



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

KAIQUE JORDAN SOARES CIRILO

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA EXTRAÍDA
DA MINA SAGRADO CORAÇÃO DE JESUS, NO MUNICÍPIO DE
ITABAIANA, SERGIPE.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

São Cristóvão

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

KAIQUE JORDAN SOARES CIRILO

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA EXTRAÍDA
DA MINA SAGRADO CORAÇÃO DE JESUS, NO MUNICÍPIO DE
ITABAIANA, SERGIPE.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Geologia do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Dr^a Aracy Sousa Senra

Co-orientadora: Vivianne Andrade Bastos

São Cristóvão

2019

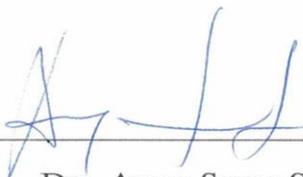
KAIQUE JORDAN SOARES CIRILO

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA EXTRAÍDA DA MINA
SAGRADO CORAÇÃO DE JESUS, NO MUNICÍPIO DE ITABAIANA, SERGIPE.

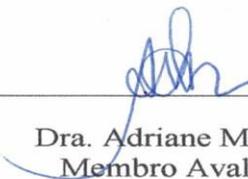
Esse documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia e aprovado em sua forma final.

São Cristóvão, 27 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Aracy Sousa Senra
Orientadora



Dra. Adriane Machado
Membro Avaliador



Geólogo Bruno Eduardo Cardoso Silva
Membro Avaliador

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar o meu caminho, dando-me forças para vencer todos os obstáculos encontrados ao longo dessa jornada.

Aos meus amados pais, por todo amor, incentivo, palavras de otimismo e por não medir esforços para me proporcionar uma excelente educação e formação profissional.

As minhas irmãs, Kaila e Tânia, por estarem sempre ao meu lado.

A minha avó Carminha e as minhas tias, Angela, Edileuza, Marleide, Rosa e Solange, por todo incentivo e apoio.

A minha querida orientadora, professora Aracy, pelo carinho, paciência, incentivo, dedicação e companheirismo ao longo da graduação.

A minha Co – Orientadora e amiga, Vivianne, pelo carinho, amizade, parceria e orientação ao longo da graduação.

A banca examinadora, pela disponibilidade.

A Universidade Federal de Sergipe, por disponibilizar matérias e transporte para saída de campo.

Ao Laboratório de Difração de Raios-X do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em especial a Lucas Bonan, pelo ótimo trabalho com as análises.

A minha querida amiga Marilene pela amizade, amor, suporte e por tornar a minha jornada mais leve durante todos os anos da graduação.

Aos meus colegas de curso pela troca de experiências, compartilhamento de momentos e conquistas.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a confecção deste trabalho e torcem por mim.

Resumo

As argilas que ocorrem na região central do Domo de Itabaiana é o alvo deste trabalho. As rochas do domo são constituídas predominantemente por ortognaisses de composição granítica a granodiorítica, com intercalações de anfibolitos e gabros. Esta diversidade geológica desperta interesse para avaliação do potencial econômico da região. O minério extraído na área de estudo é utilizado para fins da indústria da cerâmica vermelha, sendo explorado pela empresa Sagrado Coração de Jesus desde o ano de 2008. Este estudo pretende caracterizar os minerais na fração argila presentes no material extraído da mina Sagrado Coração de Jesus Ltda., através da técnica de Difração de Raios-X. A mineralogia identificada para as amostras na fração argilosa é composta por ilita, caulinita, clorita, quartzo e k-feldspato. Isto implica que em proporções adequadas esses componentes formam um depósito relevante para a finalidade que é destinada. Os dados obtidos neste estudo, correlacionados com conteúdo descrito na literatura para a mesma região, trazem novas interpretações em relação à composição mineralógica da fração argila para área estudada. As interpretações mineralógicas apresentadas neste estudo irão subsidiar as atividades do arranjo produtivo local da cerâmica vermelha.

Palavras-chave: Argila; Cerâmica Vermelha; Difração de Raios-x; Itabaiana; Sergipe.

Abstract

The clays of central region of Itabaiana's Dome is the aim of this work. The rock that occur are from Gnaiss - Migmatitic Complex, is predominantly composed of orthogneisses from granitic to granodioritic composition, with interphases of amphibolites and gabbros. This geological diversity raises interest for the evaluation of the economic potential of the region. The ore extracted in the study area is used for the purposes of the red ceramics industry, being exploited by the company Sagrado Coração de Jesus since the year 2008. This study aims to characterize the minerals in the clay fraction present in the material extracted from Sagrado Coração de Jesus Ltda. X-Ray Diffraction technique. The mineralogy identified for the samples in the clay fraction is composed of illite, kaolinite, chlorite, quartz and k-feldspar. This implies that in suitable proportions these components form a deposit relevant to the intended purpose. The data obtained in this study, correlated with content described in the literature for the same region, bring new interpretations regarding the mineralogical composition of the clay fraction for the studied area. The mineralogical interpretations presented in this study will subsidize the activities of the local productive arrangement of the red ceramics.

Keywords: Clay; Red Ceramics; Diffraction of x-rays; Itabaiana; Sergipe.

SUMÁRIO

1. Introdução	12
2. Objetivos	13
2.1. Objetivos Gerais	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. Justificativa	14
4. Metodologia	15
5. Caracterização do Local de Estudo	20
5.1. Localização e Acesso	20
5.2. Aspectos Fisiográficos	20
6. Embasamento Teórico.....	22
6.1. Contexto Geológico.....	22
6.1.1. Geologia Regional.....	22
6.1.2. Geologia Local	25
6.2. Minerais na Fração Argila.....	29
7. Caracterização do Afloramento.....	31
8. Resultados e Discussões.....	32
9. Conclusão.....	39
Referências Bibliográficas	40

Lista de figuras

Figura 01 - Coleta do material no Ponto PKI-01 com o auxílio do saco plástico e martelo geológico.....	16
Figura 02 - Processo de desagregação manual da rocha com a utilização de pistilo de plástico.....	16
Figura 03 - Peneiramento (na malha de 200 mesh) do material desagregado.....	17
Figura 04 - Representação esquemática da difração de raios X.....	18
Figura 05 - Mapa de Localização do Município de Itabaiana.....	21
Figura 06 - Mapa Litológico do Município de Itabaiana.....	24
Figura 07 - Afloramento intemperizado, ponto PKI-01.....	27
Figura 08 - Detalhe do afloramento, ponto PKI-01. A seta em vermelho na figura acima indica a foliação do ponto.....	27
Figura 09 - A figura mostra fratura (PF2) com preenchimento de quartzo leitoso, ponto KPI-01.....	28
Figura 10 - Afloramento do ponto PKI-02. A figura mostra o local de coleta do ponto, bem como a foliação indicada pela seta em vermelho.....	28
Figura 11 - Vista da fachada da empresa Sagrado Coração de Jesus.....	31
Figura 12 - Vista geral da mina Sagrado Coração de Jesus Ltda.....	31
Figura 13 - Difratoograma de Raios X da amostra PKI-01, análise rocha total.....	33
Figura 14 - Difratoograma de Raios X da amostra PKI-02, análise rocha total.....	34
Figura 15 - Difratoograma da amostra PKI-01. Onde C- Clorita; I- Ilita e K- caulