tais quais foram calcinadas a 700°C, 800°C e 900°C durante 30 minutos em forno estático de alta temperatura.
- *Moagem:* Após a calcinação as amostras foram moídas em um moinho de bolas (metal) até obter-se um resíduo na peneira de 45µm inferior a 6%.

Foram preparados três corpos-de-prova cilíndricos para cada amostra, sendo todos compostos por cimento Portland, água e areia normal constituindo a argamassa, e com substituição de parte desse cimento pela pozolana, de acordo com a massa específica de cada corpo-de-prova.

Os corpos-de-prova ainda dentro dos moldes foram colocados em câmara úmida por 24 horas. Após esse tempo os corpos foram retirados dos moldes, sendo um recolocado na câmara úmida por mais 6 dias, e os outros dois imersos em banho Maria, ambos a 55°C também por mais 6 dias.

Determinação do Ensaio de Compressão

Segundo a norma brasileira NBR 7215/96 (ABNT, 1996), este método compreende a determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de 50mm de diâmetro e 100mm de altura, somente após os dias de cura a que foram submetidos. Também é necessário que se faça um capeamento nas bases do corpo-de-prova, de um material composto pela fundição de enxofre com caulim, pozolanas, quartzo em pó, ou outras substâncias. No caso foi utilizado uma mistura de enxofre com quartzo em pó, a uma temperatura de fundição de 136°C.

Segundo a mesma norma, os corpos devem ser quebrados numa velocidade de carregamento da máquina de ensaio, com uma transmissão da carga de compressão ao corpo-de-prova equivalente a $(0,25 \pm 0,05)$ MPa. E, por fim, calcula-se:

Resistência individual: resistência à compressão, em MegaPascals (MPa), de cada corpo de prova, dividindo a carga de ruptura pela área da seção do corpo-de-prova.

Resistência média: média das resistências individuais, em MPa, dos corpos-de-prova, com o resultado arredondado para o décimo mais próximo.

Desvio relativo máximo: Divide-se o valor absoluto da diferença entre a resistência média e a resistência individual, pela resistência média, multiplicando-se por 100 (o resultado é expresso em porcentagem); a porcentagem obtida deve ser arredondada ao décimo mais próximo.

Passado o período de 7 dias de cura os três corpos foram submetidos a ensaio de compressão de acordo com a norma brasileira NBR 7215/96 (ABNT, 1996), tendo sido calculados a Resistência individual, a média e o desvio relativo máximo. As resistências médias obtidas para as amostras em estudo nos ensaios de compressão podem ser vistas no Anexo III e IV.

8.8. SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

Com base em critérios de cor e de características de composição química, foram selecionadas onze amostras ao todo como representativas das diversas populações reconhecidas em cada depósito mineral, o que resultou em quatro amostras da Jazida do Eucalipto e sete amostras da Fazenda da Lagoa, conforme agrupamento de cores (ver guia de descrição no ANEXO VIII). como indicado nos gráficos de correlação das análises químicas expostos nos Anexos V, VI e VII.

As argilas brancas da Jazida do Eucalipto podem ser divididas claramente em duas populações que são delimitadas principalmente pelos teores de Al_2O_3 e K_2O (Gráfico 1-Anexo V), uma com teor de K_2O mais elevado e Al_2O_3 mais baixo, e outra com situação inversa. As populações foram chamadas respectivamente de A e B com características conforme Tabela 02.

Tabela 02: As populações e suas respectivas classes de teores, e as amostras selecionadas em cada classe para as argilas brancas da Jazida do Eucalipto.

TEORES		GRÁFICOS (ANEXO VI)	POPULAÇÕES		AMOSTRAS	
			Por classe	Total	Selecionadas	Denominação
Al_2O_3	15 – 25 %	3, 4 e 8	B	A	D8 (5 a 7 m)	EcBrA1
	20 – 35 %	3, 4 e 8	A		D8 (10 a 19 m)	EcBrA2
SiO_2	60 – 75 %	3, 5 e 6	B	B	F0 (9 a 20 m)	EcBrB1
	40 – 60 %	3, 5 e 6	A		H0 (5,5 a 17 m)	EcBrB2
K_2O	3 – 6 %	4, 5 e 7	B			
	0 – 3 %	4, 5 e 7	A			
Fe_2O_3	0 – 4%	6,7 e 8	A e B			

No Gráfico 4 (Anexo VI) notou-se que há uma correlação entre Alumínio e Potássio, dentro de cada população, situação semelhante ocorre também no Gráfico 5 (Anexo VI) entre Sílica e Potássio também dentro de cada população.

As argilas Amarelas e Roxas não foram estudadas porque não possuem as características de cor adequadas para adição como pozolanas no cimento, e não são utilizadas como aditivo do cimento (suas cores de queima adquirem uma tonalidade vermelha) apesar de apresentarem resistências à compressão com valores dentro das especificações, assim como as argilas vermelhas da Fazenda da Lagoa, que também não foram estudadas.

As argilas da Fazenda da Lagoa podem ser divididas inicialmente em pelo menos duas populações uma predominantemente composta por argilas cinzas com teor de K_2O mais elevado, e outra composta por argilas amarelas com teor de K_2O mais baixo, conforme pode ser visto no Gráfico 2 (Anexo V). Essas populações foram chamadas respectivamente de Y e X com características conforme Tabela 03.

Tabela 03: As populações e suas respectivas classes de teores, e as amostras selecionadas em cada classe para as argilas da Fazenda da Lagoa.

TEORES		GRÁFICOS (ANEXO VII)	POPULAÇÕES	
			Por Classe	Total (duas)
SiO ₂	50 – 60 %	9, 11 e 12	Y	X
	45 – 65 %	9, 11 e 12	X	
Al ₂ O ₃	15 – 25 %	10 e 14	Y	
	20 – 30 %	10 e 14	X	
K ₂ O	3 – 5 %	10, 11 e 13	Y	Y
	0 – 2 %	10, 11 e 13	X	
Fe ₂ O ₃	8 – 14 %	12 e 14	Y	
	0 – 8 %	12 e 14	X	

Os gráficos mostram que os elementos químicos possuem pouca correlação entre si, mas é possível notar uma tendência a correlação entre Ferro e Potássio, no Gráfico 13 (ANEXO VII).

As argilas amarelas da Fazenda da Lagoa possuem pouca correlação entre os principais óxidos componentes, mas conseguiu-se identificar três populações distintas pelos teores de SiO₂, K₂O e Fe₂O₃ as quais têm suas características resumidas na Tabela 04.

Tabela 04: As populações e suas respectivas classes de teores, e as amostras selecionadas em cada classe para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa.

TEORES		GRÁFICOS (ANEXO VII)	POPULAÇÕES		AMOSTRAS	
			Por classe	Total	Selecionadas	Denominação
SiO ₂	50 – 60 %	15, 17 e 18	YA	YA	200W/400N (3 a 5 m)	LgAmYA
	60 – 65 %	15, 17 e 18	XB			
	50 – 55 %	17	XC			
Al ₂ O ₃	15 – 25 %	16 e 20	YA	XB	000/200N (16 a 18 m)	LgAmXB
	22 – 25 %	16 e 20	XB			
K ₂ O	3 – 6 %	16, 17 e 19	YA	XC	000/200W (14 a 15 m)	LgAmXC
	0 – 3 %	17 e 19	XB e XC			
Fe ₂ O ₃	6 – 14 %	18, 19 e 20	YA			
	2 – 4 %	18, 19 e 20	XB			
	8 – 10 %	19	XC			

Nas argilas amarelas da Fazenda da Lagoa, os óxidos que apresentaram mais correlação foram o Potássio com Silica e Potássio com Ferro, respectivamente indicadas nos Gráficos 17 e 19 (Anexo VII). Em todos esses gráficos há duas amostras que estão fora das populações definidas, estas amostras foram deixadas de lado na seleção, pois

apresentam um comportamento muito anômalo em comparação com as demais na população de argilas amarelas.

Uma das amostras selecionadas, dentre as amarelas, não foi possível ser reamostrada por furo a trado, impossibilitando o seu estudo, a amostra LgAmXC (000/200W 14 a 15m).

Nas argilas cinza da mesma jazida conseguiu-se identificar inicialmente duas populações uma com teor de Sílica mais baixo e outra mais elevado, sendo que a partir dos teores de Ferro conseguiu-se subdividir em mais duas populações uma com valor mais elevado e outra com mais baixo, características essas resumidas na Tabela 05.

Tabela 05: As populações e suas respectivas classes de teores, e as amostras selecionadas em cada classe para as argilas cinzas da Fazenda da Lagoa.

TORES		GRÁFICOS (ANEXO VII)	POPULAÇÕES		AMOSTRAS	
			Por classe	Total	Selecionadas	Denominação
SiO ₂	49 – 55 %	21 e 24	XB e XD	XA	100W/600N (5 a 11 m)	LgCzXA
	55 – 67 %	21 e 24	XA e XC	XB	100E/100S (3 a 8 m)	LgCzXB
Al ₂ O ₃	25 – 31 %	22 e 26	XB e XD	XC	100W/900N (2 a 4 m)	LgCzXC
	21 – 25 %	22 e 26	XA e XC	XD	100W/900N (0 a 2 m)	LgCzXD
K ₂ O	0,5 – 2 %	22, 23 e 25	XB, XD, XA e XC			
Fe ₂ O ₃	0 – 4 %	25 e 26	XA e XB			
	4 – 8 %	25 e 26	XC e XD			

Nas argilas cinzas notou-se uma pequena correlação entre Sílica e Potássio indicada no Gráfico 24 (Anexo VII).

8.9. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

As amostras foram analisadas por granulometria a laser, no aparelho da marca *Malvern Instruments Ltd.*, no Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) – EPUSP. Para isso as amostras precisaram ser previamente preparadas em polpa, adicionando-se uns 40ml de água em 20g de amostra.

8.10. ANÁLISE TERMODIFERENCIAL E TERMOGRAVIMÉTRICA

Foram realizadas 10 análises termodiferenciais (ATD) e termogravimétricas (ATG) simultâneas, com o equipamento *Simultaneous DTA-TGA* (modelo SDT 2960/TA Instruments), no Laboratório de Análises Mineralógicas do Depto de Geologia Sedimentar e Ambiental – IGc-USP.

As condições das análises foram: 20mg de cada amostra pulverizada e seca a 70°C, numa taxa de aquecimento de 10°C/min., num intervalo de medição de 20°C a 1000°C no padrão alumina. Sendo o aquecimento realizado em cadinho de alumina sob atmosfera dinâmica de nitrogênio.

8.11. DIFRAÇÃO DE RAIOS X

A identificação da assembléia mineralógica das amostras foi realizada por difração de raios X, tendo-se analisado amostras tal qual e amostras calcinadas.

A preparação das amostras constou de uma moagem em moinho planetário das amostras previamente secas entre 70 e 80°C, após a moagem as amostras foram separadas em alíquotas encaminhadas para diferentes procedimentos.

Para as análises utilizou-se o difratômetro de raios X da marca Philips (modelo MPD1880), no Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) – EPUSP.

Para o método do pó prensado, as amostras são colocadas em um suporte e são prensadas até se obter uma superfície plana e lisa, para então serem passadas no difratômetro sob as seguintes condições: radiação $\text{CuK}\alpha$; passo de $0,02^\circ 2\theta$, com tempo de contagem de 1s; leitura de intervalo de ângulo de $2,5$ a $65^\circ 2\theta$.

8.11.1. Amostras Tal Qual

Para as amostras tal qual foram aplicados dois diferentes métodos de preparação: o método do pó prensado, e o método da orientação de argilominerais para se realizar a glicolagem das amostras (identificação de argilominerais expansivos).

Visando a orientação de argilominerais as amostras foram, cada uma, colocadas em um recipiente com água com uma pastilha de cerâmica ao fundo onde a orientação se dá pelo processo de decantação, que após secas foram passadas no difratograma nas seguintes condições: radiação $\text{CuK}\alpha$; passo de $0,02^\circ 2\theta$, com tempo de contagem de 1s; leitura de intervalo de ângulo de $2,5$ a $15^\circ 2\theta$. Sendo depois glicoladas e repassadas no difratômetro sob as mesmas condições.

8.11.2. Amostras calcinadas

Para as amostras calcinadas utilizou-se o método do pó prensado e foram passadas no difratograma nas seguintes condições: radiação $\text{CuK}\alpha$; passo de $0,02^\circ 2\theta$, com tempo de contagem de 1s; leitura de intervalo de ângulo de $2,5$ a $60^\circ 2\theta$. As amostras e as temperaturas para calcinação foram escolhidas conforme o resultado das curvas de ATD-ATG das amostras Anexos XI, XII, , conforme Tabela 10.

Os difratogramas obtidos foram interpretados com o programa X'Pert High Score Philips (versão 1.0 b), utilizando fichas de identificação do *International Centre for Diffraction Data* (ICDD). Sendo as editorações dos gráficos realizadas nos programas Winfit (versão Beta release 1.2.1) e Corel Draw 9.

9. DESENVOLVIMENTO

O cronograma final está praticamente igual ao inicial, com alguns atrasos na parte dos ensaios específicos de pozolanacidade, e atividades cumpridas antes do tempo previsto como as análises granulométricas e complementares, conforme os três quadros abaixo:

CRONOGRAMA INICIAL										
Atividades	Meses									
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Pesquisa Bibliográfica										
Trabalhos de campo - Amostragem e acompanhamento de lavra										
Trabalhos Laboratoriais										
Análise mineralógica										
Análise química										
Análise granulométrica										
Outras análises complementares										
Ensaio específico - pozolanacidade										
Tratamento dos dados										
Confeção do relatório										

CRONOGRAMA PARCIAL										
Atividades	Meses									
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Pesquisa Bibliográfica										
Trabalhos de campo - Amostragem e acompanhamento de lavra										
Trabalhos Laboratoriais										
Análise mineralógica										
Análise química										
Análise granulométrica										
Outras análises complementares										
Ensaio específico - pozolanacidade										
Tratamento dos dados										
Confeção do relatório										

CRONOGRAMA FINAL										
Atividades	Meses									
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Pesquisa Bibliográfica										
Trabalhos de campo - Amostragem e acompanhamento de lavra										
Trabalhos Laboratoriais										
Análise mineralógica										
Análise química										
Análise granulométrica										
Outras análises complementares										
Ensaio específicos - pozolanidade										
Tratamento dos dados										
Confecção do relatório										



Atividades a relizar



Atividades realizadas

Quanto às dificuldades encontradas, as maiores foram:

- 1) A amostragem de algumas argilas da Fazenda da Lagoa, que não estavam mais disponíveis em arquivo, tendo havido necessidade da realização de reamostragem;
- 2) O critério cor como descrição de argilas, que mesmo com a confecção de um gabarito, algumas argilas possuem tonalidades muito parecidas dificultando a diferenciação visual;
- 3) O preparo das amostras selecionadas para a difração de raios X, pelo método da orientação dos argilominerais, que quando secavam criavam gretas de contração, havendo a necessidade de uma nova preparação.
- 4) Nos ensaios de pozolanidade, alguns não puderam ser concluídos devido a falta de amostra ou erro laboratorial, como extravio de amostras e acúmulo de ensaios do próprio controle de qualidade da Cimento Itaú.

10. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados estão todos detalhados nos anexos, sendo que alguns deles também foram apresentados nesta seção, a fim de facilitar a evolução da interpretação e o entendimento do trabalho.

10.1. DAS ANÁLISES QUÍMICAS

Os resultados da análise química por fluorescência de Raios X estão expressos no Anexos I e II, no geral todas as amostras apresentaram-se bem silicosas, com teores superiores a 45% SiO₂ e aluminosas, com teores de 20 a 35% Al₂O₃. Os teores de ferro

variam de 2,17 a 9,41% Fe_2O_3 independentemente de sua cor, e com o teor de potássio de 0,72 a 5,11% K_2O , sendo que a composição das amostras selecionadas para caracterização tecnológica foi sumariada na Tabela 06.

Tabela 06: Composição química das amostras selecionadas para caracterização tecnológica, (% em peso)

AMOSTRAS	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	PF
EcBrA1	45,8	35,1	3,16	0,64	0,20	0,72	0,01	0,10	14,1
EcBrA2	51,2	33,1	2,24	0,96	0,18	0,76	<0,01	0,14	11,3
EcBrB1	65,5	20,6	2,17	0,46	1,68	5,04	0,21	0,03	4,14
EcBrB2	64,4	20,9	2,28	0,37	1,77	5,11	0,15	0,05	4,77
LgAmYA	52,2	20,7	9,41	0,39	1,23	4,86	0,12	0,02	-
LgAmXB	60,8	23,3	2,80	0,36	0,47	1,35	<0,06	0,10	-
LgCzXA	61,2	22,8	2,88	0,47	0,56	1,37	<0,04	0,09	-
LgCzXB	53,9	27,0	2,36	0,34	0,43	1,05	<0,05	0,05	-
LgCzXC	50,8	24,8	6,41	0,40	0,58	1,49	nd	0,06	-
LgCzXD	54,7	24,3	4,97	0,45	0,47	0,93	<0,03	0,09	-

- não analisado

nd: não detectado

10.2. DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados são apresentados nos Anexos IX e X, na forma de tabelas e curvas de distribuição granulométrica. Na Tabela 07 estão representados os parâmetros d_{90} , d_{50} e d_{10} para todas as amostras, que representam os diâmetros em que respectivamente 90, 50 e 10% dos grãos são passantes.

Tabela 07: d90, d50, d10 para as amostras.

AMOSTRAS	D90 (μm)	D50 (μm)	D10 (μm)
EcBrA1	35,56	16,57	4,88
EcBrA2	222,28	12,21	0,36
EcBrB1	48,27	14,22	4,19
EcBrB2	41,43	14,22	4,19
LgAmYA	35,56	12,21	3,60
LgAmXB	190,80	16,57	0,78
LgCzXA	88,91	10,48	1,68
LgCzXB	140,58	12,21	0,49
LgCzXC	88,91	10,48	1,24
LgCzXD	258,95	22,49	0,58

Nota-se que na jazida do Eucalipto a moda varia de 14 a 17 micrômetros representando um tipo selecionado de argila (argila branca). Já na Fazenda da Lagoa a moda é mais variável, de 10 a 23 micrômetros, correspondendo a diversos grupos de argilas.

Pode-se observar ao analisar os gráficos de distribuição granulométrica e na Tabela 07, dois grupos distintos: um grupo mostrando uma distribuição log-normal e de apenas uma população, e um outro grupo com distribuição trimodal, com os valores aproximados de moda de 0,42; 16,6; 301,7 micrômetros, representando três populações distintas, grupo composto pelas amostras EcBrA2 e LgAmXB, LgCzXB e LgCzXD.

10.3. DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X PARA AS AMOSTRAS TAL QUAL

Os difratogramas de raios X estão expostos nos anexos XIII a XVI, sendo a assembléia mineralógica das amostras resumida na Tabela 08, que tem caráter qualitativo com indicação de frequência baseada apenas nos difratogramas.

Tabela 08: Assembléia mineralógica das amostras de acordo com os difratogramas.

AMOSTRAS	MINERAIS						
	Quartzo	Caulinita	Muscovita	Clorita	Feldspato	Titanita	Goetita
EcBrA1							
EcBrA2							
EcBrB1							
EcBrB2							
LgAmYA							
LgAmXB							
LgCzXA							
LgCzXB							
LgCzXC							
LgCzXD							

Maior componente
 Menor componente
 Não tem

A mineralogia na jazida do Eucalipto é composta por quartzo, caulinita e muscovita, esta como maior ou menor componente comum a todas as amostras, e entre os menores componentes destaque para o feldspato que ocorre em três das quatro amostras estudadas.

A mineralogia da Fazenda da Lagoa mostra como componentes comuns a todas as amostras quartzo, caulinita e muscovita, esta se constituindo maior, menor componente ou traços, e o feldspato presente em todas as amostras, como menor componente principalmente. Destaca-se ainda a presença de clorita e de goetita esta em apenas duas amostras, uma de cor amarela e outra cinza.

10.4. DA ANÁLISE TERMODIFERENCIAL E TERMOGRAVIMÉTRICA

Os resultados estão expressos nas formas de curvas termodiferenciais e termogravimétricas, conforme os gráficos presentes nos Anexos XI e XII. Em alguns gráficos, especialmente das amostras EcBrA1, EcBrB1, EcBrB2 e LgAmYA, as transformações minerais puderam ser percebidas pelos patamares de perdas de massa mas que não se expressaram por picos de consumo/liberação de energia nos termogramas, fenômeno a ser investigado futuramente que pode ter causas relativas ao

equipamento ou a características das amostras. Perdas de massa que estão resumidas na Tabela 09.

Tabela 09: As temperaturas que ocorrem perdas de massa para as amostras, de acordo com os gráficos de ATD-ATG (Anexos XI e XII)

AMOSTRA	TEMPERATURAS DE OCORRÊNCIA DAS PERDAS DE MASSA (°C)				
EcBrA1		406	560	840	
EcBrA2	65	400	500	700	970
EcBrB1		405	500	860	
EcBrB2		403	500	850	
LgAmYA		403	550	875	
LgAmXB	67	400	500		960
LgCzXA	100		500		
LgCzXB	100		500		960
LgCzXC	80	300	500		970
LgCzXD	80	300	500		970

-  Perda de massa com pico endotérmico
-  Perda de massa com pico exotérmico
-  Perda de massa sem qualquer pico visível
-  Perda de massa não expressiva/visível

Visando investigar as transformações mineralógicas ocorridas nas diversas temperaturas promoveram-se ensaios de calcinação seguidos de DRX, em algumas das amostras em estudo como indicado na Tabela 10. As amostras foram previamente calcinadas em mufla por uma hora para cada temperatura.

Tabela 10 : As temperaturas em que ocorreram variações significativas de massa no ATD-ATG.

AMOSTRAS ESCOLHIDAS	TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO (°C)				
LgAmYA	-	450	550	900	-
LgCzXC	100	300	500	900	970
EcBrA2	100	410	550	700	970
EcBrB1	-	-	550	860	900

Verificou-se que para as amostras da jazida do Eucalipto a perda de água adsorvida (umidade residual) é bem visível na amostra EcBrA2 (Anexo XI) ocorrendo a aproximadamente 65°C. A perda da água estrutural (OH⁻) da caulinita ocorreu entre 400 e 500°C, bem visível também na amostra EcBrA2, e nas outras pela grande perda de massa. A aproximadamente 850-860°C houve novamente uma pequena perda de massa, que na amostra EcBrA2 ocorre um pouco antes de 700°C, representando provavelmente a perda da estrutura da metacaulinita. E apenas na amostra EcBrA2 está visível um pico exotérmico a 970°C representando a nucleação de mulita.

Para as amostras da Fazenda da Lagoa entre 65 e 80°C ocorreu uma grande perda de massa juntamente com um pico endotérmico indicando perda da água adsorvida (umidade residual) bem visível nos gráficos no Anexo XII. Entre 400 e 500°C é notável uma grande redução de massa juntamente com outro pico endotérmico representando a perda de água estrutural (OH⁻), vide Anexo XII, que para as amostras LgCzXC e LgCzXD ocorre em temperatura mais elevada 300°C. Por fim, a 970°C ocorre um pico exotérmico que representa a nucleação de mulita, não muito bem visível no Anexo XII.

10.5. DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X PARA AS AMOSTRAS CALCINADAS

Os difratogramas para as amostras calcinadas podem ser vistos no Anexo XV e XVI, e resumidamente podem ser vistas as transformações minerais ao decorrer das calcinações na Tabela 11.

Tabela 11: Temperaturas de calcinação e as modificações nas fases minerais
(Anexos XV e XVI)

AMOSTRAS	MINERAIS	TEMPERATURAS DE CALCINAÇÃO (°C)				
		100	410	550	700	970
EcBrA2	Quartzo					
	Caulinita					
	Muscovita					
	Feldspato					
		550	860	900		
EcBrB1	Quartzo					
	Caulinita					
	Muscovita					
	Titanita					
		450	550	900		
LgAmYA	Quartzo					
	Caulinita					
	Muscovita					
	Goetita					
		100	300	500	900	970
LgCzXC	Quartzo					
	Caulinita					
	Clorita					
	Feldspato					

 Mineral presente nos difratogramas

Nota-se que os silicatos como o quartzo e o feldspatos, mantiveram-se intactos em todas as temperaturas de calcinação, como também a titanita e a goetita. As micas como a clorita e a muscovita resistem até 970°C quando então são desestruturadas. A caulinita entretanto varia seu comportamento, sendo na amostra EcBrA2 não aparecendo a 410°C, mas nas demais aparece até 500°C

10.6. DOS ENSAIOS POZOLÂNICOS

Os resultados dos ensaios de pozolanicidade são apresentados por completo nos Anexos III e IV, e os resultados das amostras selecionadas para estudo tecnológico estão resumidos na Tabela 12.

Tabela 12: Resultados dos ensaios de pozolanicidade das amostras escolhidas para caracterização tecnológica.

AMOSTRAS	Temperatura de Calinação (°C)	Retido na Peneira de 325# (%)	RC 7D* (MPa)
EcBrA2	700	8,40	15,6
	900	8,50	14,6
EcBrB1	700	1,70	4,80
	800	7,80	5,00
	900	7,40	9,40
EcBrB2	700	5,60	3,05
	800	7,65	8,80
	900	9,10	10,10
LgCzXC e LgCzXD	700	7,7	12,3
	800	8,0	12,1
	900	5,0	14,3

*Resistência à Compressão a sete dias de cura.

Nota-se que os silicatos como o quartzo e o feldspatos, mantiveram-se intactos em todas as temperaturas praticadas de calcinação, como também a titanita e a goetita. As micas como a clorita e a muscovita resistem até 970°C quando então são desestruturadas. A caulinita entretanto varia seu comportamento, sendo na amostra EcBrA2 não aparecendo a 410°C, mas nas demais aparece até 500°C; em temperaturas superiores observa-se a caulinita algo estruturada (metacaulinita) com total desestruturação próximo entre 800 e 900°C.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função das variações da composição química observadas nos dois depósitos foi possível fazer agrupamentos com base nos teores de SiO₂, Al₂O₃ e K₂O, a partir do qual foram selecionadas amostras para estudos procurando representar as variações de cor e químicas além de manterem representatividade espacial nos depósitos.

De um modo geral, observou-se um excesso de sílica e baixo alumínio frente ao esperado pela estequiometria da caulinita (46,5% SiO_2 e 39,5% Al_2O_3), indicando provável presença de quartzo. Os teores de potássio são expressivos em alguns grupos de amostras sugerindo ocorrência de minerais micáceos associados, o que é fato em algumas amostras, reforçado pelos teores de magnésio mais elevados (micas magnesianas?). Os teores de ferro não se correlacionam com a coloração das amostras, existem amostras brancas com valores da ordem de 3% Fe_2O_3 , amostras amarelas da ordem de 2%, e amostras cinzas da ordem de 6%.

A separação das argilas pelo critério cor é importante, mas não deve ser único já que as argilas possuem um comportamento químico muito diversificado.

Uma parte das amostras selecionadas mostrou granulometria inferior a 222 micrômetros, sendo que as outras se mostraram com grãos abaixo de 100 micrômetros. Sendo que as primeiras invariavelmente tiveram distribuição tri-modal de valores 0,4; 17; e 300 micrômetros e as últimas distribuições log-normal simétrica com d50 aproximado de 15 micrômetros para a área do Eucalipto e d50 entre 10 e 22 micrômetros para a Fazenda da Lagoa. A granulometria das amostras parece não guardar correlação com a composição química, mesmo no que se relaciona a indicação de presença de quartzo.

Para os dois depósitos estudados a mineralogia dos maiores constituintes foi semelhante: caulinita e quartzo, sendo que em ambos ocorre muscovita associada, seja como maior, menor ou traço e ortoclásio idem, com maior frequência na Fazenda da Lagoa. Pela difração de raios x foi detectada presença de clorita nas amostras da Fazenda, justificando o magnésio associado, e embora também ocorram teores significativos de MgO no Eucalipto a difração não acusou um mineral específico portador.

Pode-se dizer a respeito das transformações minerais que a caulinita inicia a sua desestruturação a 450°C e se desestrutura totalmente 550°C, enquanto que as micas resistem até 970°C, quando também se desestruturam. Sendo a 970°C o possível início da nucleação de mulita.

A partir dos resultados do DRX e ATD-ATG a temperatura de ativação térmica seria a partir de 600°C, fato que não é observado nos resultados dos ensaios de pozolanicidade com algumas amostras apresentando melhores resultados a temperaturas de 800 e 900°C, em estágios avançados a finais de desestruturação da caulinita. Ou seja, o uso de ATD-ATG para ambos os depósitos como método de definição das temperaturas de ativação térmica não se mostrou como ferramenta eficiente.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1991. Cimento Portland Comum NBR 5732/1991. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1991. Cimento Portland Composto NBR 11578/1991. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1992. Cimento Portland Pozolânico – Determinação da pozzolanicidade NBR 5753/1992. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1992. Materiais Pozolânicos NBR 12653/1992. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 1996. Cimento Portland – Determinação da resistência à Compressão NBR 7215/1996. 8p.

DÉSIR, J.M.; ALEXANDRE, J.; CASTRO, A. M. 2001. Estudo da Atividade Pozolânica da Metacaulinita. 45º Cong. Bras. Cerâmica. Maio a Junho-2001. Florianópolis-SC. *Anais...*, 0200801-0200809p.

FAVA, N.; TORRES, M. G.; LENHARO, S. L. R.; MARTINS, E. S.; BOAVENTURA, G. R.; GASPAR, J.C. 1999. Caracterização e Quantificação de Argilo-minerais por Difractometria de Raios X e Termogravimetria. 5º Congresso Brasileiro de Cimento. Novembro-1999. *Anais...*, 1-15p.

PINHO, D. 2002. Avaliação tecnológica de finos de mineração de areia para aplicação como pozolanas. Relatório de Iniciação Científica – FAPESP. Orient. Profª. Dr. Lilia Mascarenhas Sant'Agostino. 69p.

HE, C.; MAKOVICKY, E.; OSBÆCK, B. 1994. Thermal stability and pozzolanic activity of calcined kaolin. *Appl. Clay Sci.* 9 (3), p.165-187.

HE, C.; MAKOVICKY, E.; OSBÆCK, B. 1995. Thermal stability and pozzolanic activity of calcined illite. *Appl. Clay Sci.* 9(5), p.337-354.

HE, C.; MAKOVICKY, E.; OSBÆCK, B. 2000. Thermal stability and pozzolanic activity of raw and calcined mixed-layer mica/smectite. *Appl. Clay Sci.* 17(2000), p.141-161.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. 1994 "Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais". Ed. Pini, São Paulo.

MONTANHEIRO, T. J. 1999. Prospecção e caracterização de pozolanas na Bacia do Paraná, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo, IGc-USP. 226p.

SAITO, M. M. 2002. O potencial de aplicação de estéril da mineração de areia, em Mogi das Cruzes (SP), como matéria-prima cerâmica e pozolânica. Dissertação de Mestrado. IGc-USP. 172p.

SIMÕES, L. S. A. 1995. Evolução tectonometamórfica da Nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais. Tese de Doutorado. IGc-USP. 149p.

VALERIANO, C. M. 1992. Evolução tectônica da extremidade meridional da Faixa Brasília, região da represa de Furnas, sudoeste de Minas Gerais. Tese de Doutorado. IGc-USP. 192p.

ZAMPIERI, V. A. 1989. Mineralogia e mecanismos de ativação e reação das pozolanas de argilas calcinadas. Dissertação de Mestrado. IGc-USP. 191p.

ANEXOS

ANEXO I – Resultados das Análises Químicas por Fluorescência de Raios X da Jazida do Eucalipto

FURO	DE (m)	ATE (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	PF	COR DA ARGILA
H0	5,5	17	64,4	20,9	2,28	0,37	1,77	5,11	0,15	0,05	4,77	BRANCA
F0	9	20	65,5	20,6	2,17	0,46	1,68	5,04	0,21	0,03	4,14	BRANCA
D8	5	7	45,8	35,07	3,16	0,64	0,2	0,72	0,01	0,1	14,1	BRANCA
D8	10	19	51,2	33,1	2,24	0,96	0,18	0,76	<0,01	0,14	11,3	BRANCA
J8	0	10	47,3	23,04	9,91	4,29	0,33	1,47	0,02	0,21	13,23	BRANCA
L0	2	7	51,26	30,29	2,97	3,02	0,32	1,76	0,06	0,1	10,02	BRANCA
J0	2,5	5	63,14	19,69	3,62	0,77	0,66	4,73	0,14	0,2	6,85	BRANCA
J0	5	9,5	62,83	21,12	2,86	0,6	0,74	5,18	0,12	0,05	6,3	BRANCA
H10	0	3,5	51,03	32,24	2,72	0,38	0,15	0,83	0,08	0,13	12,24	BRANCA
H2	10	16	62,73	21,66	2,47	0,6	0,7	4,87	0,09	0,08	6,6	BRANCA
H2	16	18	68,41	18,17	2,67	0,3	0,63	4,38	0,1	0,03	5,11	BRANCA
D4	6	12	52,45	29,98	2,13	4,59	0,24	0,92	0,02	0,27		BRANCA
D4	12	15	57,05	26,18	2,07	9,93	0,28	1,1	0,03	0,98		BRANCA
D4	15	20	61,54	22,77	2,1	3,11	0,62	3,75	0,04	0,16		BRANCA
F2	15	20	54,51	28,05	2,3	4,57	0,35	1,82	0	0,22		BRANCA
L4	6,5	11	47,73	32,4	3,92	1,68	0,19	0,83	0,03	0,1		BRANCA
L4	11	13	49,53	33,24	2,52	0,81	0,21	0,93	0,05	0,1		BRANCA
L4	17	20	48,96	32,68	3,36	0,95	0,2	0,88	0,04	0,06		BRANCA
H4	12	15	54,07	29,63	2,24	0,71	0,31	1,81	0,03	0,13		BRANCA
H12	0	2	51,02	31,2	3,22	0,56	0,17	0,86	0,1	0,08		BRANCA
H12	2	5,5	51	30,82	3,53	0,51	0,16	0,8	0,01	0,11		BRANCA
F4	14	20	56,88	23,56	3,94	0,61	0,54	3,43	0,01	0,09		BRANCA
J4	16	20	60,74	23,52	2,37	0,41	0,64	4,39	0,1	0,06		BRANCA
F10	0	12	51,22	32,45	35	1,17	0,16	0,77	0,01	0,13		BRANCA
L0	7	9	74,73	16,4	2,43	0,61	0,34	1,97	0,03	0,05	3,24	BRANCA



Amostras escolhidas

ANEXO II - Resultados das Análises Químicas por Fluorescência de Raios X da Fazenda da Lagoa

FURO	DE (m)	ATE (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	COR DA ARGILA
100E/900N	7	8	44,7	19,21	17,79	0,43	0,62	1,5	0,14	0,03	AMARELA
100E/900N	8	9	45,32	19,2	16,82	0,4	0,64	1,74	0,14	0,09	AMARELA
000/200W	14	15	51,31	23,06	9,55	0,35	0,48	1,55	0,03	0,06	AMARELA
000/200N	16	18	60,8	23,3	2,80	0,36	0,47	1,35	<0,06	0,10	AMARELA
200W/400N	6	7	58,44	15,67	13,16	0,35	0,91	3,85	0,13	0,03	AMARELA
100W/900N	4	5	52,18	23,27	6,11	0,36	1,2	4,52	0,07	0,03	AMARELA
200W/400N	3	5	52,2	20,7	9,41	0,39	1,23	4,86	0,12	0,02	AMARELA
200W/400N	5	6	54,02	18,01	11,51	0,37	1,16	4,81	0,14	0,03	AMARELA
200W/400N	8	9	53,6	18,64	11,56	0,32	1,2	4,89	0,14	0,01	AMARELA
200W/400N	7	8	51,77	19,9	10,61	0,35	1,2	5,05	0,14	0,03	AMARELA
100W/900N	5	6	51,46	21,82	8,66	0,35	1,17	4,66	0,1	nd	AMARELA
100W/900N	6	7	53,01	19,46	10,53	0,36	1,15	4,46	0,11	0,02	AMARELA
100W/900N	7	8	57,96	17,47	10,84	0,34	1,09	3,92	0,1	0,01	AMARELA
100W/900N	8	9	58,32	18,18	10,1	0,37	1,06	3,73	0,09	0,04	AMARELA
100E/100S	3	8	53,9	27,0	2,36	0,34	0,43	1,05	<0,05	0,05	CINZA
000/200W	6	7	51,16	27,65	3,03	0,35	0,54	1,46	<0,03	0,03	CINZA
000/200W	7	8	51,41	27,67	2,78	0,35	0,53	1,34	<0,03	0,04	CINZA
000/200W	8	9	55,32	26,22	2,64	0,35	0,48	1,33	<0,05	0,05	CINZA
000/200W	9	10	54,54	26,2	2,55	0,41	0,6	1,79	<0,04	0,04	CINZA
000/200W	10	11	54,42	26,69	2,22	0,38	0,54	1,59	<0,05	0,06	CINZA
000/200W	11	12	51,44	28,27	2,31	0,34	0,47	1,37	<0,05	0,04	CINZA
000/200W	12	13	52,48	27,53	2,56	0,35	0,5	1,49	<0,04	0,05	CINZA
200E/400N	2	3	49,56	28,43	2,88	0,4	0,61	1,56	<0,02	0,09	CINZA
200E/400N	3	4	56,2	27,61	3,13	0,38	0,81	2,11	<0,02	0,05	CINZA
000/200W	5	6	51,26	27,22	3,67	0,35	0,47	1,17	<0,04	0,03	CINZA
000/200W	13	14	52,31	26,43	4,23	0,34	0,56	1,57	<0,02	0,05	CINZA
000/200W	4	5	50,62	26,12	5,29	0,37	0,46	1,15	<0,01	0,04	CINZA
200E/400N	4	5	59,45	24,46	5,56	0,38	0,65	1,63	nd	0,07	CINZA
100W/900N	2	4	50,8	24,8	6,41	0,40	0,58	1,49	nd	0,06	CINZA CLARA
000/900N	6	7	54,47	30,58	2,18	0,36	0,63	1,23	<0,04	0,1	CINZA CLARA
100W/600N	3	4	55,49	25,57	2,55	0,47	0,57	1,46	<0,04	0,08	CINZA CLARA
100W/600N	4	5	54,15	25,97	3,01	0,47	0,61	1,52	<0,04	0,04	CINZA CLARA
100W/600N	6	7	54,96	25,45	3,09	0,49	0,58	1,27	<0,03	0,06	CINZA CLARA
100W/600N	1	2	50,68	27	3,38	0,43	0,48	1,03	<0,04	0,05	CINZA CLARA
100W/600N	2	3	52,05	26,28	4,1	0,44	0,56	1,28	<0,02	0,03	CINZA CLARA
00/900N	5	6	57,64	27,3	3,54	0,48	0,67	1,13	<0,03	0,09	CINZA CLARA
00/900N	7	8	57,19	29,5	2,24	0,36	0,63	1,24	<0,05	0,07	CINZA CLARA
00/900N	8	9	56,91	29,42	2,34	0,35	0,61	1,26	<0,04	0,08	CINZA CLARA
200E/400N	1	2	57,18	29,02	2,62	0,4	0,56	1,29	<0,04	0,09	CINZA CLARA
00/900N	9	10	57,04	29,38	2,24	0,35	0,67	1,52	<0,04	0,06	CINZA CLARA
00/900N	10	11	56,28	29,22	2,56	0,35	0,69	1,6	<0,03	0,07	CINZA CLARA
000/200N	15	16	59,13	24,23	2,48	0,38	0,47	1,3	<0,06	0,07	CINZA CLARA
100W/600N	5	6	59,94	22,91	3,39	0,45	0,58	1,38	<0,03	0,09	CINZA CLARA
100W/600N	7	8	58,98	23,36	3,41	0,49	0,53	1,29	<0,04	0,1	CINZA CLARA
100W/600N	8	9	59,42	23,89	2,56	0,48	0,53	1,23	<0,05	0,14	CINZA CLARA
100W/600N	9	10	65,54	21,35	2,37	0,46	0,5	1,33	<0,06	0,07	CINZA CLARA
100W/600N	10	11	62	22,49	2,66	0,48	0,67	1,64	<0,03	0,04	CINZA CLARA
100W/900N	0	2	54,7	24,3	4,97	0,45	0,47	0,93	<0,03	0,09	CINZA ESCURA



Amostras Escolhidas

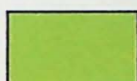
ANEXO III – Resultados dos Ensaios de Pozolanicidade e Resistência a Compressão Para as Amostras da Jazida do Eucalipto

FURO	DE (m)	ATE (m)	T CALC (°C)	-325# (%)	M ESP (%)	H2O (g)	RC 7D (MPa)	COR DA ARGILA
H0	5,5	14	700	4,4	2,64	167	3,8	BRANCA
			800	5,7	2,63	169	8,4	BRANCA
			900	9,4	2,63	167	11	BRANCA
H0	14	17	700	6,7	2,63	170	2,3	BRANCA
			800	9,6	2,66	168	9,2	BRANCA
			900	8,8	2,65	165	10,6	BRANCA
F0	9	20	700	1,7	2,61	228	4,8	BRANCA
			800	7,8	2,61	221	5	BRANCA
			900	7,4	2,63	197	9,4	BRANCA
D8	7	10	700	10,0	2,56	162	8,1	BRANCA
			800	6,1	2,66	170	13,8	BRANCA
			900	8,0	2,61	161	17	BRANCA
D8	10	19	700	8,4	2,58	284	15,6	BRANCA
			800					BRANCA
			900	8,5	2,67	266	14,6	BRANCA
L0	2	9	700	10,5	2,64	269	8,7	BRANCA
			800	8,4	2,64	267	7,7	BRANCA
			900	9,3	2,63	255	11,3	BRANCA
J0	5	9,5	700	4,0	2,58	169	4,3	BRANCA
			800	4,5	2,58	166	5,5	BRANCA
			900	4,0	2,62	167	11,3	BRANCA
H10	0	3,5	700	8,8	2,54	282	16,4	BRANCA
			800	8,5	2,53	267	14,3	BRANCA
			900	10,0	2,54	256	12,7	BRANCA
H2	10	18	700	2,4	2,59	165	4,7	BRANCA
			800	5,3	2,61	169	7,1	BRANCA
			900	10,2	2,64	163	10,2	BRANCA
D4	6	20	700	7,5		266	9,5	BRANCA
			800	7,0	2,61	244	12,5	BRANCA
			900	7,3	2,60	222	11,3	BRANCA
F2	15	20	700	5,6	2,56	295	11,4	BRANCA
			800	5,5	2,68	290	11,8	BRANCA
			900					BRANCA
H6	17	20	700	1,1	2,65	190	0	BRANCA
			800	10,0	2,68	188	0	BRANCA
			900	10,5	2,67	186	1,3	BRANCA
H4	12	17	700	9,0	2,59	263	8,1	BRANCA
			800	9,8	2,58	262	11,6	BRANCA
			900	7,5	2,64	257	11,2	BRANCA
F4	14	20	700		2,62	254	8,8	BRANCA
			800	5,5	2,65	239	12	BRANCA
			900	6,1	2,65	220	14,2	BRANCA
J4	16	20	700	2,5	2,65	238	5,5	BRANCA
			800	8,0	2,62	234	5,6	BRANCA
			900	8,0	2,62	228	7,2	BRANCA
F8	4	8,5	700	5,5	2,55	284	18,3	BRANCA
			800	5,0	2,74	276	18,8	BRANCA
			900	5,0	2,70	243	13	BRANCA
F10	12	17,5	700	7,0	2,55	288	10,9	BRANCA
			800	6,0	2,66	270	15,7	BRANCA
			900	7,5	2,69	248	13,3	BRANCA

ANEXO IV – Resultados dos Ensaios de Pozolanicidade e Resistência a Compressão Para as Amostras da Fazenda da Lagoa

FURO	DE(m)	ATÉ(m)	T CALC (°C)	-325# (%)	M ESP (g)	H2O (%)	RC 7D (Mpa)	COR DA ARGILA
000/600N	1,00	2,00	900	6,2	2,64	267,0	11,5	CINZA
100E/400N	0,00	1,00	900	6,6	2,60	238,0	11,1	CINZA
100E/400N	2,00	3,00	900	11,9	2,62	237,0	5,2	CINZA
100E/400N	3,00	4,00	900	6,1	2,60	257,0	12,0	CINZA
100E/400N	4,00	5,00	900	2,1	2,76	254,0	12,0	CINZA
100E/400N	5,00	6,00	900	1,9	2,68	258,0	9,2	CINZA
100E/400N	6,00	7,00	900	3,0	2,66	267,0	11,0	CINZA
00/100W	0,00	1,00	900	7,7	2,62	238,0	10,9	CINZA
00/100W	4,00	5,00	900	2,6	2,64	228,0	11,7	CINZA
000/200N	0,00	1,00	900	3,8	2,56	229,0	11,0	CINZA
100E/100S	3,00	8,00						CINZA
000/000	0,00	1,00	900	6,9	2,59	234,0	11,4	CINZA CLARA
000/000	1,00	2,00	900	9,0	2,59	239,0	11,8	CINZA CLARA
000/000	2,00	3,00	900	2,4	2,62	25,9	12,0	CINZA CLARA
000/000	3,00	4,00	900	9,9	2,59	262,5	10,9	CINZA CLARA
000/000	4,00	5,00	900	1,6	2,63	251,5	11,9	CINZA CLARA
000/000	5,00	6,00	900	0,9	2,60	243,0	11,9	CINZA CLARA
000/000	6,00	7,00	900	7,9	2,58	257,0	9,8	CINZA CLARA
000/000	7,00	8,00	900	0,5	2,52	238,0	12,1	CINZA CLARA
000/200N	1,00	2,00						CINZA CLARA
000/200N	2,00	3,00	900	11,5	2,59	231,0	10,4	CINZA CLARA
000/200N	3,00	4,00	900	4,4	2,59	232,0	11,6	CINZA CLARA
000/200N	4,00	5,00	900	8,5	2,55	233,5	11,5	CINZA CLARA
000/200N	5,00	6,00	900	10,6	2,59	234,5	12,0	CINZA CLARA
000/200N	6,00	7,00	900	11,7	2,61	233,0	11,5	CINZA CLARA
000/200N	7,00	8,00	900	4,3	2,55	227,0	12,0	CINZA CLARA
000/200N	8,00	9,00	900	9,5	2,61	228,0	11,5	CINZA CLARA
000/200N	9,00	10,00	900	8,7	2,61	224,0	11,0	CINZA CLARA
000/200N	10,00	11,00	900	9,1	2,61	228,0	9,8	CINZA CLARA
000/200N	11,00	12,00	900	7,8	2,57	224,0	11,8	CINZA CLARA
000/200N	12,00	13,00	900	6,6	2,61	222,5	11,4	CINZA CLARA
000/200N	13,00	14,00	900	6,6	2,61	230,5	11,0	CINZA CLARA
000/200N	14,00	15,00	900	5,5	2,60	228,5	12,0	CINZA CLARA
000/200N	15,00	16,00						CINZA CLARA
00/400N	0,00	1,00	900	7,5	2,59	241,0	11,0	CINZA CLARA
00/400N	1,00	2,00	900	8,4	2,58	240,0	11,7	CINZA CLARA
00/400N	2,00	3,00	900	5,0	2,59	239,0	11,6	CINZA CLARA
00/400N	3,00	4,00	900	6,9	2,58	26,1	11,6	CINZA CLARA
00/400N	4,00	5,00	900	7,1	2,62	25,8	10,9	CINZA CLARA
00/400N	5,00	6,00	900	11,6	2,62	244,0	12,0	CINZA CLARA
00/400N	6,00	7,00	900	9,2	2,63	238,0	11,9	CINZA CLARA
00/400N	7,00	8,00	900	9,7	2,62	240,0	11,6	CINZA CLARA
00/400N	8,00	9,00	900	8,5	2,62	240,0	11,9	CINZA CLARA
00/400N	9,00	10,00	900	7,3	2,62	238,0	11,8	CINZA CLARA
00/400N	10,00	11,00						CINZA CLARA
00/400N	11,00	12,00	900	6,4	2,58	238,0	11,7	CINZA CLARA
00/400N	12,00	13,00						CINZA CLARA
000/600N	0,00	1,00						CINZA CLARA
000/600N	2,00	3,00	900	5,9	2,58	268,0	11,0	CINZA CLARA
000/600N	3,00	4,00	900	6,1	2,56	276,0	11,4	CINZA CLARA
000/600N	4,00	5,00	900	3,0	2,61	283,0	11,5	CINZA CLARA
000/600N	5,00	6,00	900	9,9	2,60	260,0	12,0	CINZA CLARA
000/600N	6,00	7,00	900	10,4	2,59	262,0	11,5	CINZA CLARA
000/600N	7,00	8,00	900	7,6	2,57	257,0	9,5	CINZA CLARA
000/600N	8,00	9,00	900	9,7	2,59	259,0	10,1	CINZA CLARA

000/600N	9,00	10,00	900	9,1	2,63	260,0	11,3	CINZA CLARA
000/600N	10,00	11,00	900	9,6	2,60	260,0	10,0	CINZA CLARA
000/600N	11,00	12,00	900	9,6	2,59	260,0	9,0	CINZA CLARA
000/600N	12,00	13,00	900	6,0	2,60	258,0	11,0	CINZA CLARA
000/600N	13,00	14,00	900	7,8	2,60	253,0	8,8	CINZA CLARA
000/600N	14,00	15,00	900	6,8	2,68	251,0	11,3	CINZA CLARA
000/600N	15,00	16,00	900	8,6	2,71	250,0	10,1	CINZA CLARA
000/600N	16,00	17,00	900	5,1	2,73	252,0	10,0	CINZA CLARA
100W/600N	5,00	11,00						CINZA CLARA
100E/400N	1,00	2,00	900	5,0	2,62	239,0	10,3	CINZA CLARA
00/100W	1,00	2,00	900	4,9	2,63	240,0	12,0	CINZA CLARA
00/100W	2,00	3,00	900	5,2	2,59	265,0	11,8	CINZA CLARA
00/100W	3,00	4,00	900	4,1	2,65	221,0	12,1	CINZA CLARA
000/100S	0,00	1,00	900	6,2	2,58	250,0	12,0	CINZA CLARA
000/100S	1,00	2,00	900	8,2	2,60	248,0	11,5	CINZA CLARA
000/100S	3,00	4,00	900	6,8	2,63	247,0	12,0	CINZA CLARA
000/100S	4,00	5,00	900	7,9	2,56	235,0	9,4	CINZA CLARA
000/100S	5,00	6,00	900	9,0	2,59	259,0	8,5	CINZA CLARA
000/100S	7,00	8,00	900	6,7	2,63	240,0	9,7	CINZA CLARA
100W/900N	0,00	2,00						CINZA ESCURA
100W/900N	2,00	4,00						CINZA CLARA



Amostras Escolhidas

T CALC = Temperatura de Calcinação

-325# = Porcentagem Retida na Peneira de 325#

M ESP = Massa Específica

H2O = Água na Consistência da Argamassa de Cimento

RC 7D = Resistência a Compressão à sete dias de Cura.

ANEXO V – Gráficos Ternários SiO_2 x Al_2O_3 x K_2O para as Amostras das Jazidas do Eucalipto e Fazenda da Lagoa

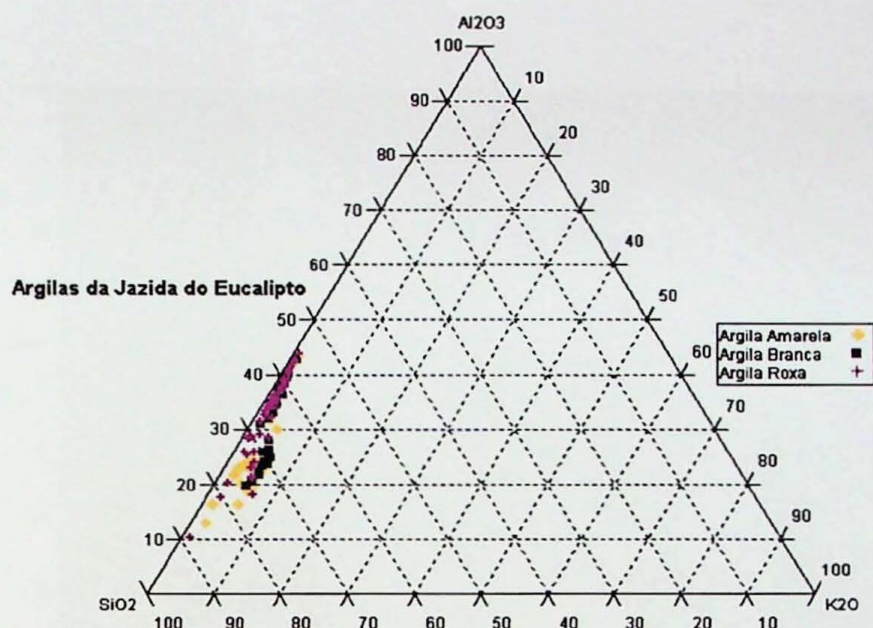


Gráfico 1: Argila Branca da Jazida do Eucalipto,

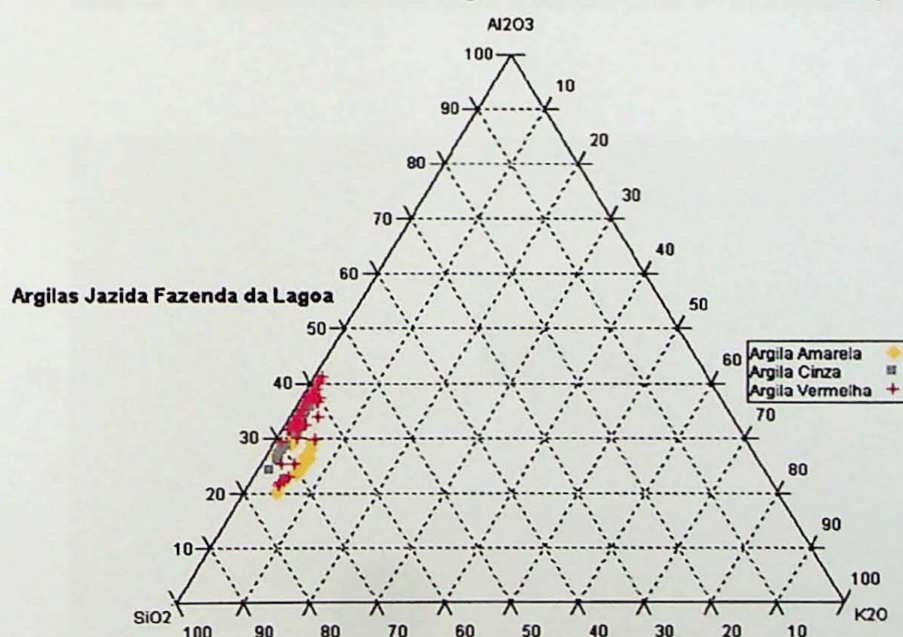


Gráfico 2: Argila Amarela e Cinza da Jazida Fazenda da Lagoa,

ANEXO VI – Gráficos de Correlação das Análises Químicas para as amostras da Jazida do Eucalipto

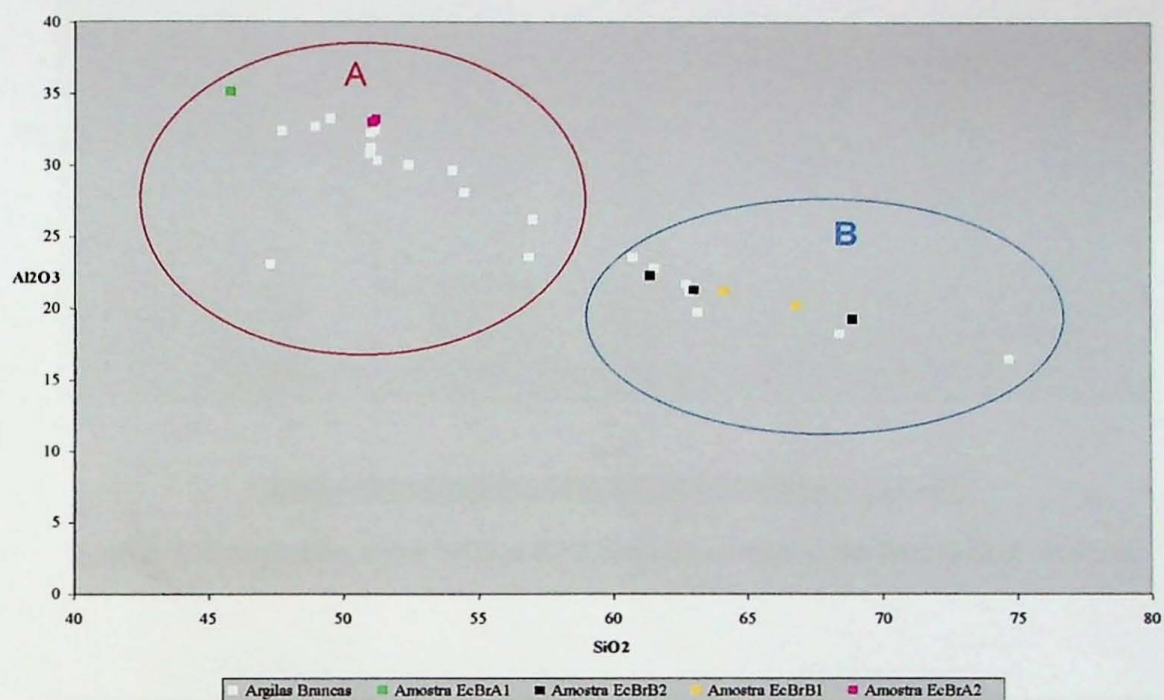


Gráfico 3: Correlação entre SiO_2 e Al_2O_3 para as amostras da Jazida do Eucalipto,

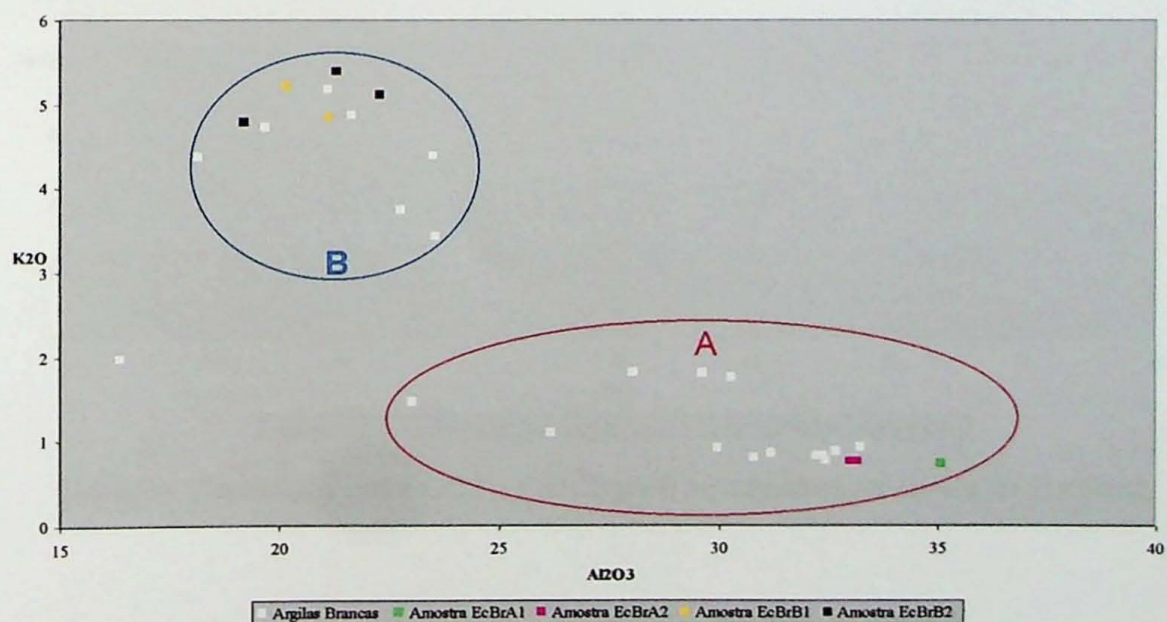


Gráfico 4: Correlação entre K_2O e Al_2O_3 para as amostras da Jazida do Eucalipto,

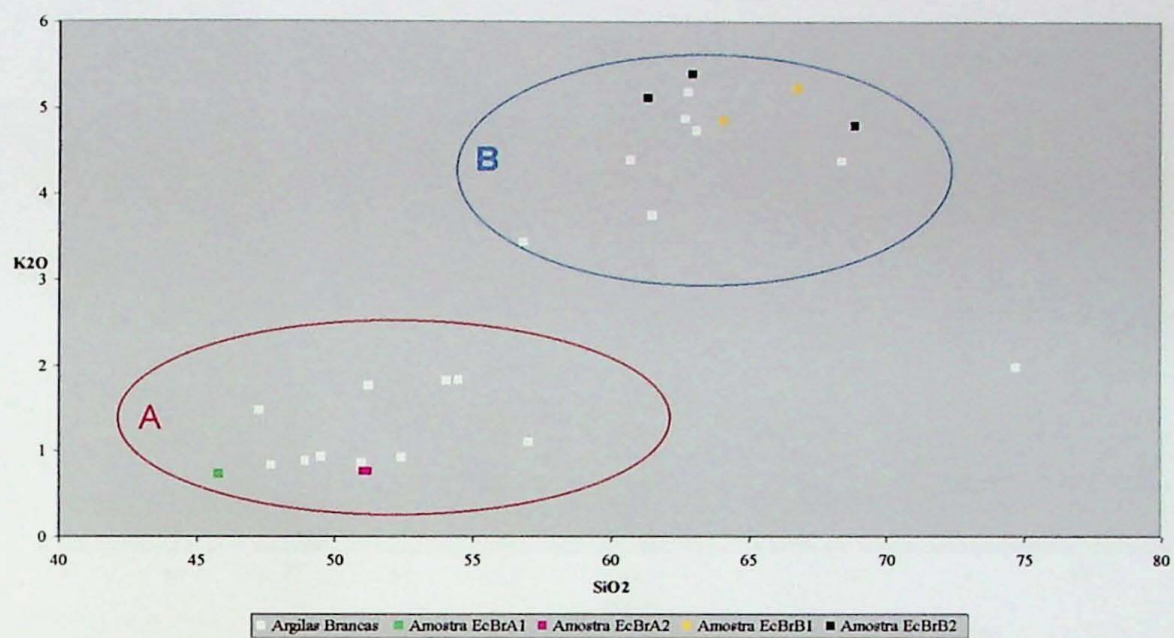


Gráfico 5: Correlação entre SiO₂ e K₂O para as amostras da Jazida do Eucalipto,

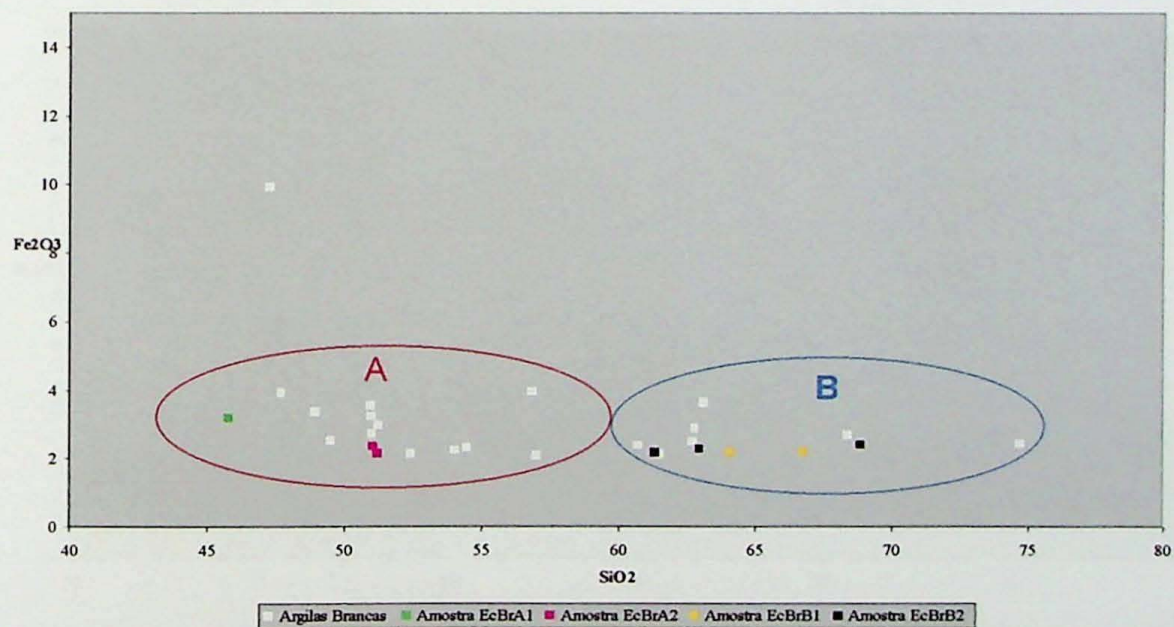


Gráfico 6: Correlação entre SiO₂ e Fe₂O₃ para as amostras da Jazida do Eucalipto,

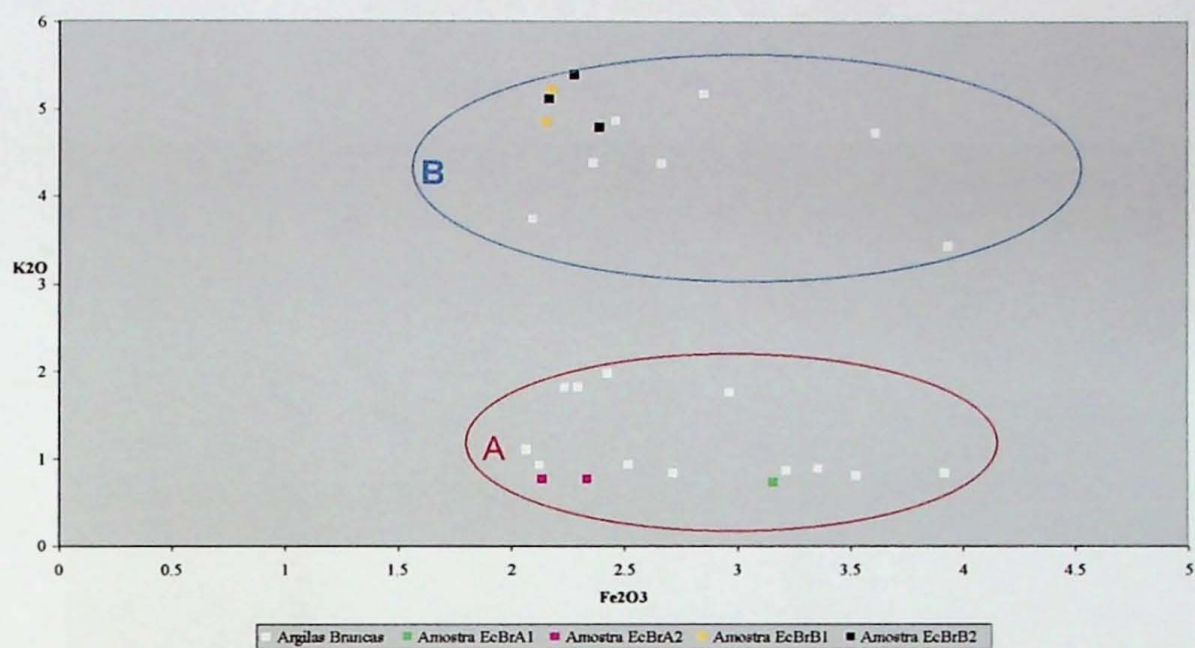


Gráfico 7: Correlação entre Fe_2O_3 e K_2O para as amostras da Jazida do Eucalipto,

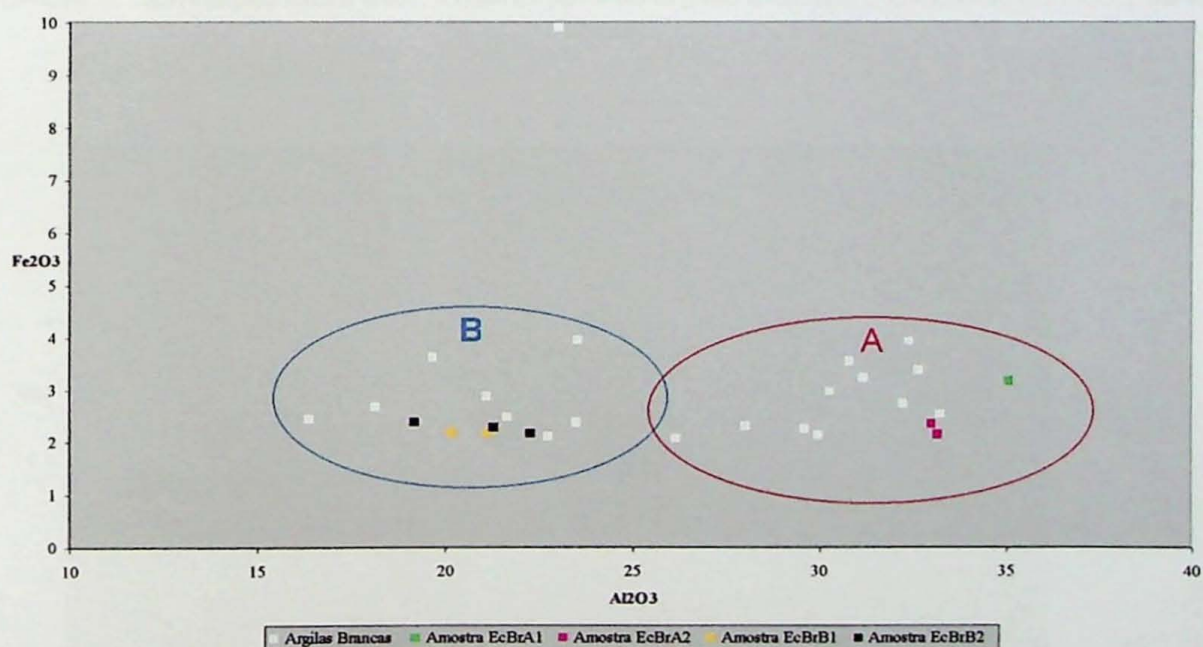


Gráfico 8: Correlação entre Fe_2O_3 e Al_2O_3 para as amostras da Jazida do Eucalipto,

ANEXO VII – Gráficos de Correlação das Análises Químicas para as Amostras da Fazenda da Lagoa

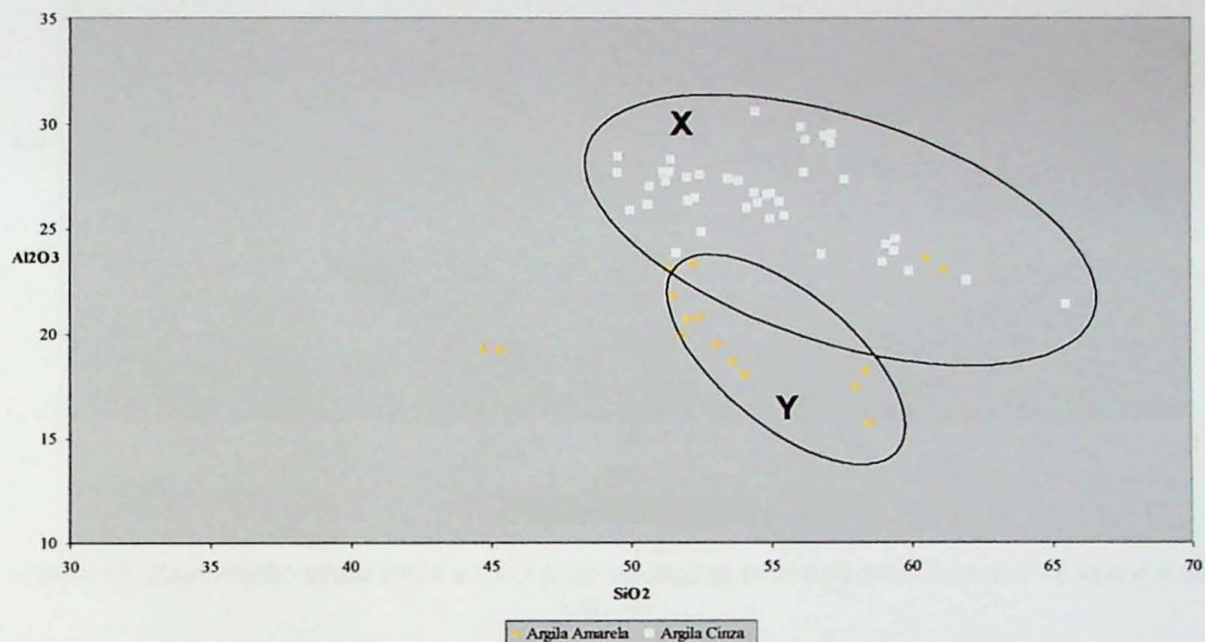


Gráfico 9: Correlação entre SiO_2 x Al_2O_3 para as argilas brancas e amarelas da Fazenda da Lagoa,

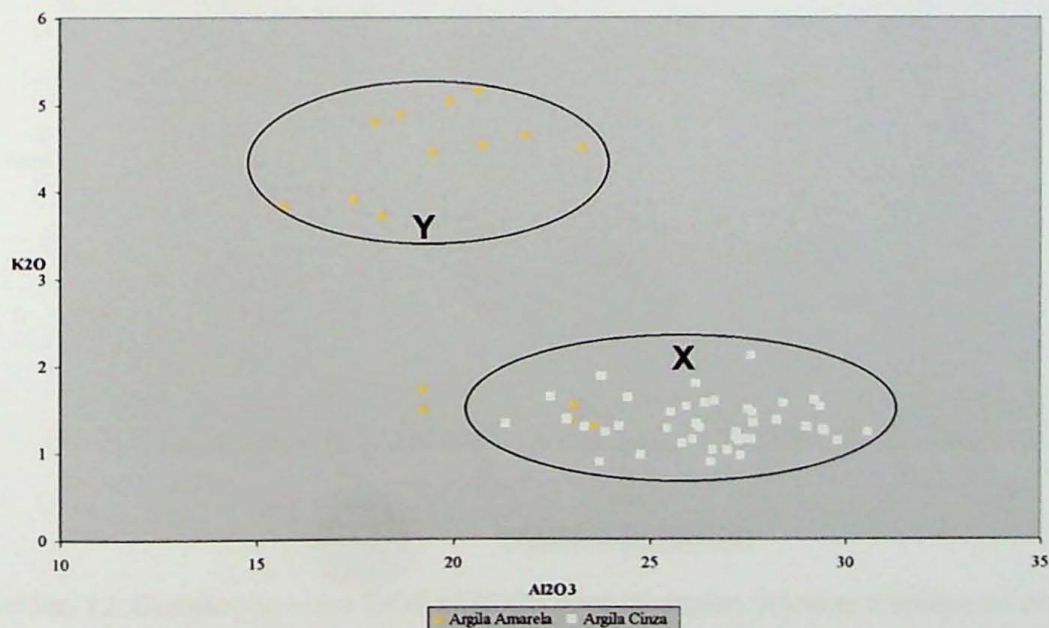


Gráfico 10: Correlação entre Al_2O_3 x K_2O para as argilas brancas e amarelas da Fazenda da Lagoa,

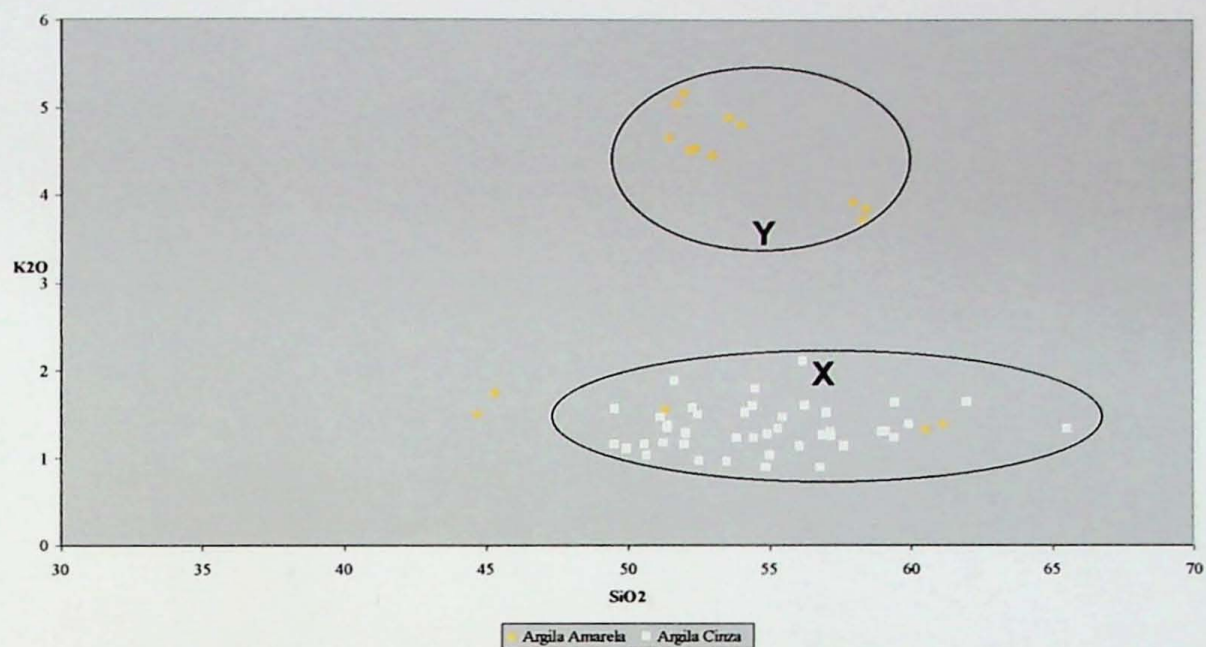


Gráfico 11: Correlação entre SiO_2 x K_2O para as argilas brancas e amarelas da Fazenda da Lagoa,

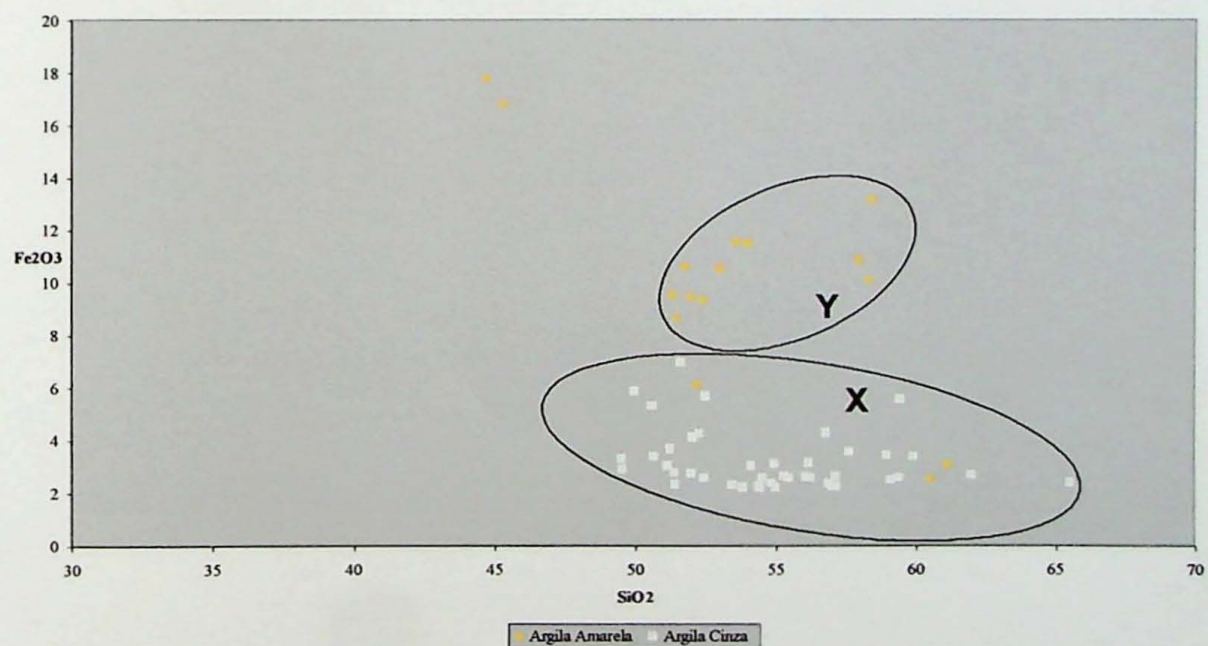


Gráfico 12: Correlação entre SiO_2 x Fe_2O_3 para as argilas brancas e amarelas da Fazenda da Lagoa,

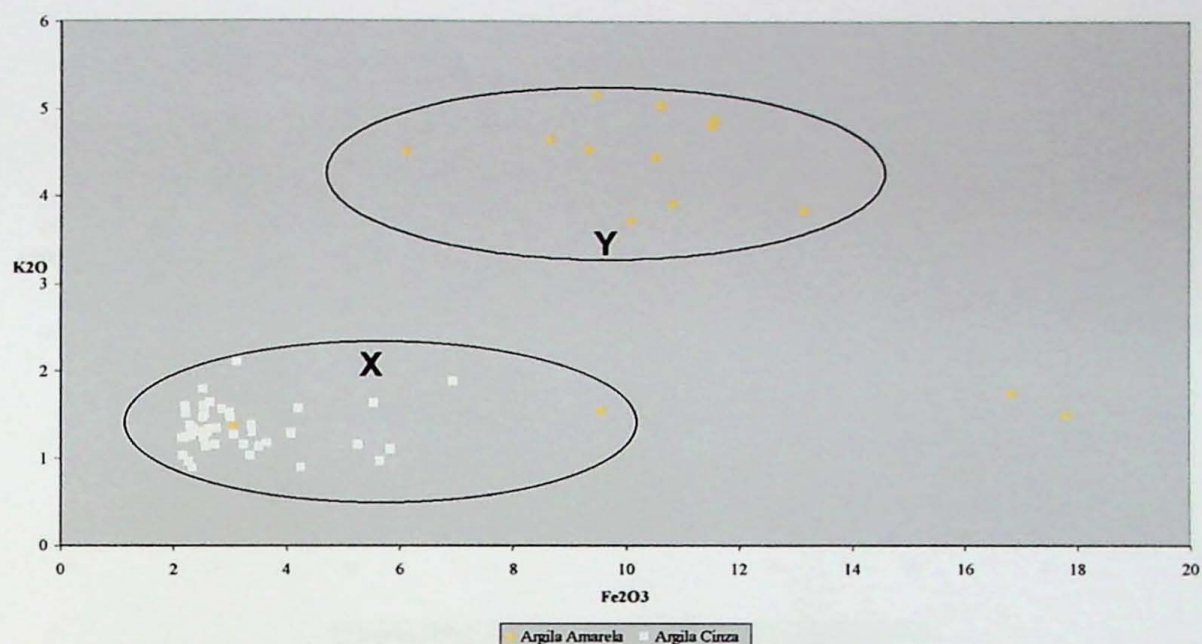


Gráfico 13: Correlação entre Fe_2O_3 x K_2O para as argilas brancas e amarelas da Fazenda da Lagoa,

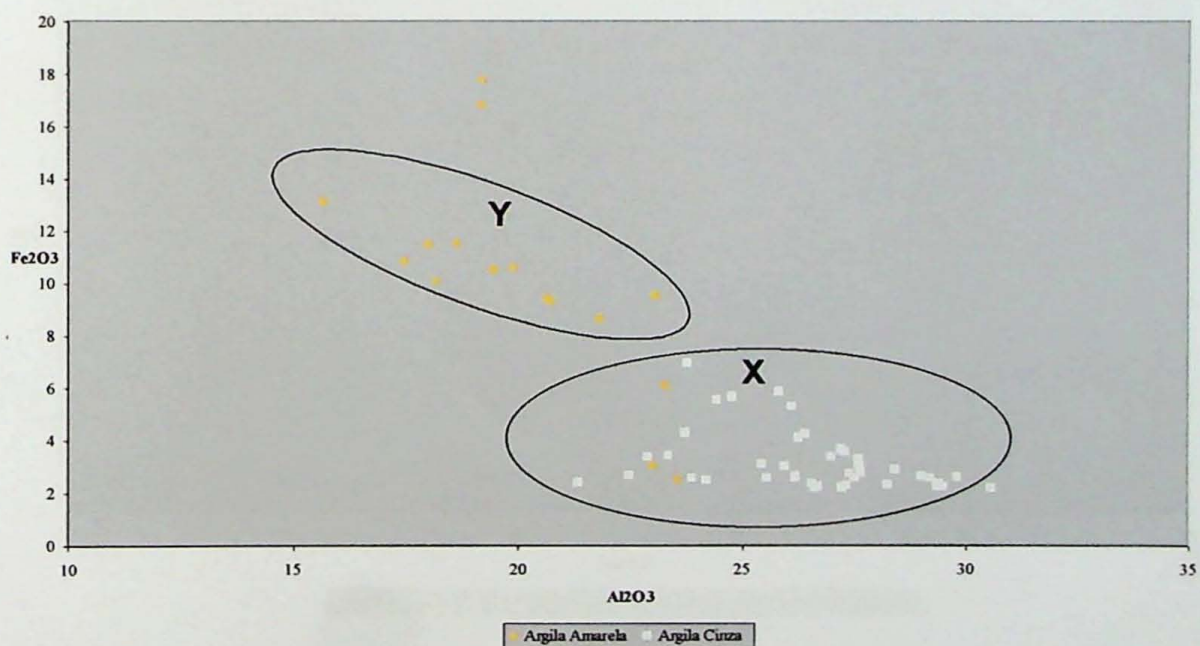


Gráfico 14: Correlação entre Al_2O_3 x Fe_2O_3 para as argilas brancas e amarelas da Fazenda da Lagoa,

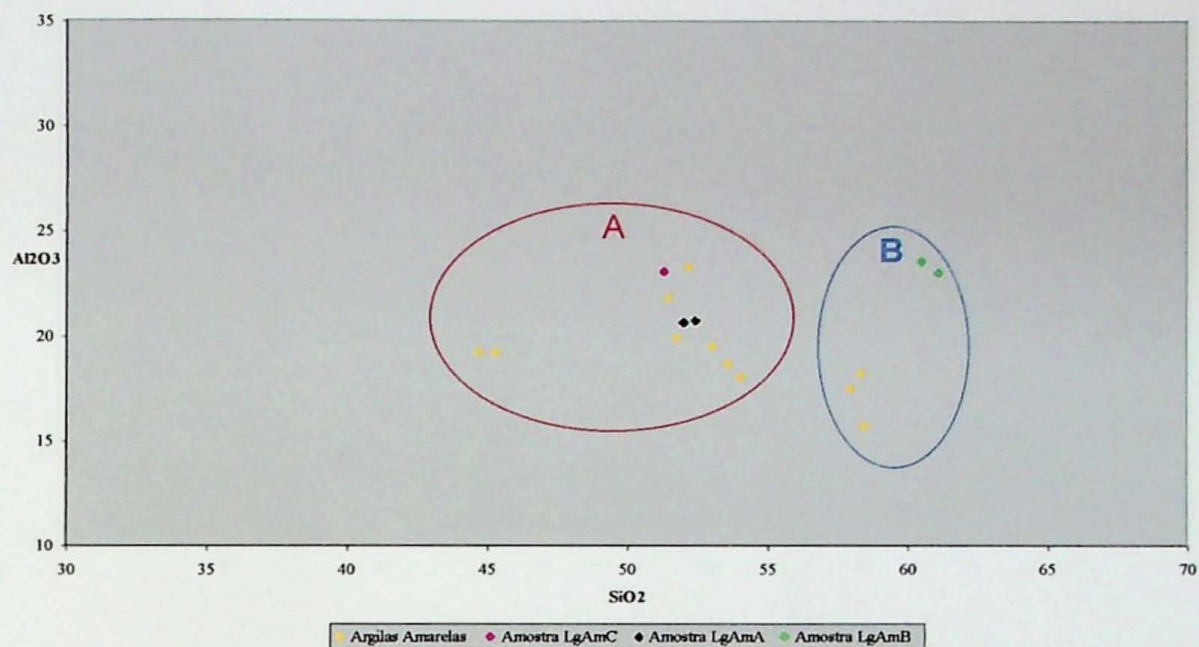


Gráfico 15: Correlação entre SiO_2 x Al_2O_3 para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa,

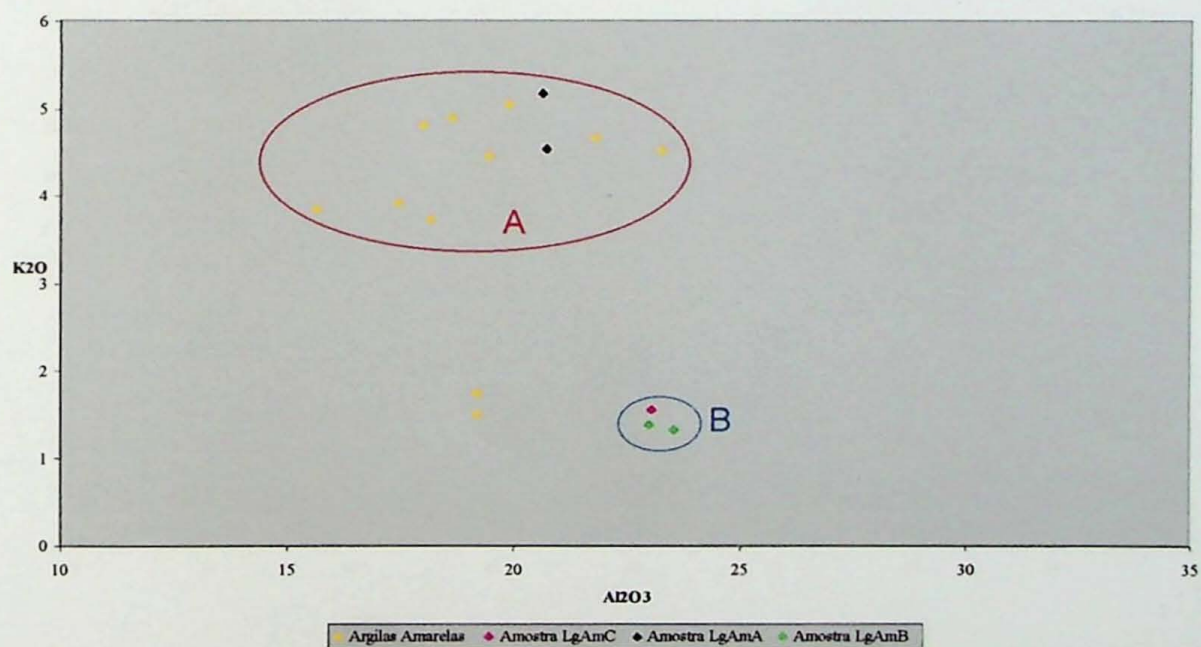


Gráfico 16: Correlação entre Al_2O_3 x K_2O para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa,

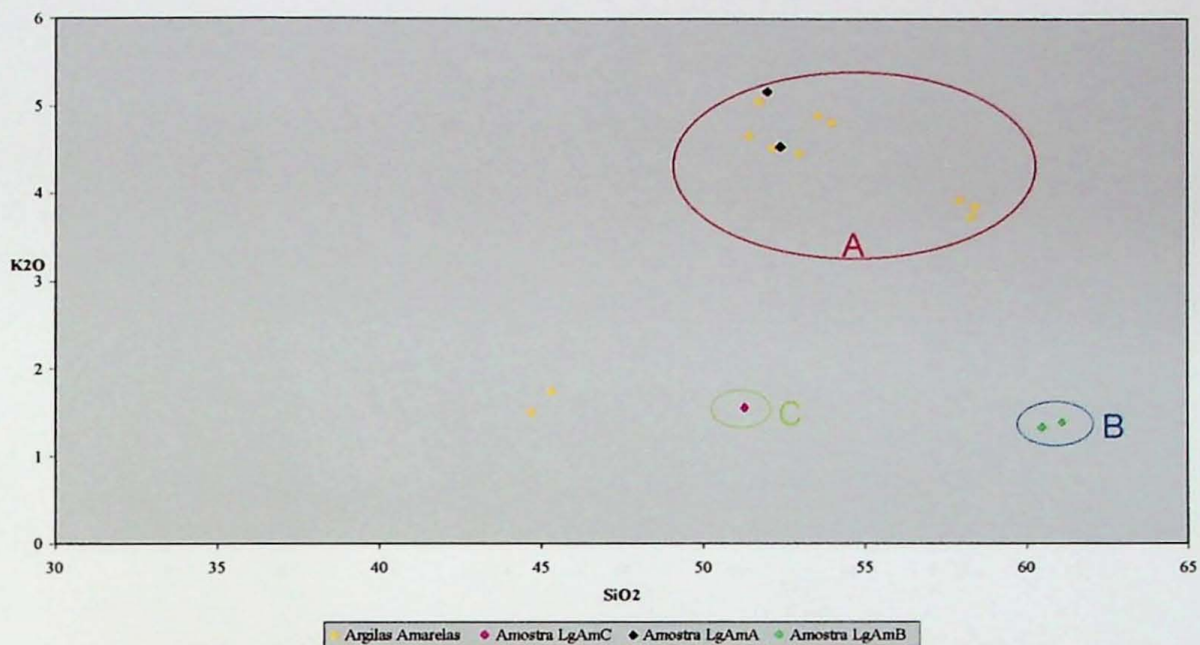


Gráfico 17: Correlação entre SiO_2 x K_2O para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa,

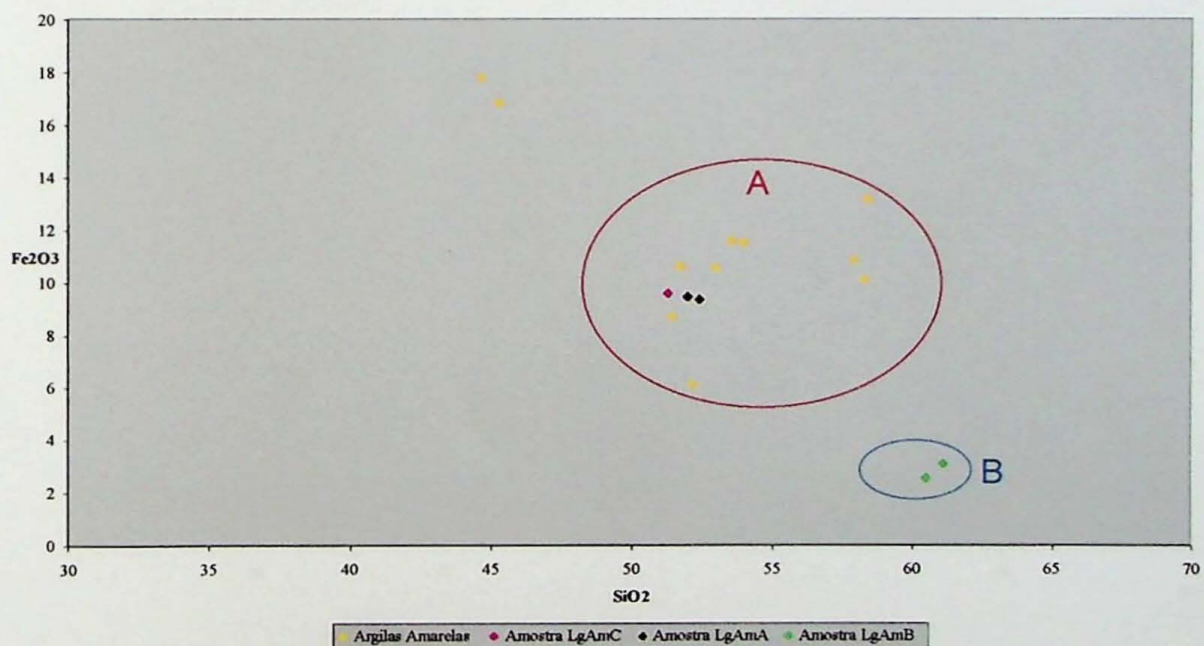


Gráfico 18: Correlação entre SiO_2 x Fe_2O_3 para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa,

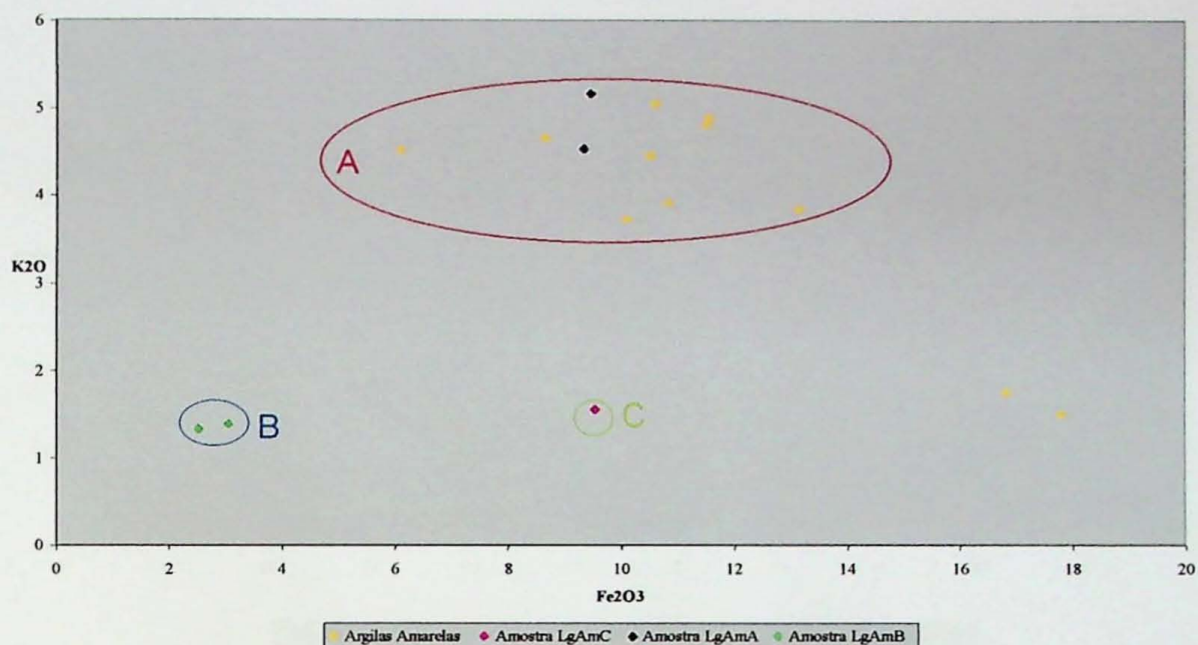


Gráfico 19: Correlação entre Fe_2O_3 x K_2O para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa,

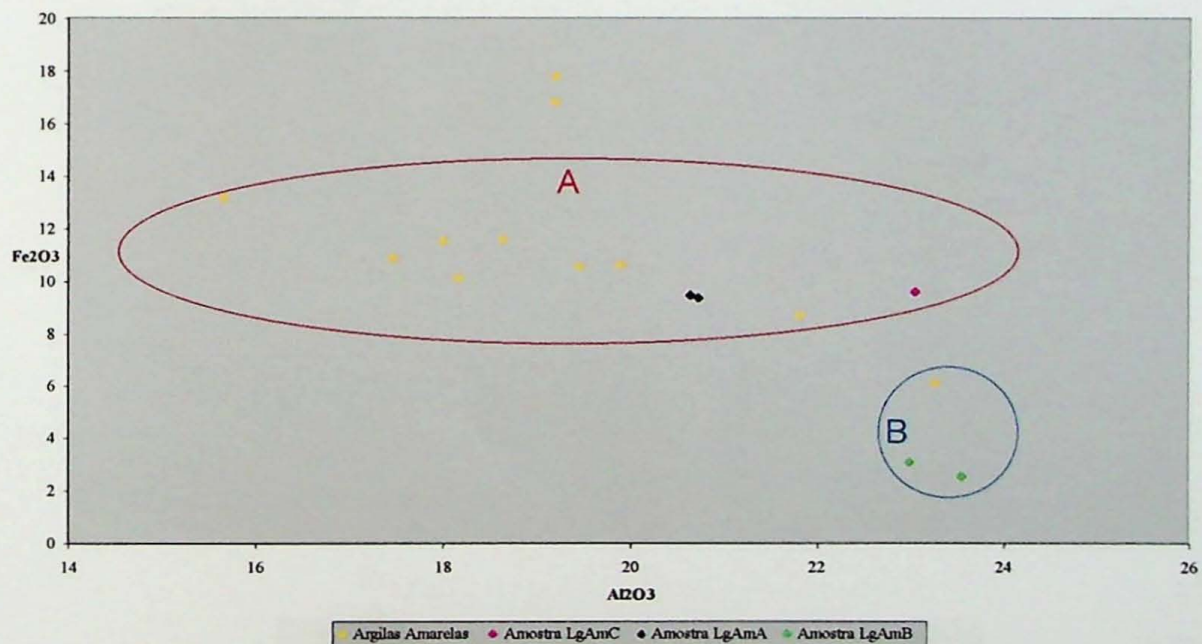


Gráfico 20: Correlação entre Al_2O_3 x Fe_2O_3 para as argilas amarelas da Fazenda da Lagoa,

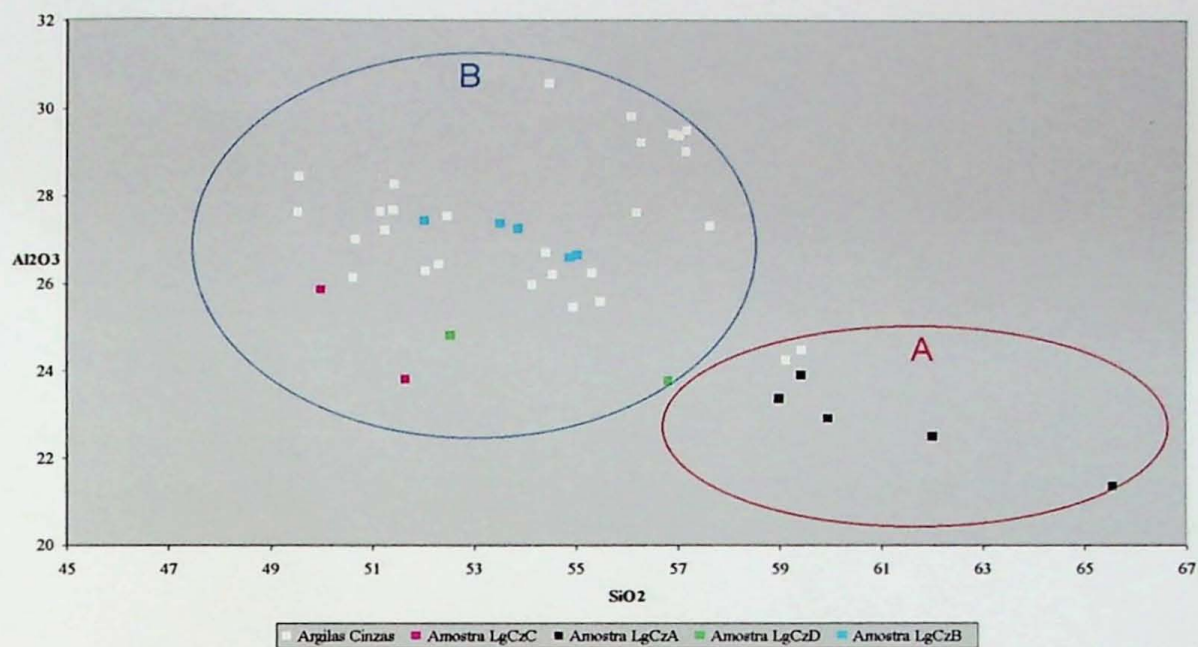


Gráfico 21: Correlação entre SiO_2 x Al_2O_3 para as argilas brancas da Fazenda da Lagoa,

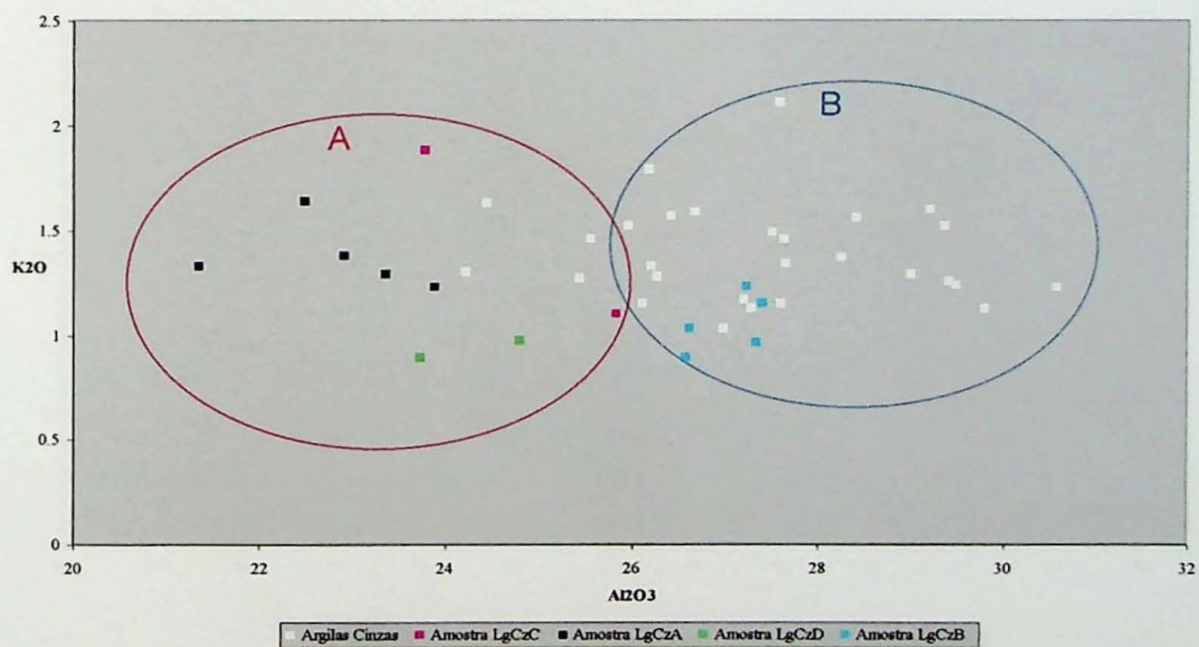


Gráfico 22: Correlação entre Al_2O_3 x K_2O para as argilas brancas da Fazenda da Lagoa,

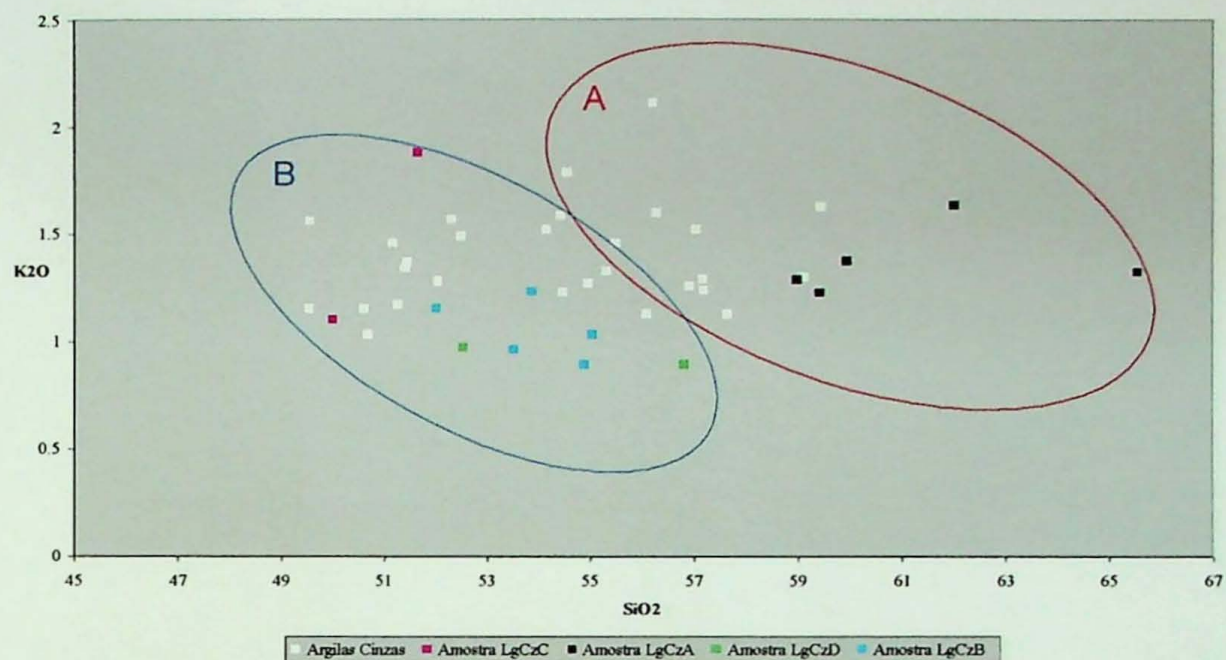


Gráfico 23: Correlação entre SiO_2 x K_2O para as argilas brancas da Fazenda da Lagoa,

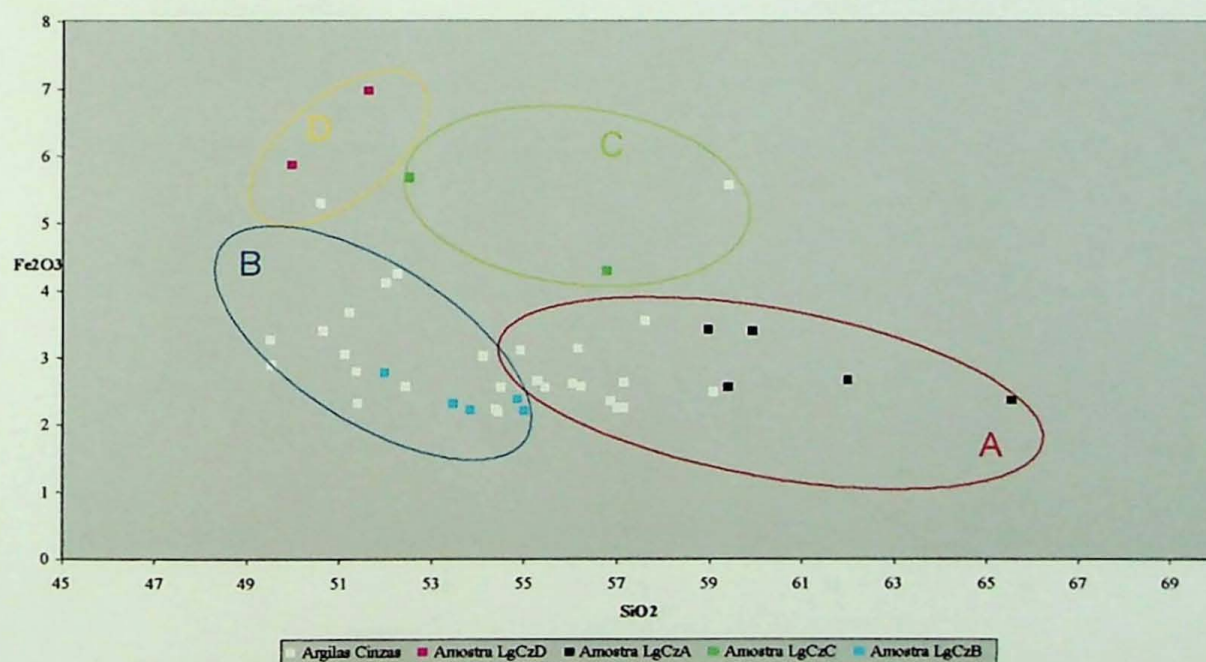
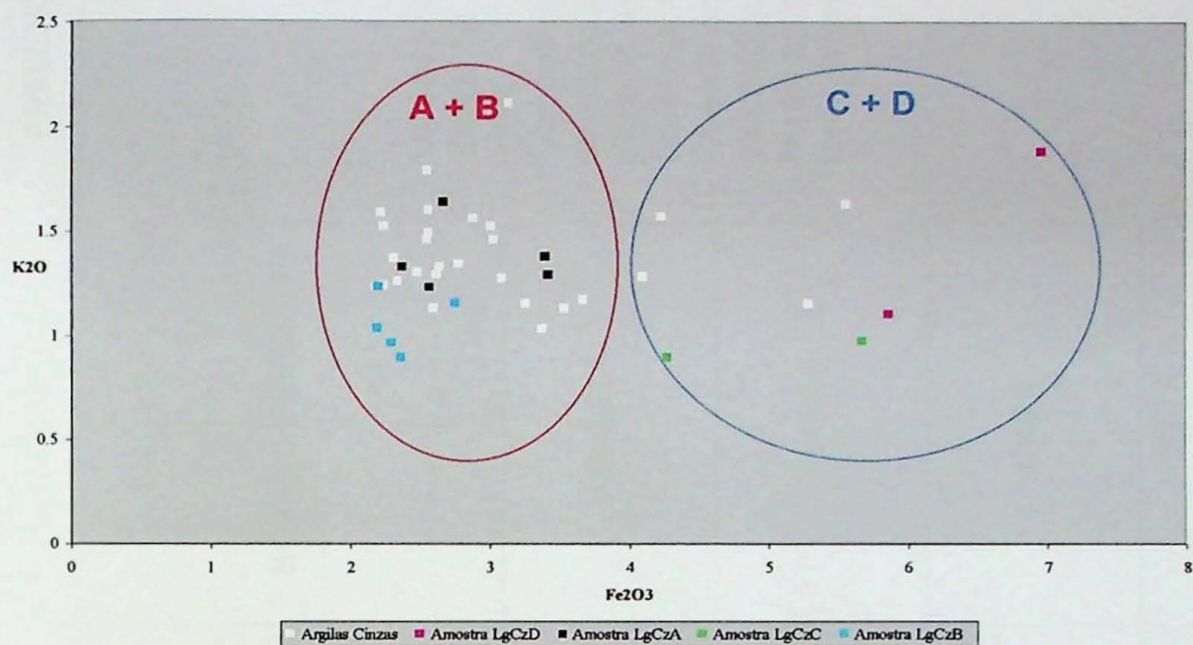
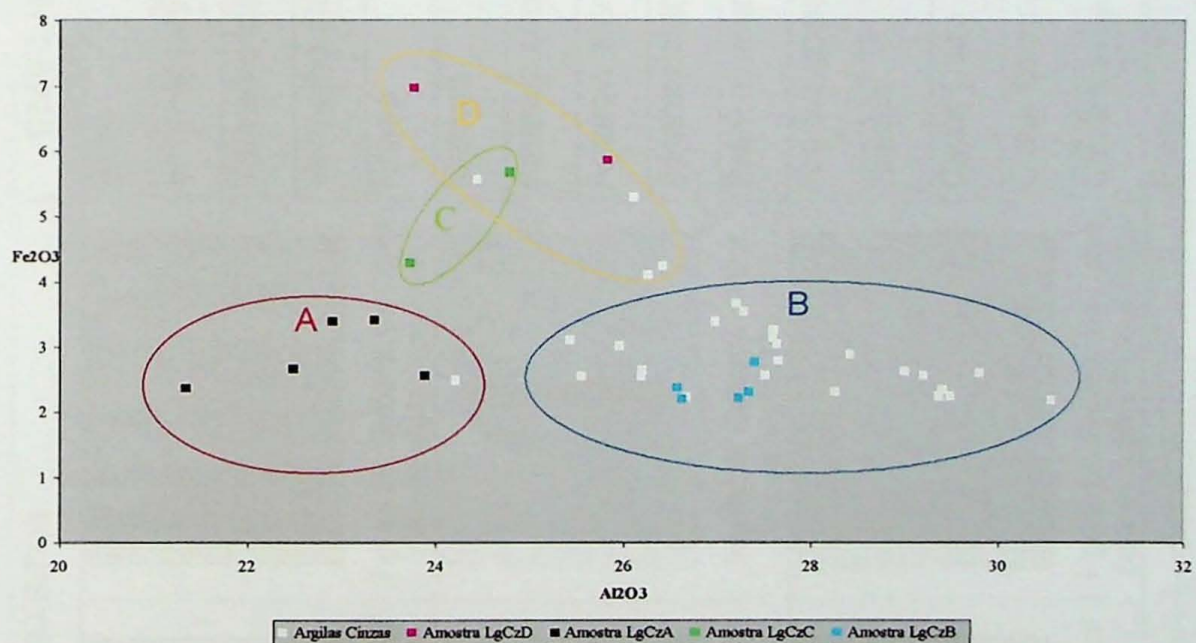
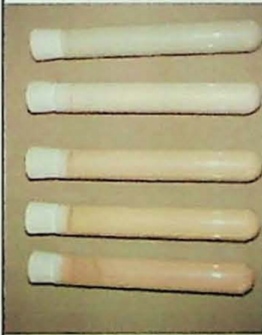
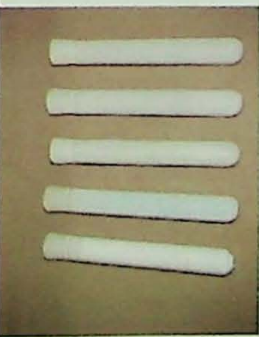
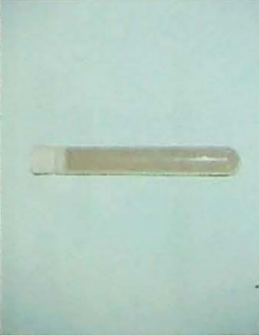
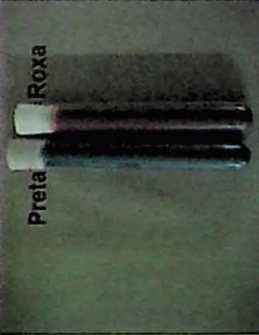


Gráfico 24: Correlação entre SiO_2 x Fe_2O_3 para as argilas brancas da Fazenda da Lagoa,

Gráfico 25: Correlação entre Fe_2O_3 x K_2O para as argilas brancas da Fazenda da Lagoa.Gráfico 26: Correlação entre Al_2O_3 x Fe_2O_3 para as argilas brancas da Fazenda da Lagoa.

ANEXO VIII – Guia de Descrição de Argilas

GABARITOS		CORES NATURAIS	AGRUPAMENTO	PRESENÇA DE:
		Roxo	ROXA* VERMELHA*	- Foliação residual; - Seixos ou grãos de areia; - Composição dos seixos (quartzito, calcário, xisto, etc.); - Presença de silte; - Quando possível, a plasticidade; - Níveis com outras tonalidades.
		Vermelho escuro		
		Vermelho claro		
		Vermelho alaranjado		
		Róseo	AMARELA	
		Marrom		
		Amarelo queimado		
		Amarelo alaranjado		
		Amarelo claro	BRANCA	
		Branco amarelado		
		Branco acinzentado		
		Branca		
		Cinza Claro	CINZA	
		Cinza Escuro		
		Cinza Esverdeado		
		Preto		
			PRETA	

- O agrupamento em Roxa e Vermelha deve-se ao fato de que não há a presença de argila roxa e marrom na Fazenda da Lagoa.

ANEXO IX – Curvas de Distribuição Granulométrica para a Jazida do Eucalipto

EcBrA1

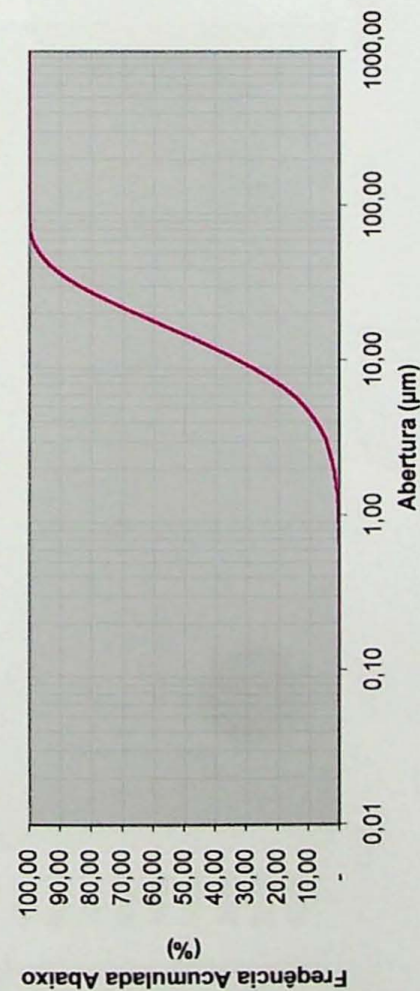


Gráfico 27: Distribuição granulométrica log-normal da amostra EcBrA1

EcBrB1

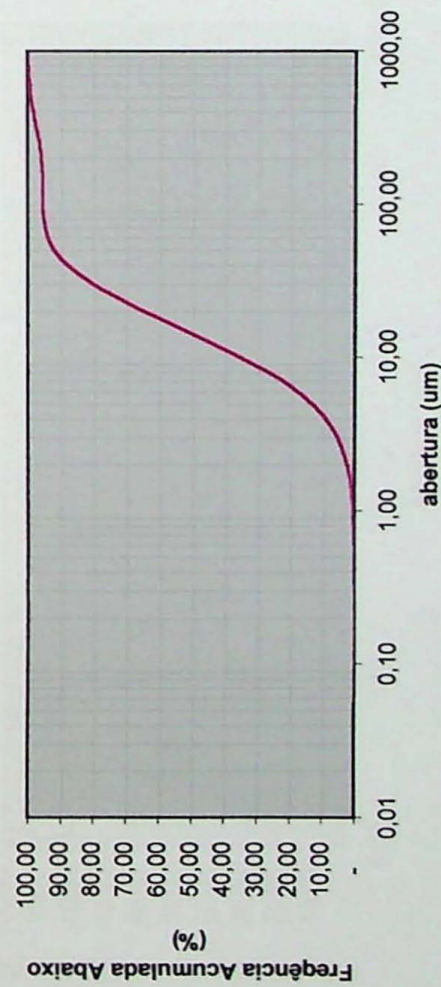


Gráfico 29: Distribuição granulométrica log-normal da amostra EcBrB1

EcBrA2

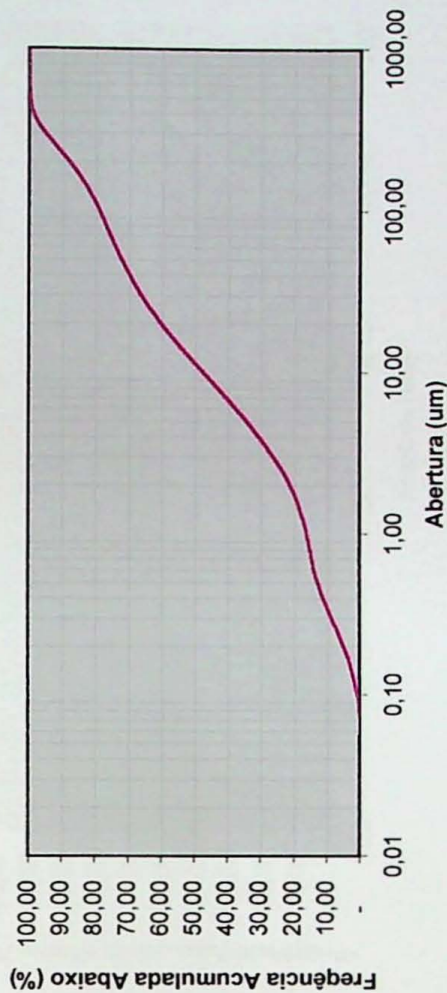


Gráfico 28: Distribuição granulométrica log-normal da amostra EcBrA2

EcBrB2

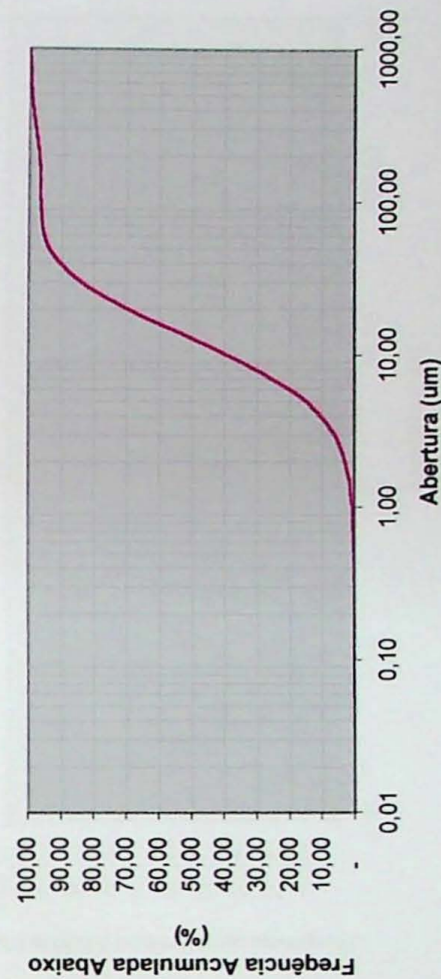


Gráfico 30: Distribuição granulométrica log-normal da amostra EcBrB2

ANEXO X – Curvas de Distribuição Granulométrica para a Fazenda da Lagoa

LgCzXA

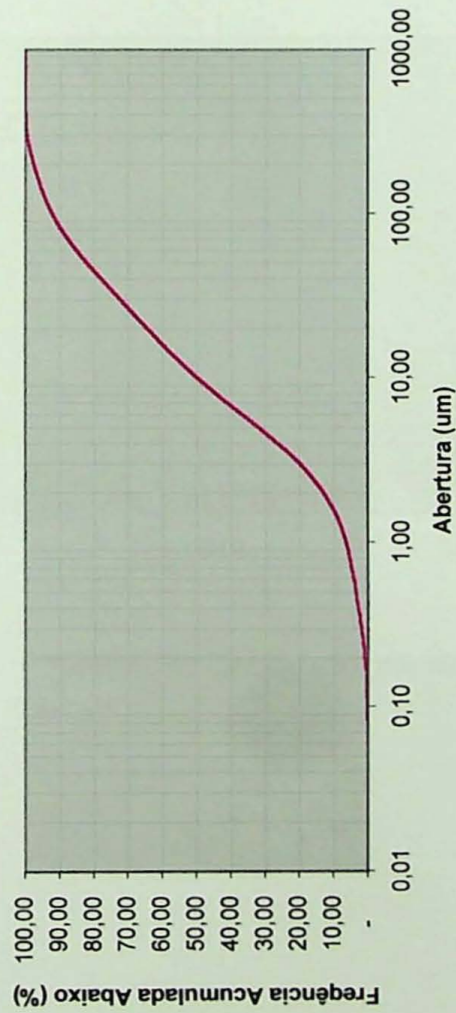


Gráfico 31: Distribuição granulométrica log-normal da amostra LgCzXA

LgCzXC

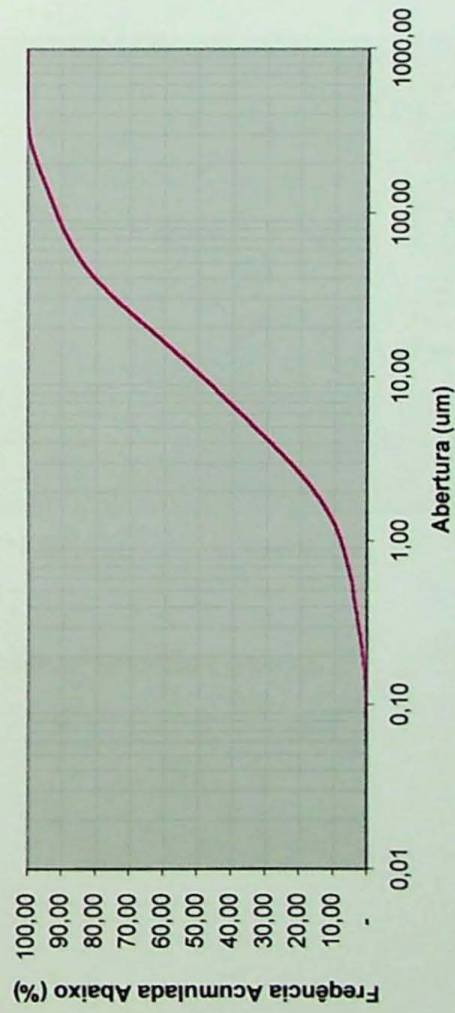


Gráfico 33: Distribuição granulométrica log-normal da amostra LgCzXC

LgCzXB

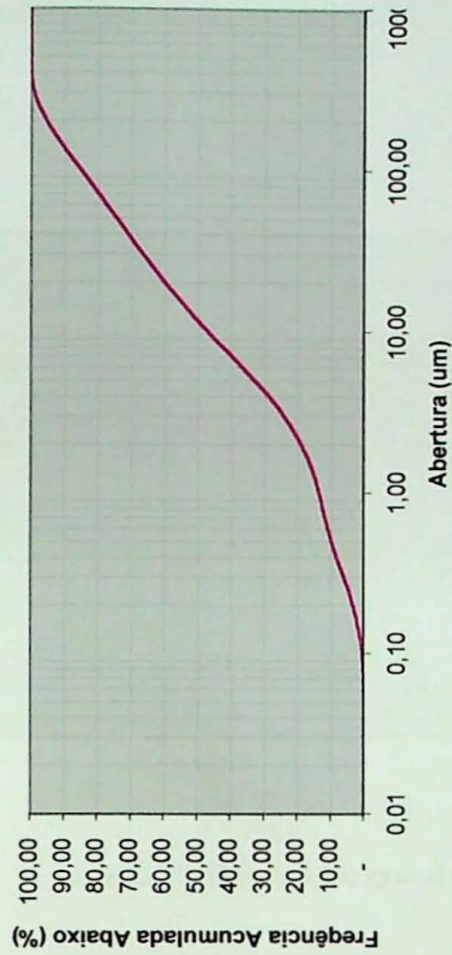


Gráfico 32: Distribuição granulométrica log-normal da amostra LgCzXB

LgCzXD

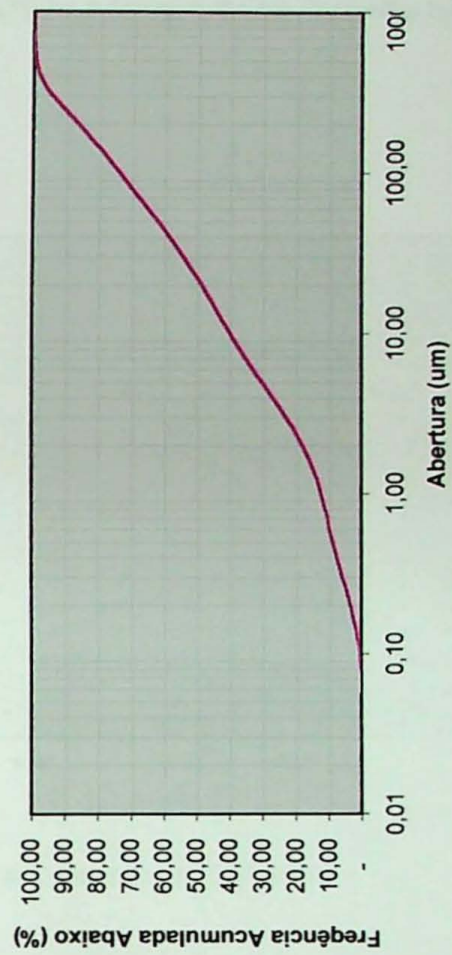


Gráfico 34: Distribuição granulométrica log-normal da amostra LgCzXD

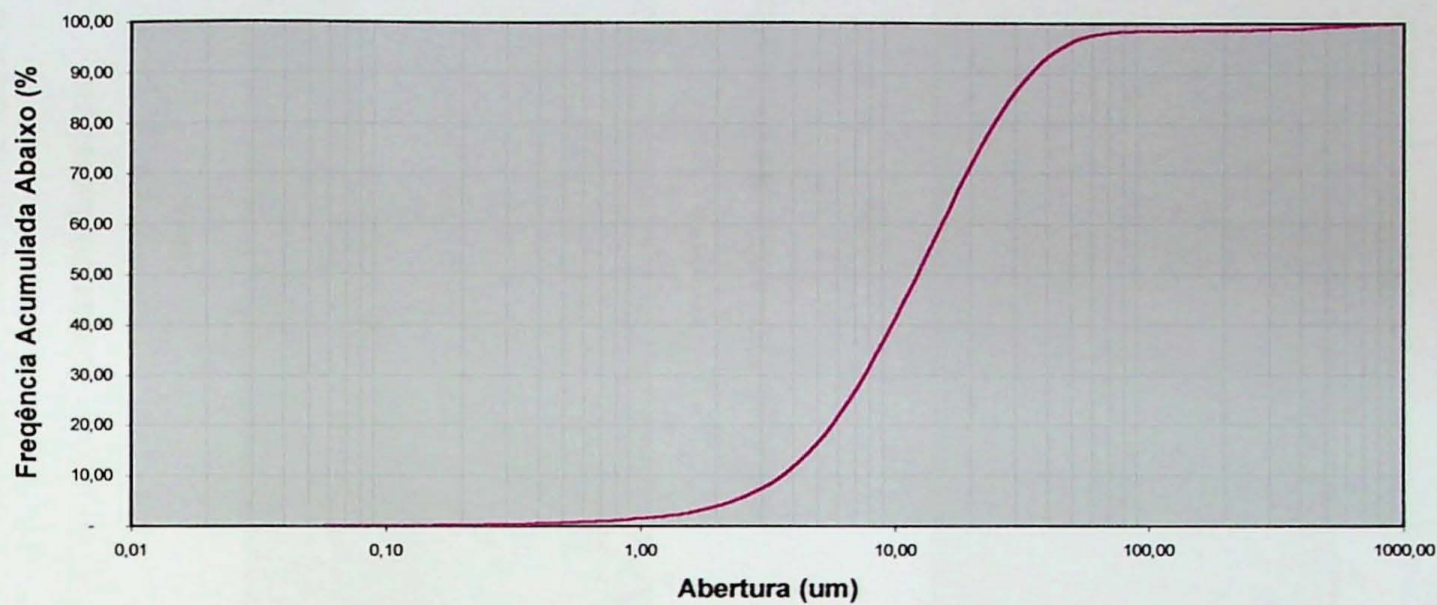
LgAmYA

Gráfico 35: Distribuição granulométrica log-normal da amostra LgAmYA

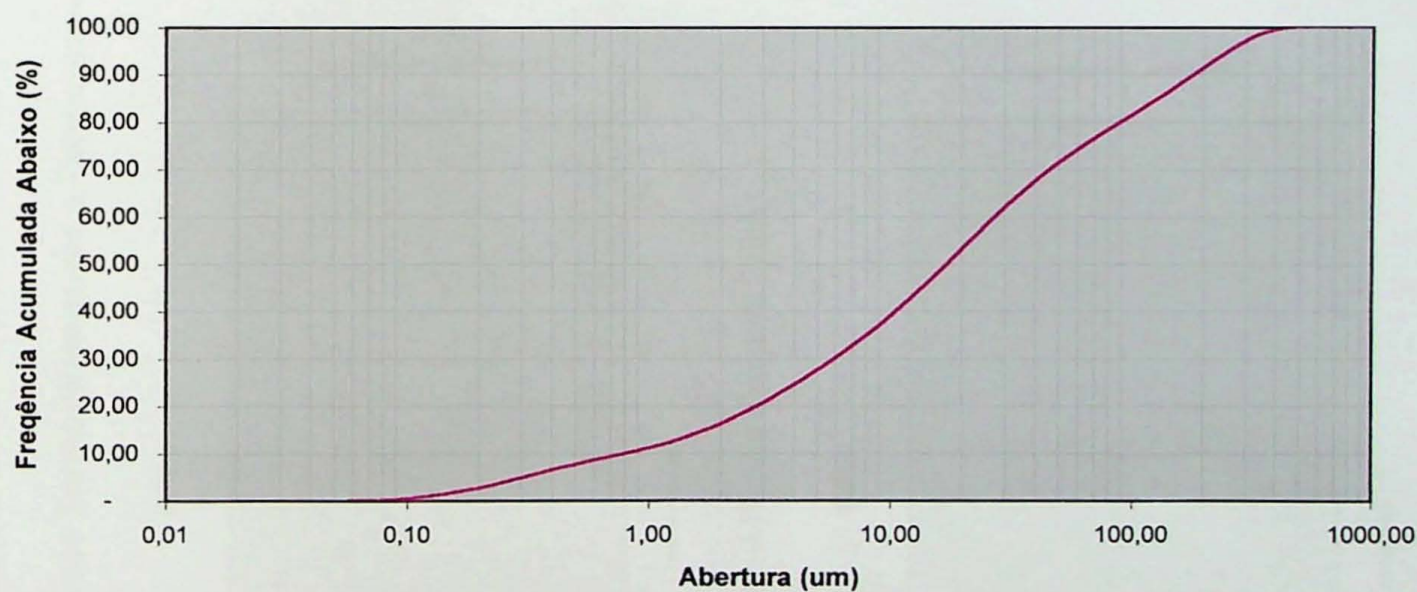
LgAmXB

Gráfico 36: Distribuição granulométrica log-normal da amostra LgAmXB

ANEXO XI – Curvas Termodiferenciais e Termogravimétricas (ATD-ATG) para a Jazida do Eucalipto

EcBrA1

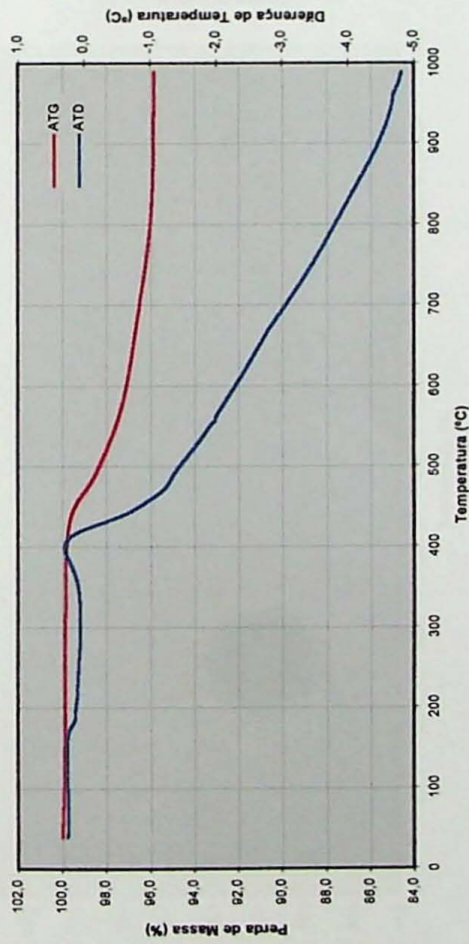


Gráfico 37: ATD -ATG para a amostra EcBrA1

EcBrB1

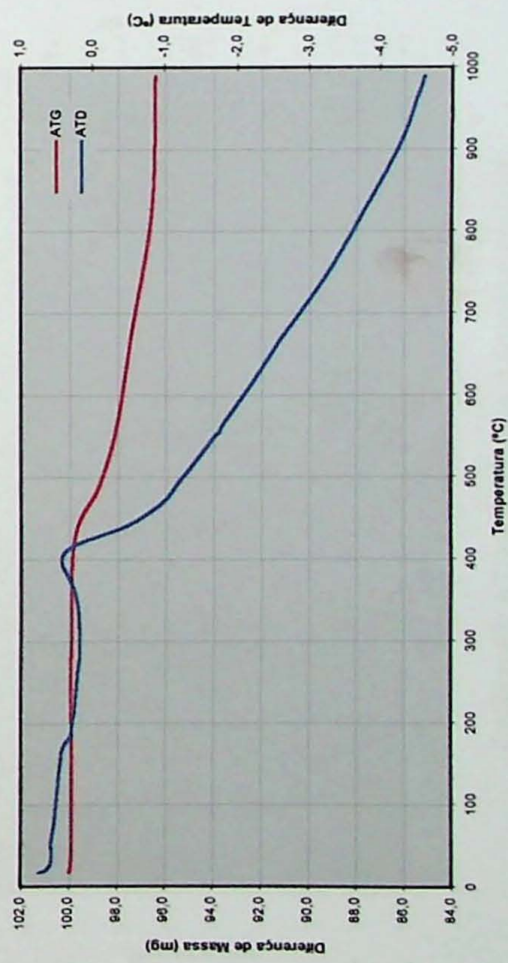


Gráfico 39: ATD -ATG para a amostra EcBrB1

EcBrA2

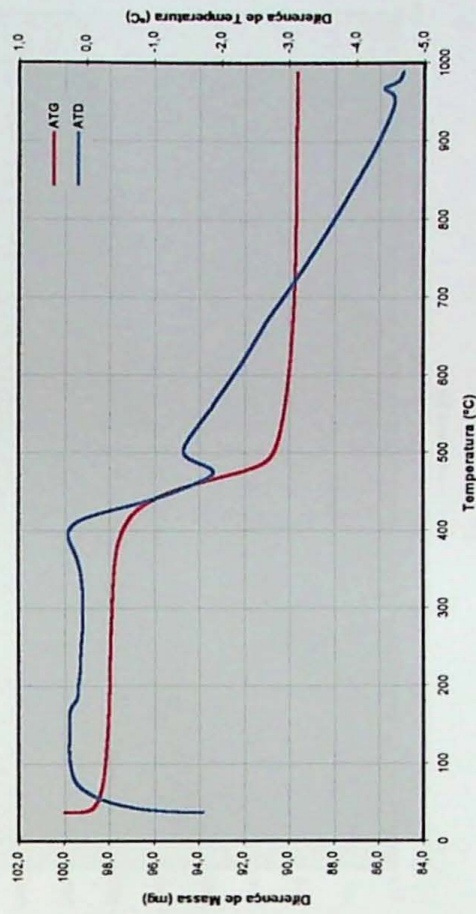


Gráfico 38: ATD -ATG para a amostra EcBrA2

EcBrB2

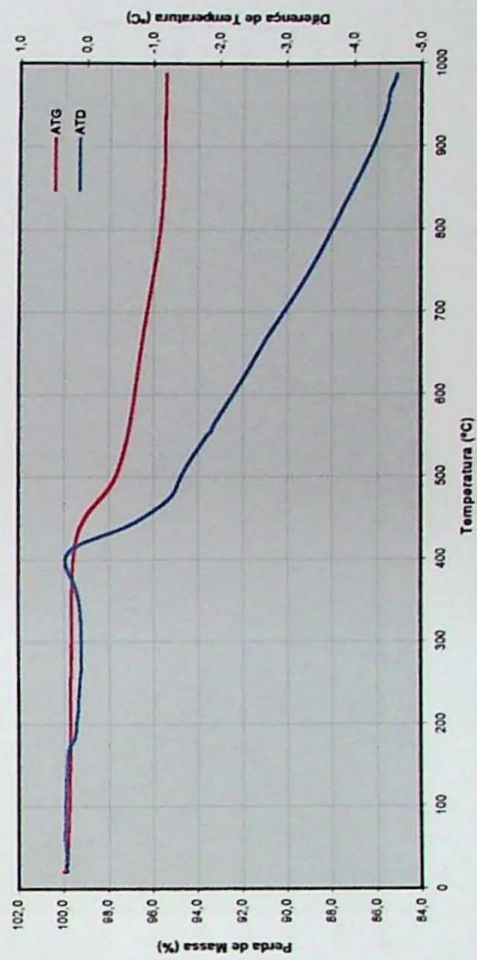


Gráfico 40: ATD -ATG para a amostra EcBrB2

ANEXO XII – Curvas Termogravimétricas (ATD-ATG) para a Fazenda da Lagoa

LgCzXA

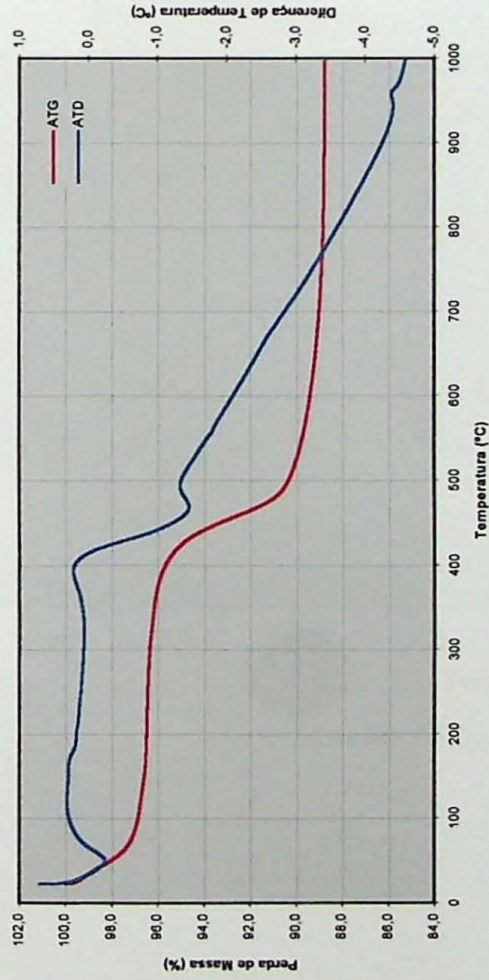


Gráfico 41: ATD – ATG para a amostra LgCzXA

LgCzXB

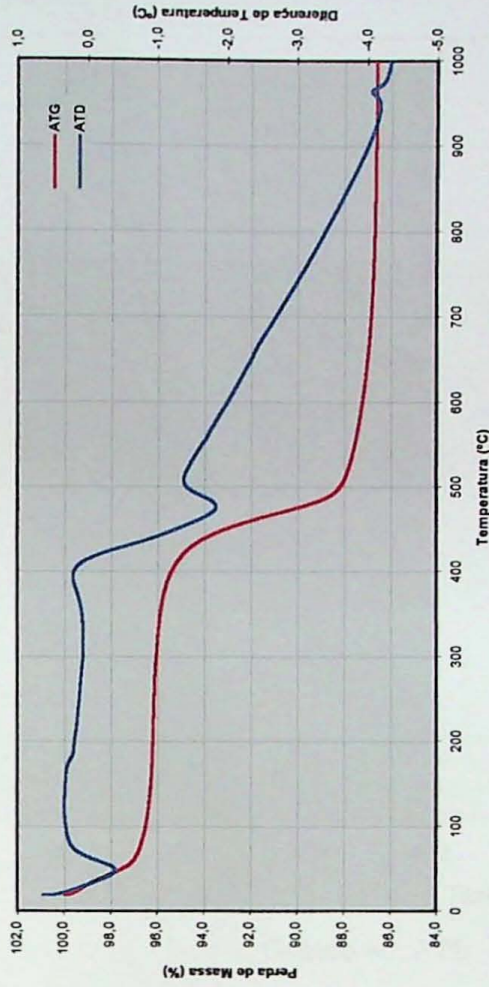


Gráfico 42: ATD – ATG para a amostra LgCzXB

LgCzXC

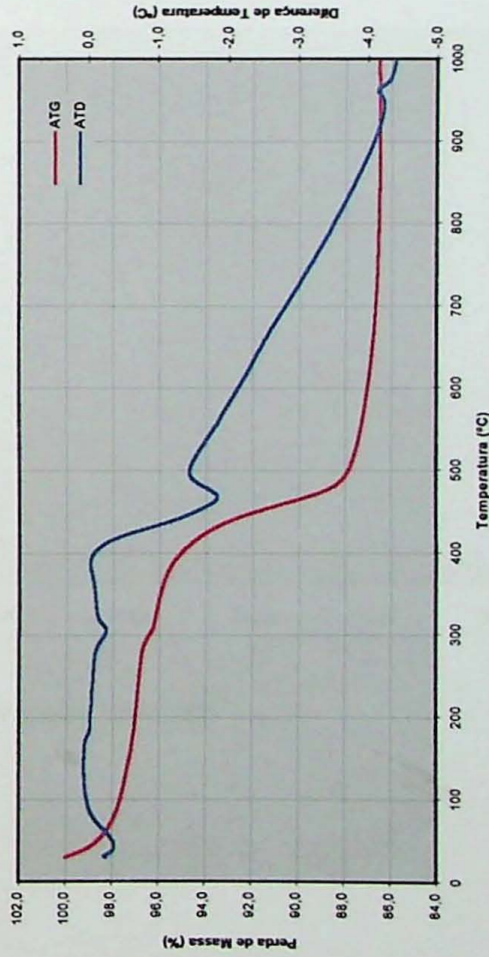


Gráfico 43: ATD – ATG para a amostra LgCzXC

LgCzXD

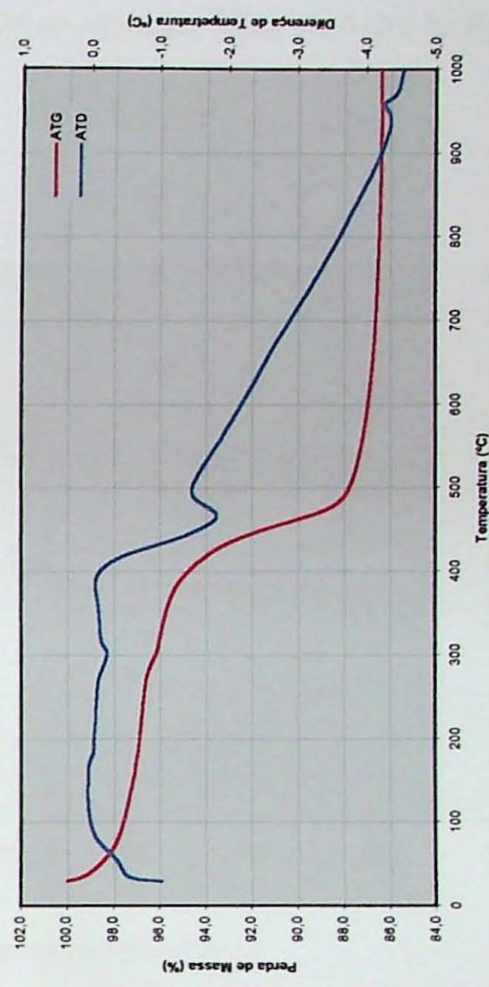


Gráfico 44: ATD – ATG para a amostra LgCzXD

LgAmYA

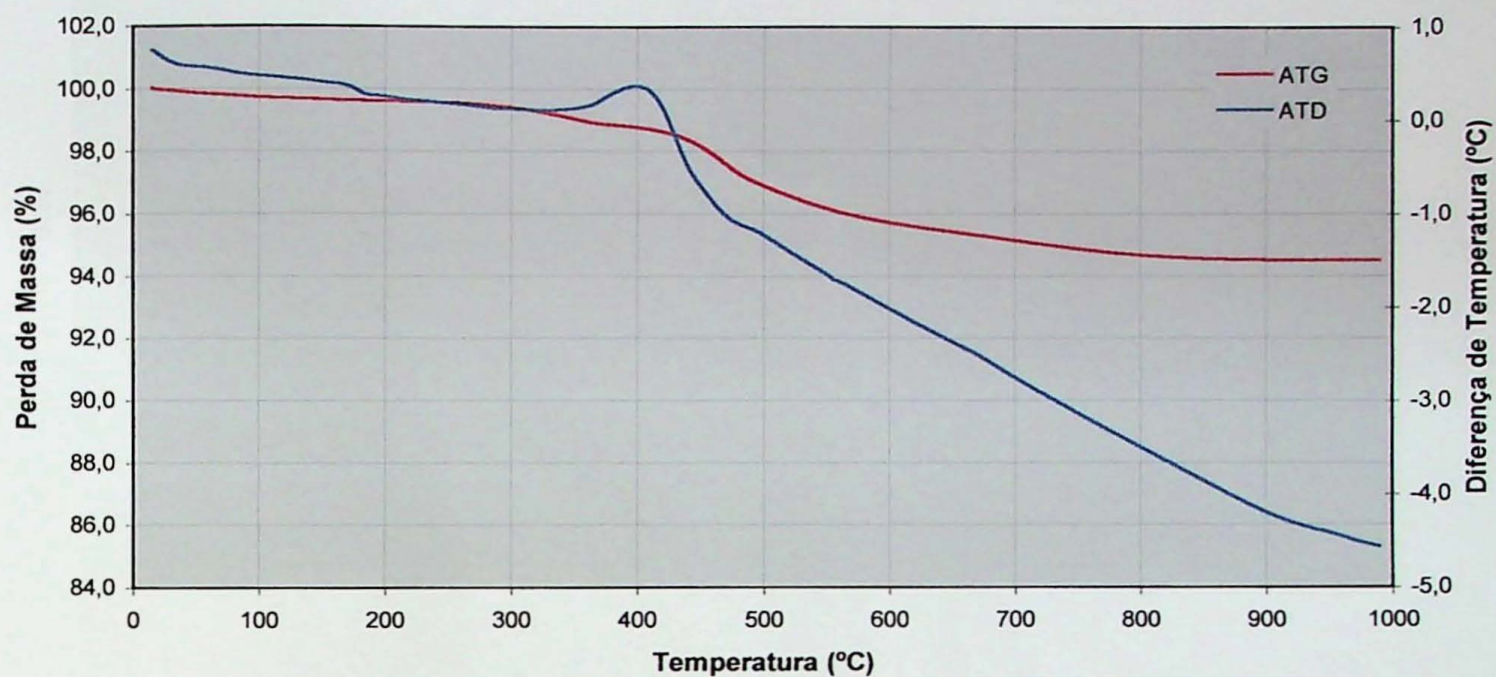


Gráfico 45: ATD - ATG para a amostra LgAmYA

LgAmXB

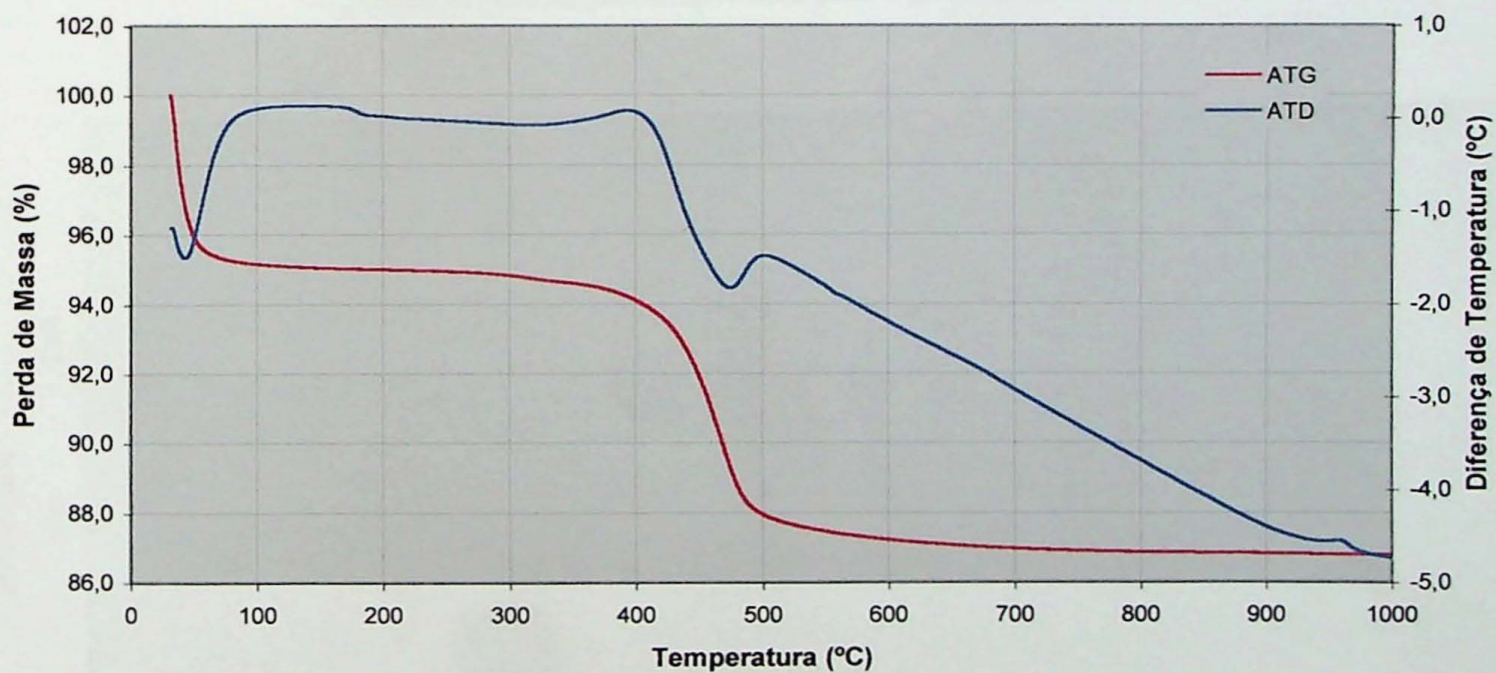


Gráfico 46: ATD - ATG para a amostra LgAmXB

ANEXO XIII - Difrátogramas de raios x para a Jazida do Eucalipto

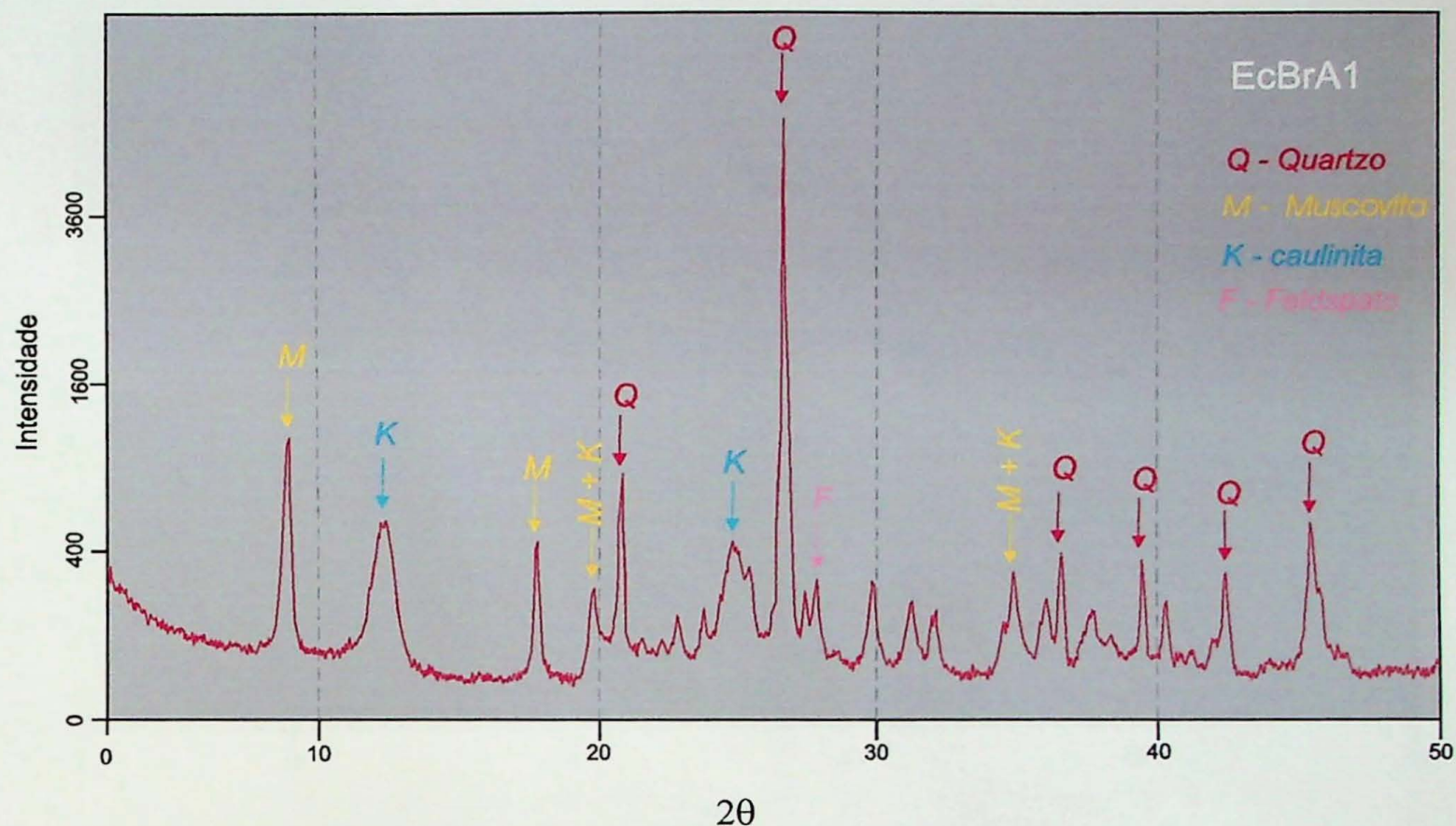


Gráfico 47: Difrátograma de raios x para a amostra EcBrA1 (tal qual)

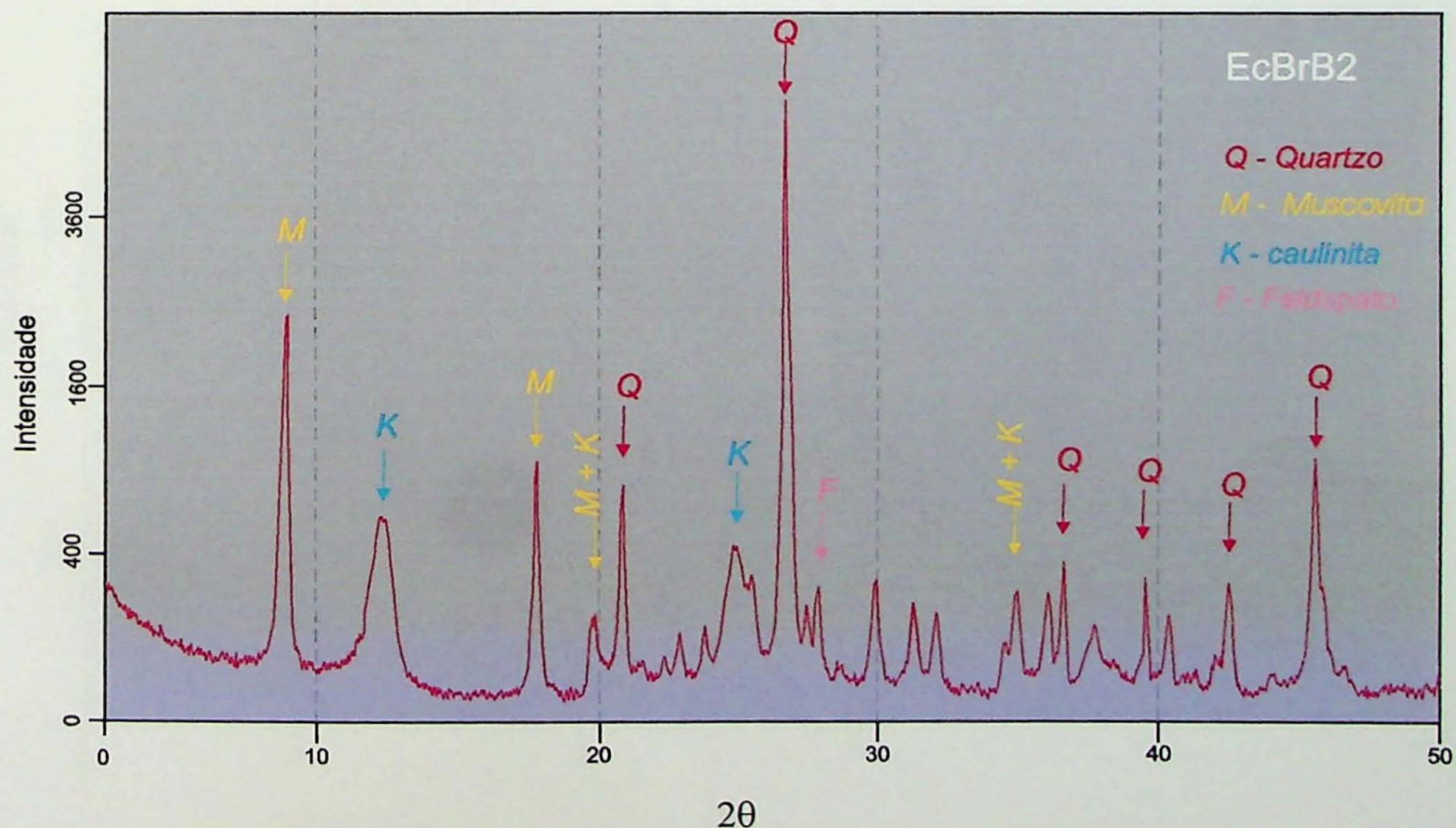


Gráfico 48: Difrátograma de raios x para a amostra EcBrB2 (tal qual)

ANEXO XIV - Difrátogramas de raios x para a Fazenda da Lagoa

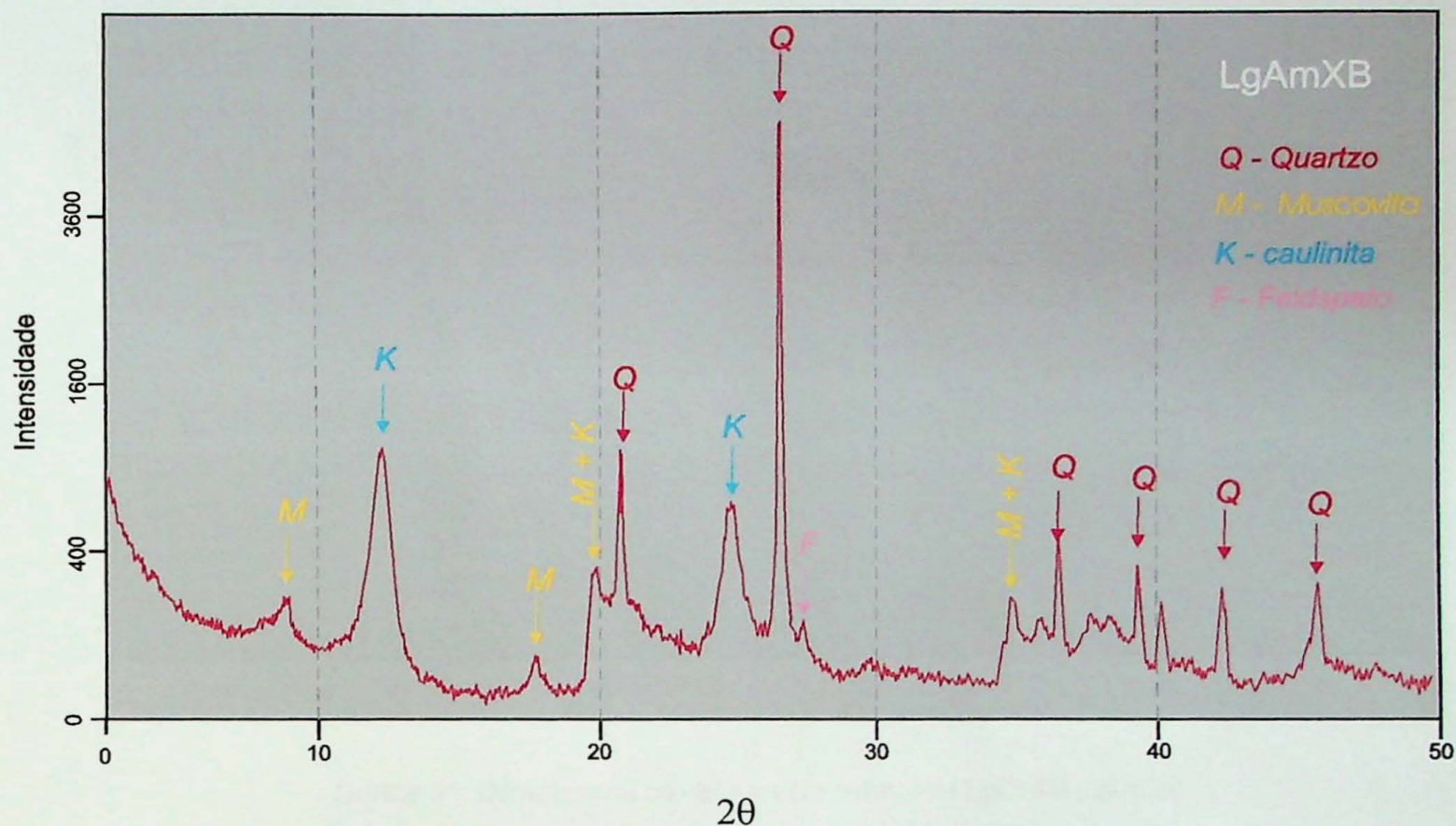


Gráfico 49: Difrátograma de raios x para a amostra LgAmXB (tal qual)

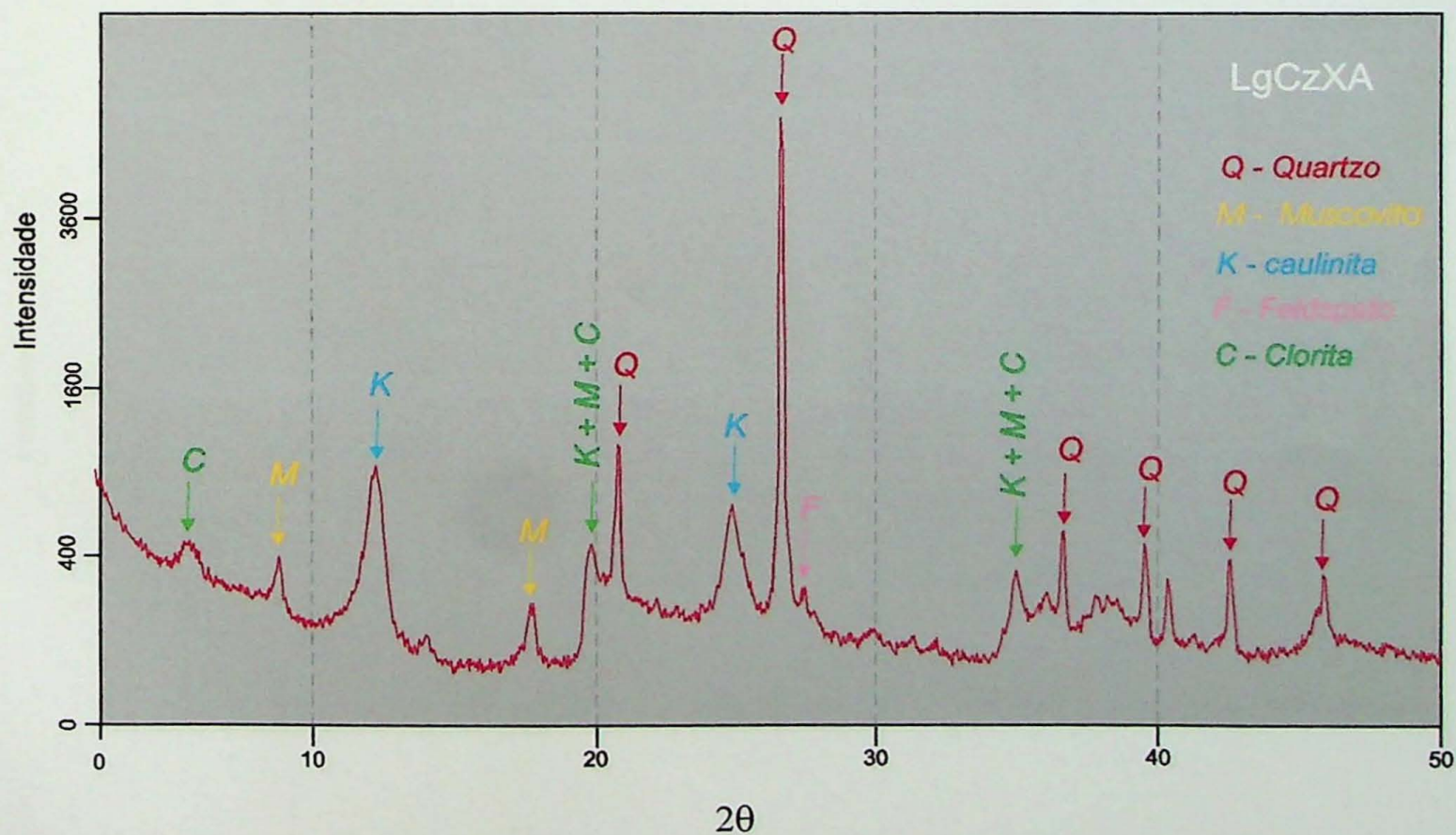


Gráfico 50: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXA (tal qual)

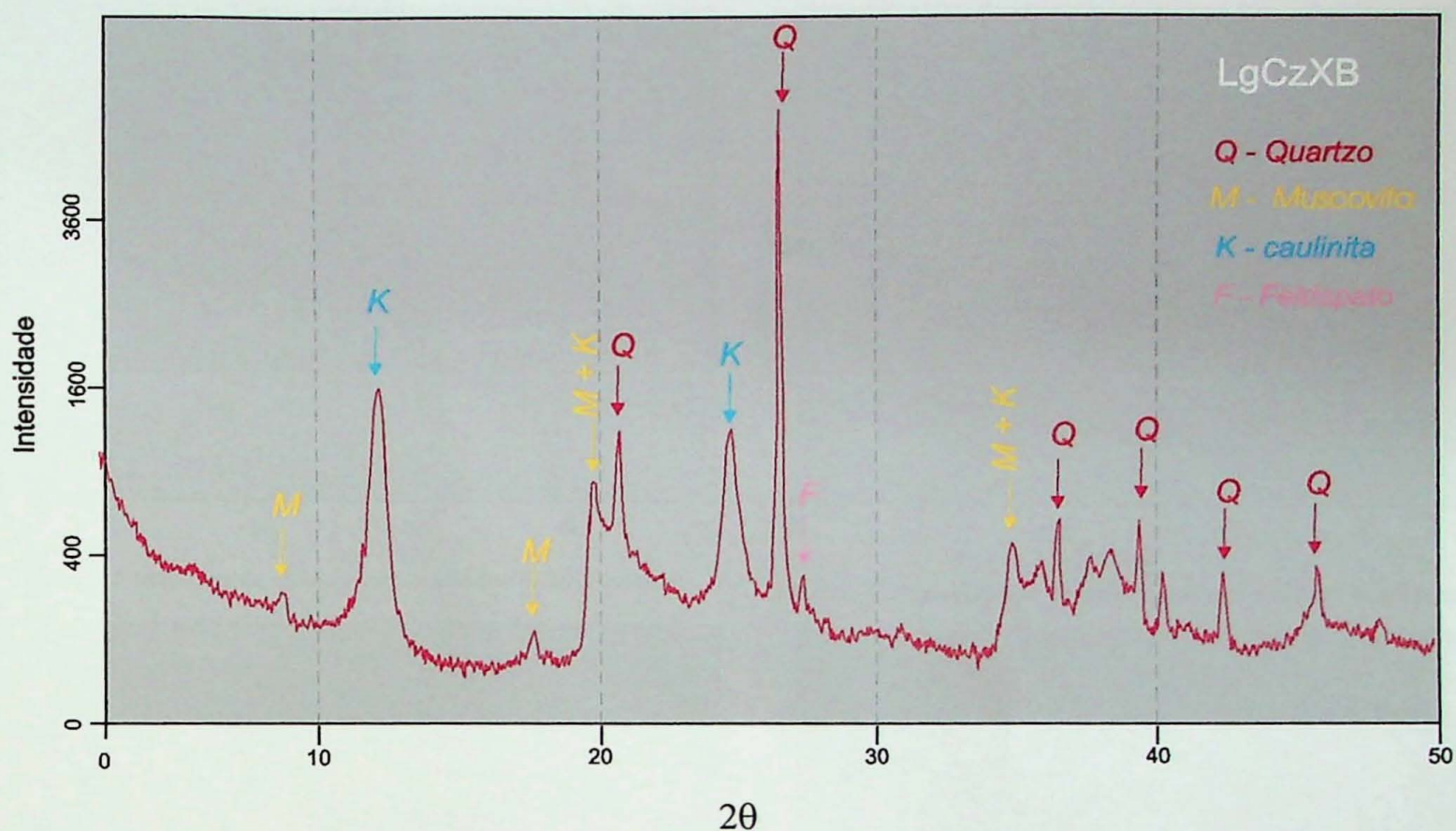


Gráfico 51: Difratoograma de raios x para a amostra LgCzXB (tal qual)

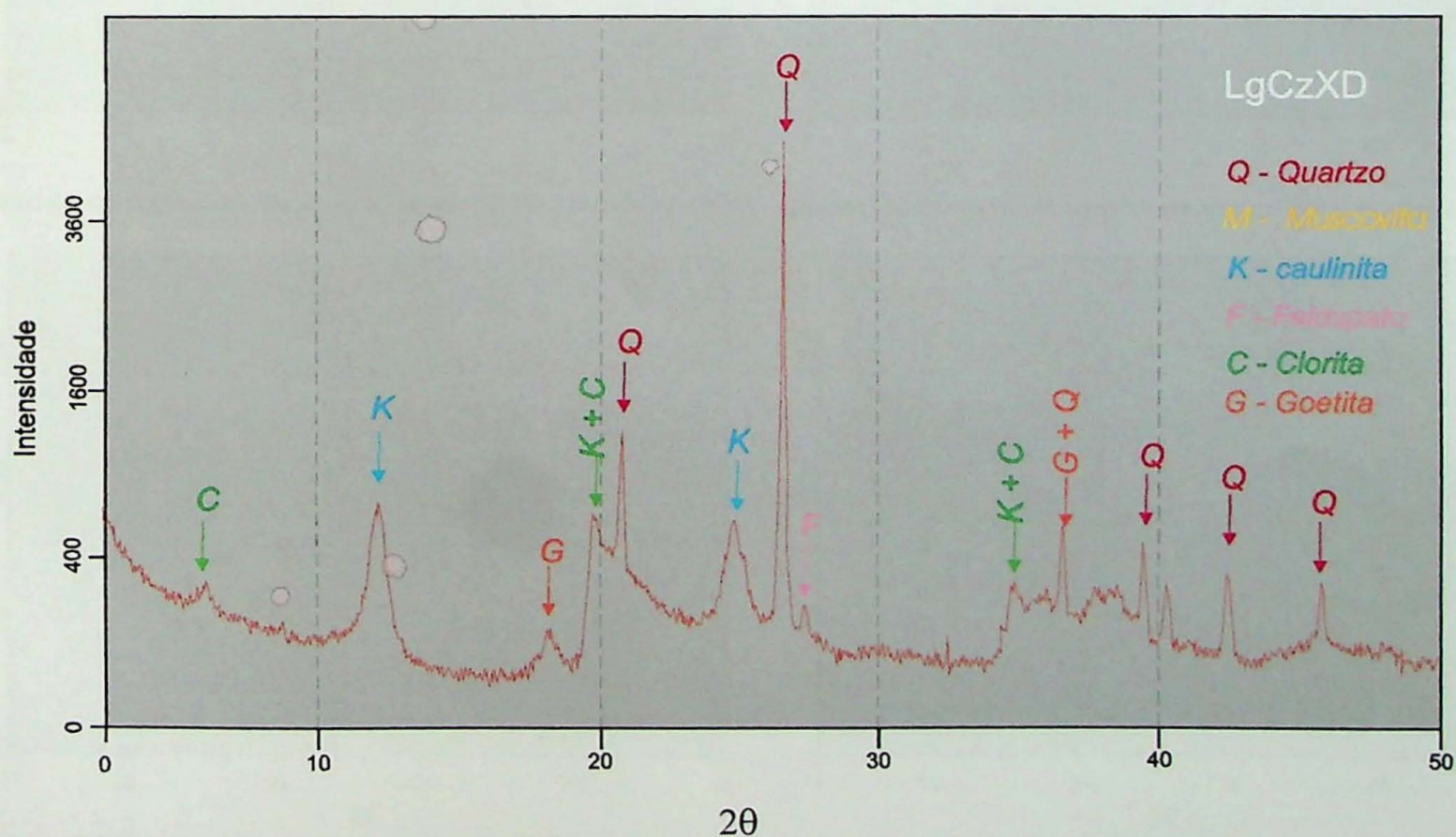


Gráfico 52: Difratoograma de raios x para a amostra LgCzXD (tal qual)

ANEXO XV - Difratoogramas de raios x para as amostras calcinadas da Jazida do Eucalipto

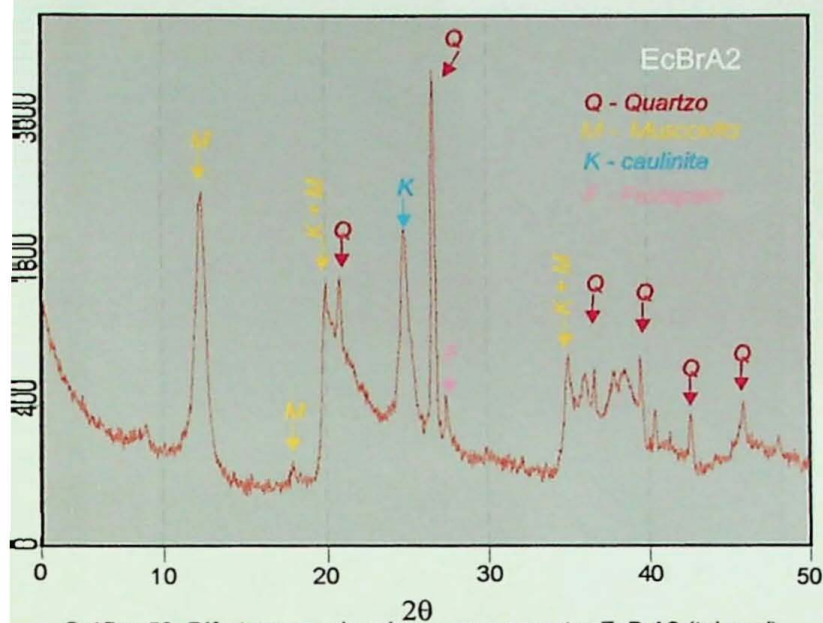


Gráfico 53: Difratoograma de raio x para a amostra EcBrA2 (tal qual)

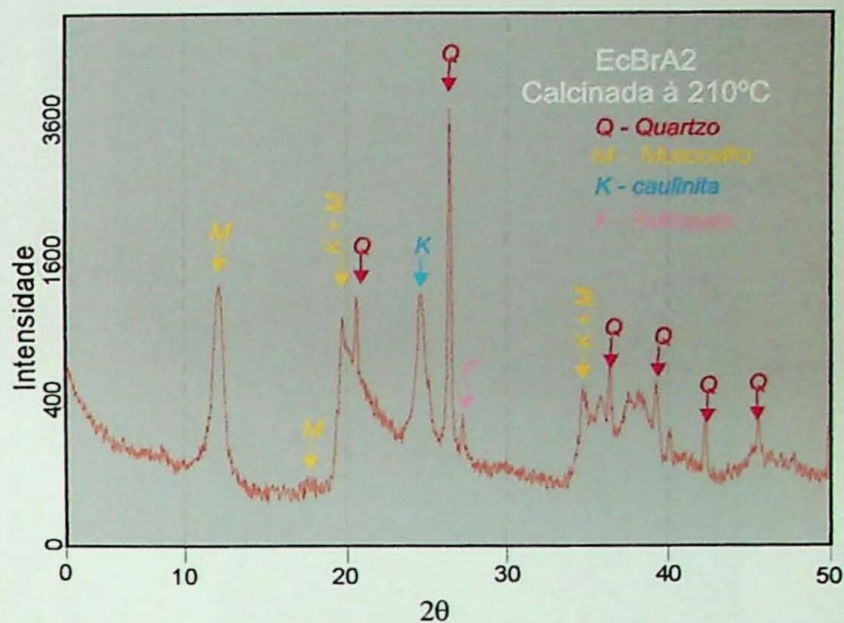


Gráfico 54: Difratoograma de raio x para a amostra EcBrA2 (Calcinada à 210°C)

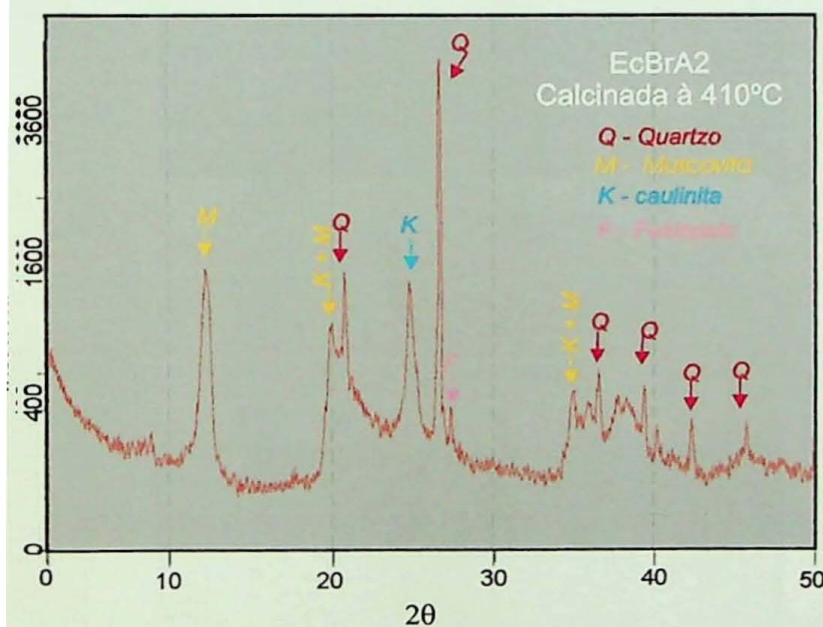


Gráfico 55: Difratoograma de raio x para a amostra EcBrA2 (Calcinada à 410°C)

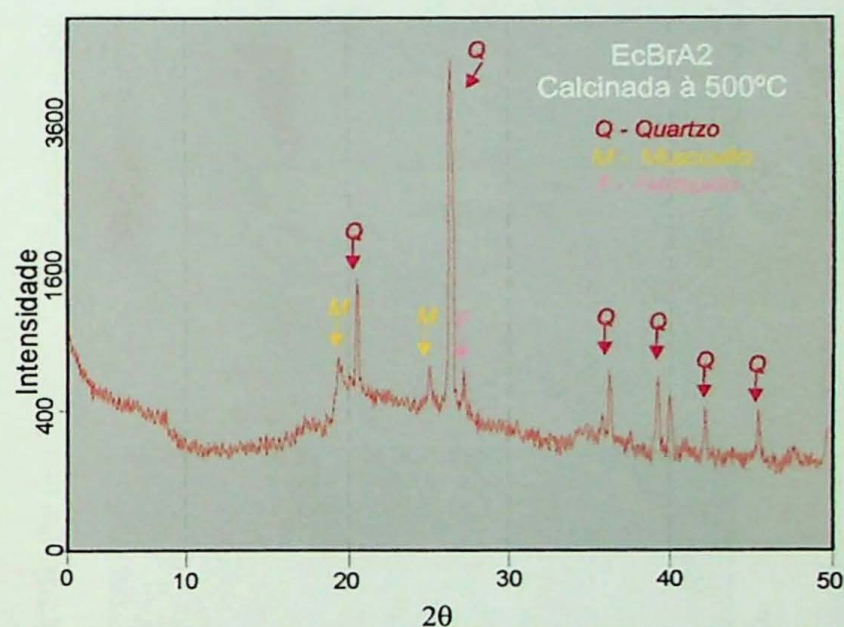


Gráfico 56: Difratoograma de raio x para a amostra EcBrA2 (Calcinada à 500°C)

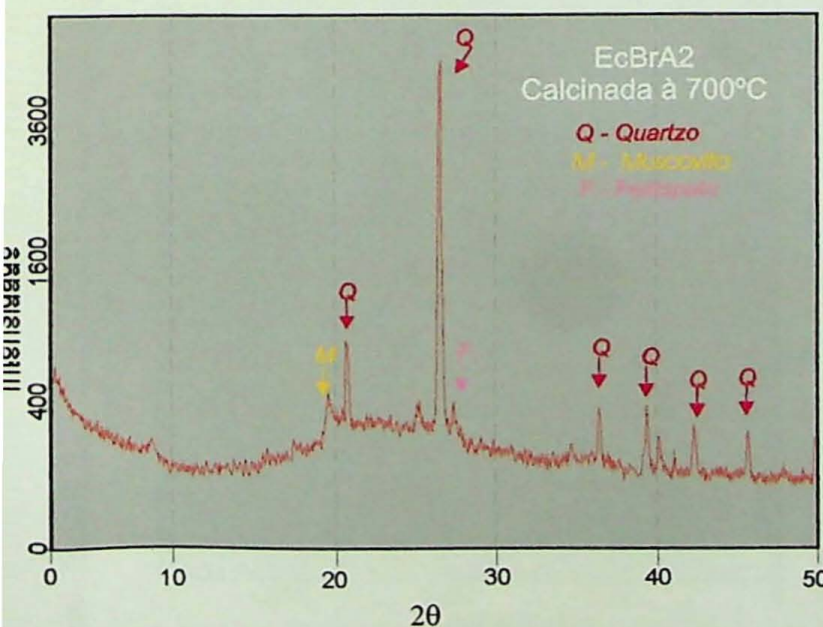


Gráfico 57: Difratoograma de raio x para a amostra EcBrA2 (Calcinada à 700°C)

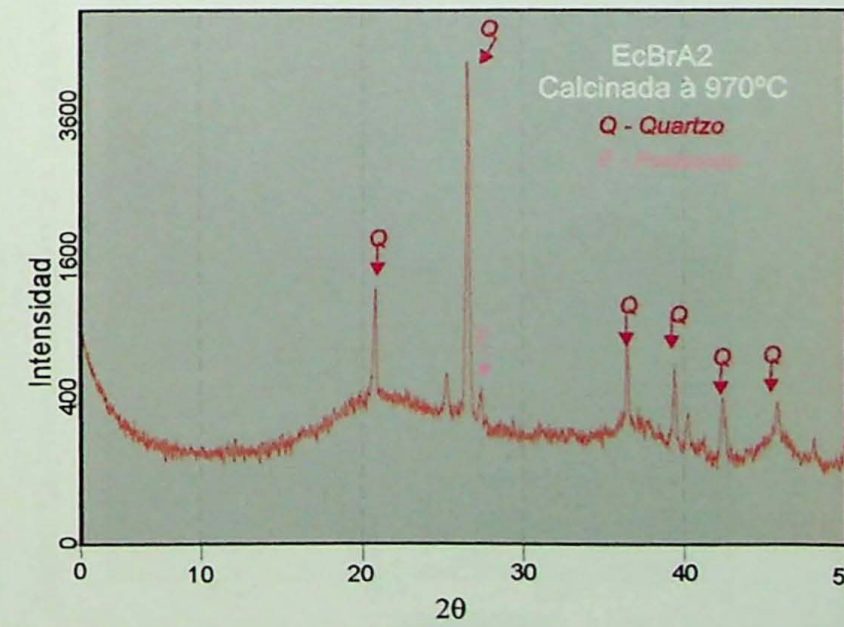


Gráfico 58: Difratoograma de raio x para a amostra EcBrA2 (Calcinada à 970°C)

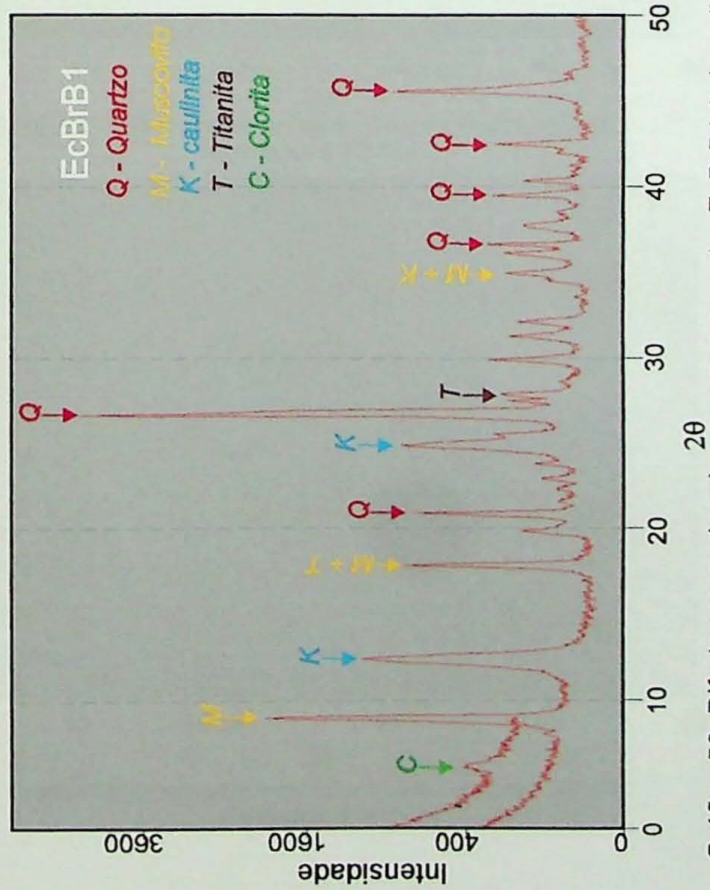


Gráfico 59: Difractograma de raios x para a amostra EcBrB1 (tal qual)

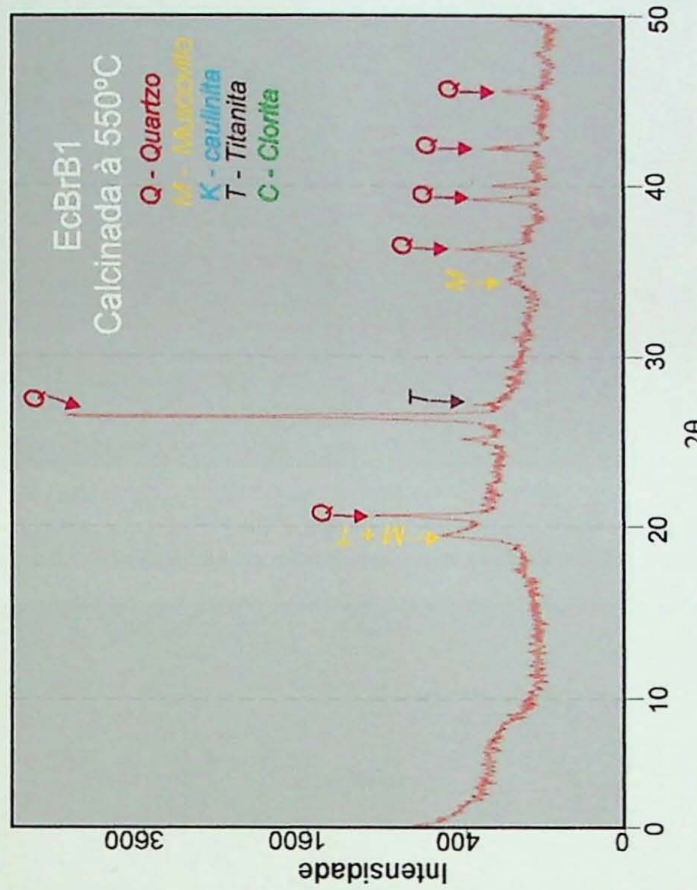


Gráfico 60: Difractograma de raios x para a amostra EcBrB1 (Cacinada 550°C)

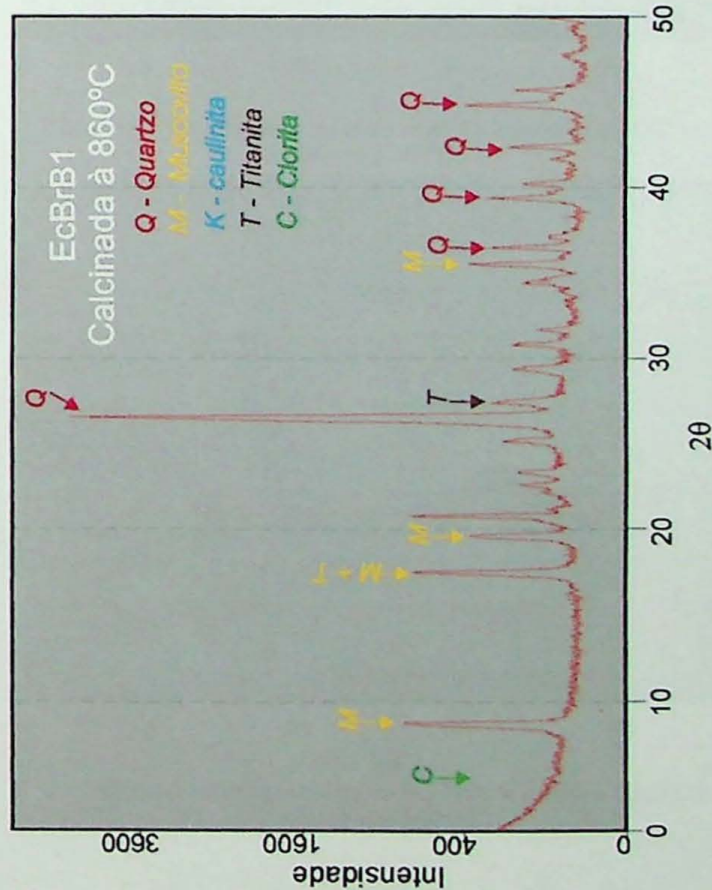


Gráfico 60b: Difractograma de raios x para a amostra EcBrB1 (Cacinada 860°C)

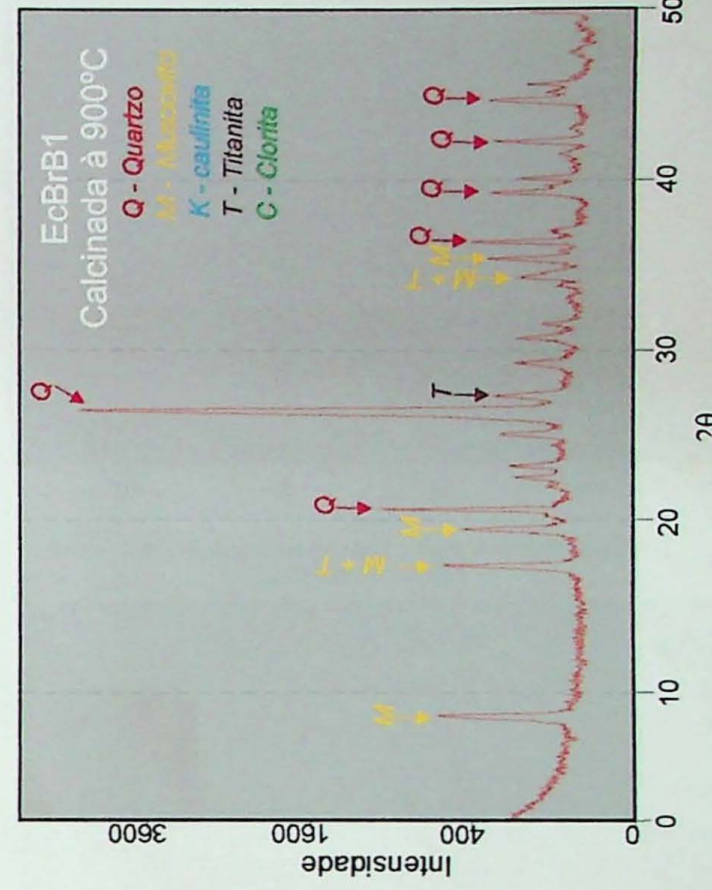


Gráfico 6Q: Difractograma de raios x para a amostra EcBrB1 (Cacinada 900°C)

ANEXO XVI - Difratomogramas de raios x para as amostras calcinadas da Fazenda da Lagoa

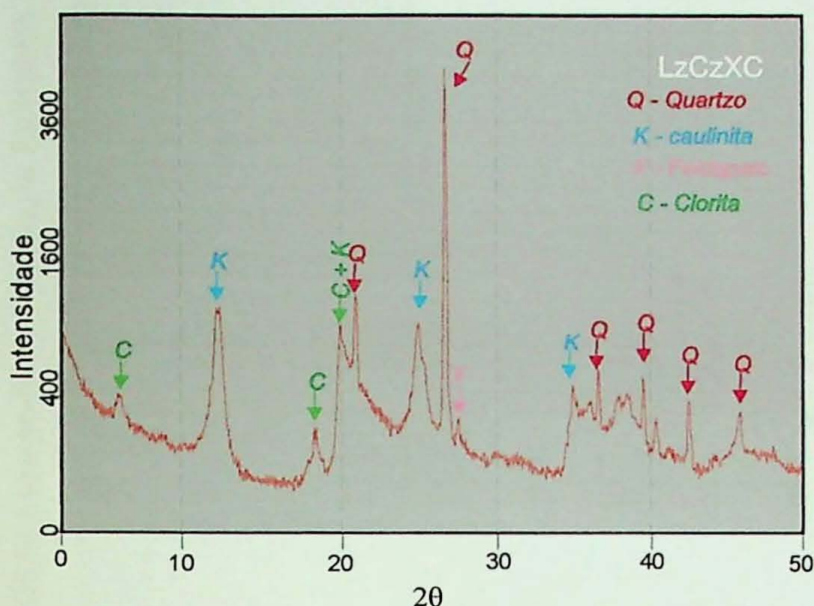


Gráfico 63: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXC (tal qual)

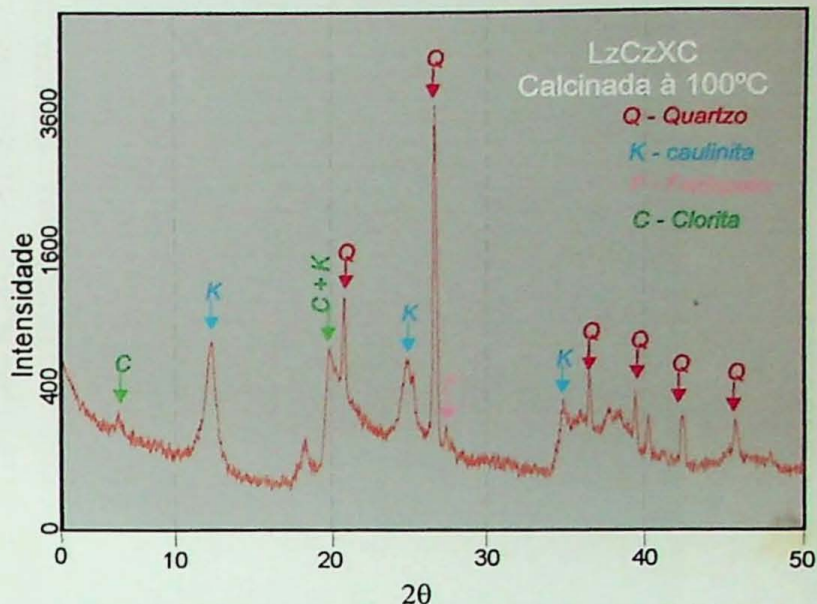


Gráfico 64: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXC (Calcinada à 100°C)

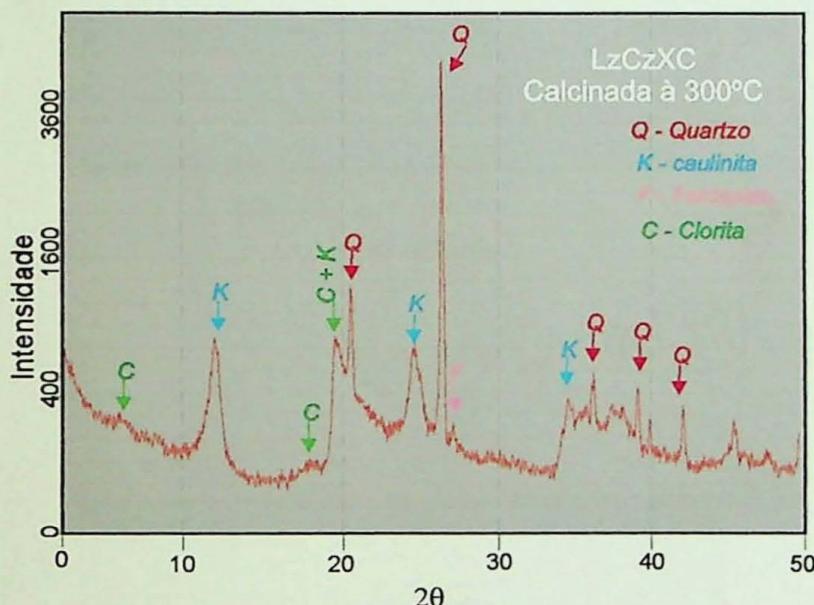


Gráfico 65: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXC (Calcinada à 300°C)

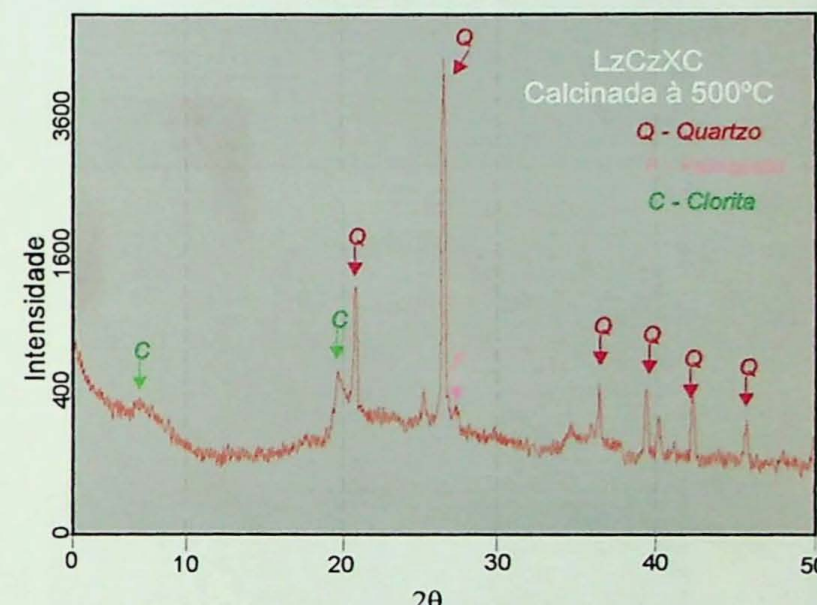


Gráfico 66: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXC (Calcinada à 500°C)

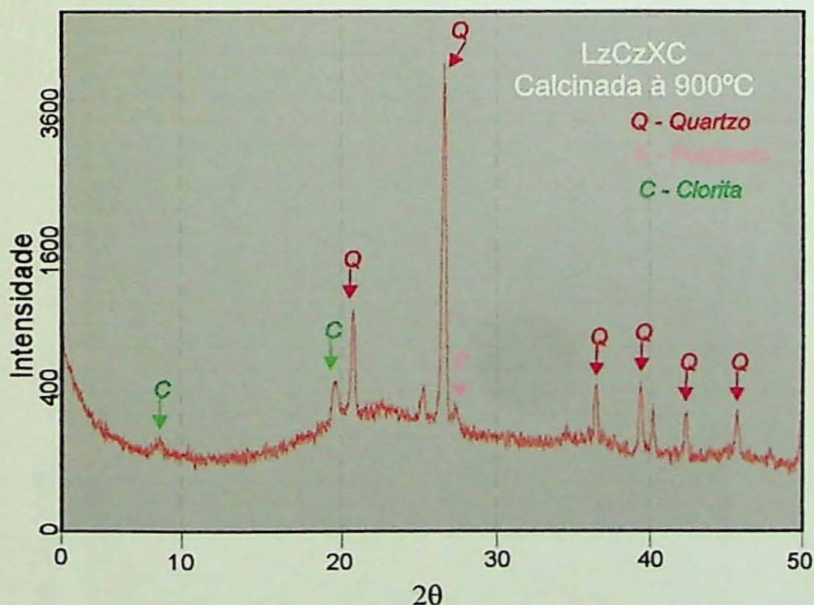


Gráfico 67: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXC (Calcinada à 900°C)

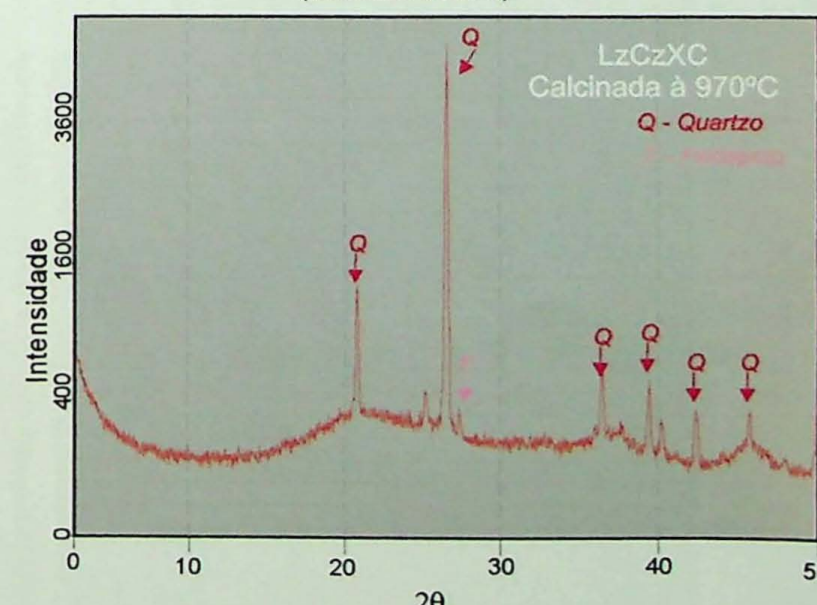


Gráfico 68: Difrátograma de raios x para a amostra LgCzXC (Calcinada à 970°C)

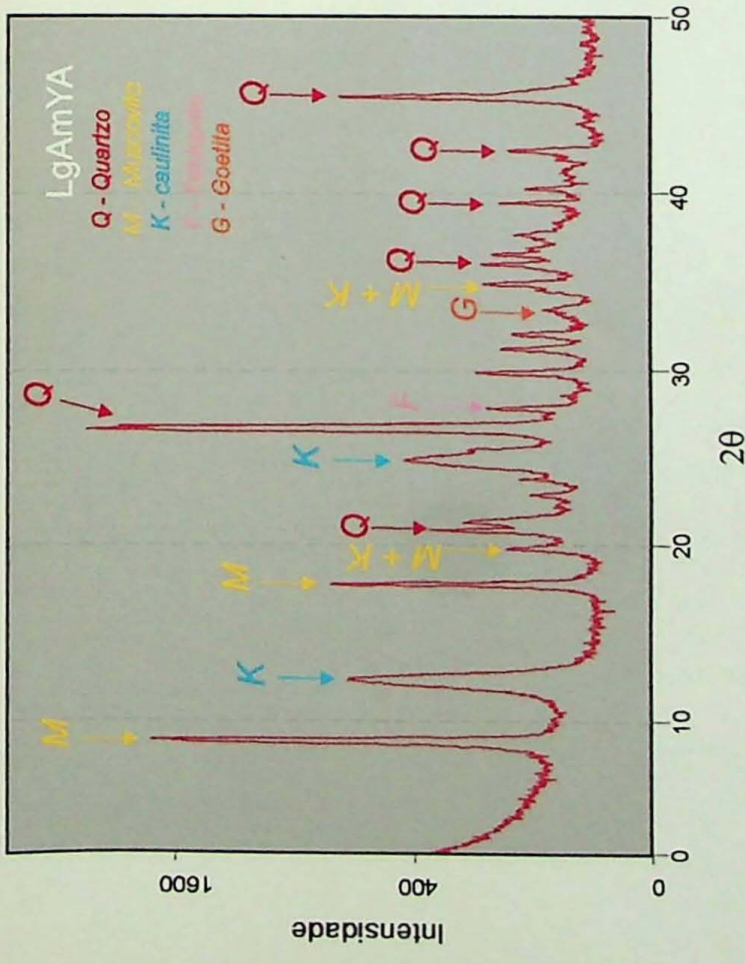


Gráfico 69: Difractograma de raios x para a amostra LgAmYA (tal qual)

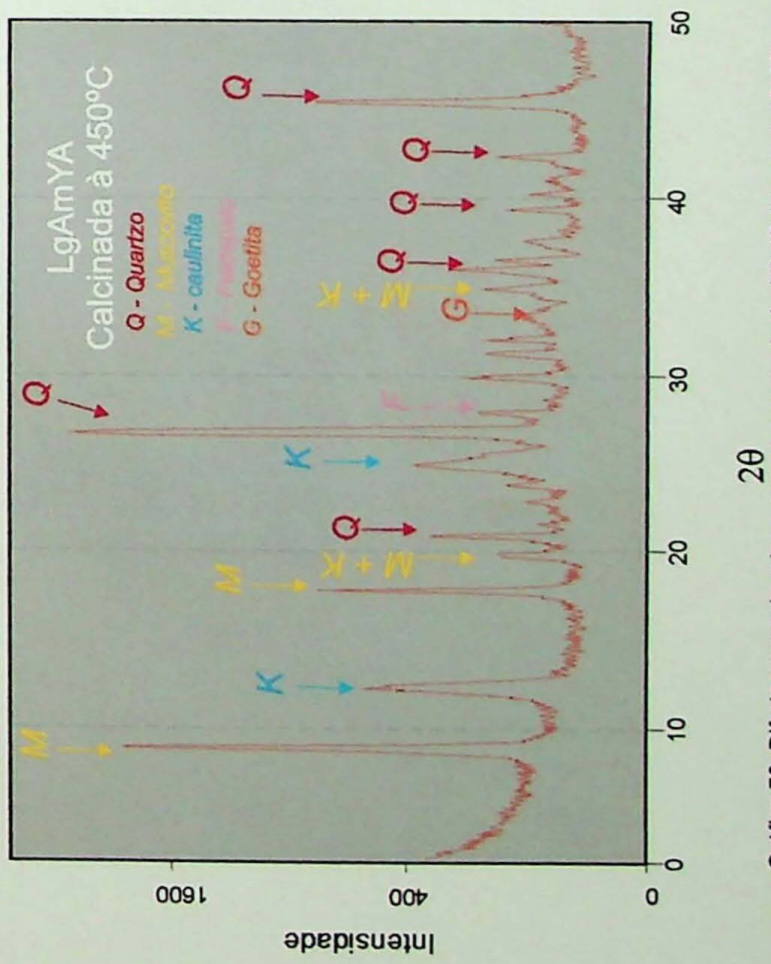


Gráfico 70: Difractograma de raios x para a amostra LgAmYA (Calcinação a 450°C)

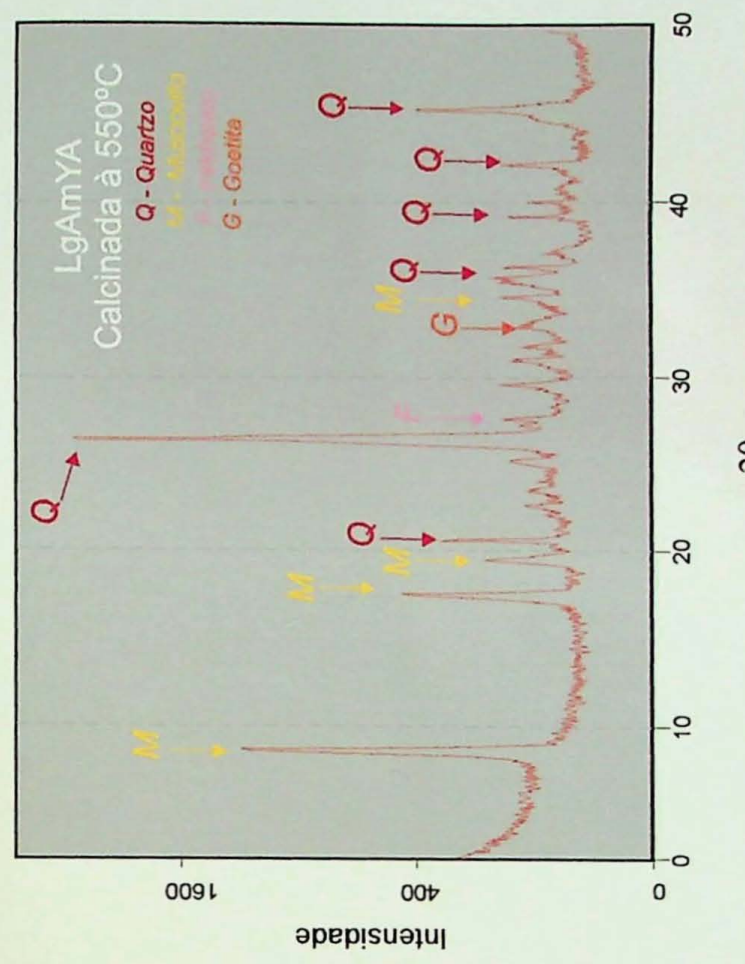


Gráfico 71: Difractograma de raios x para a amostra LgAmYA (Calcinação a 550°C)

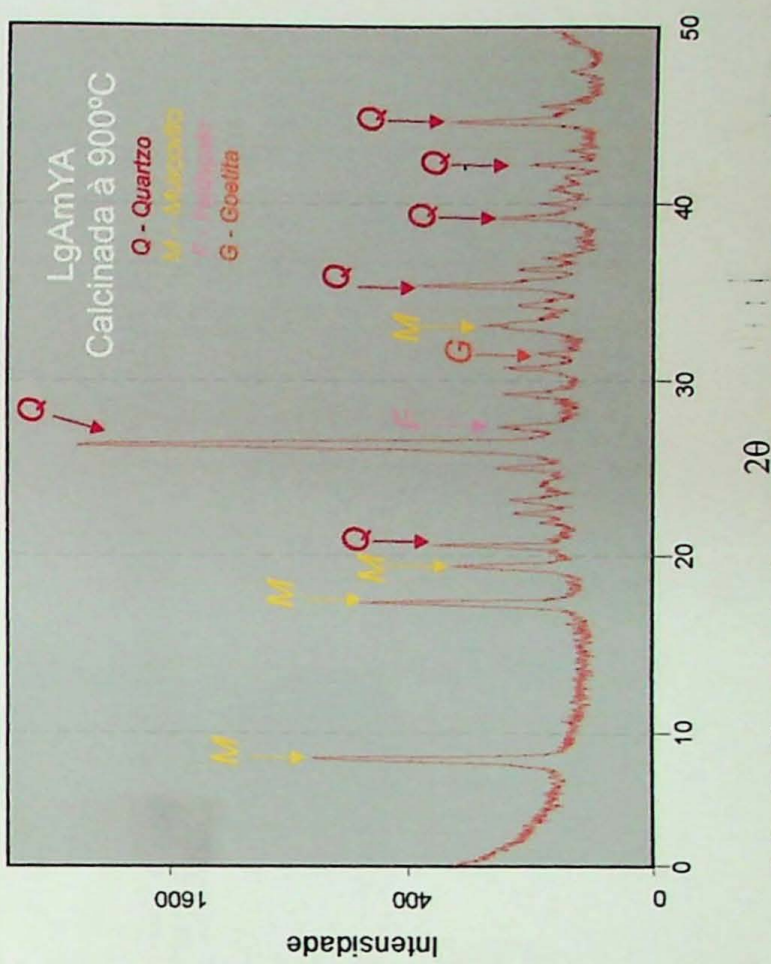


Gráfico 72: Difractograma de raios x para a amostra LgAmYA (Calcinação a 900°C)

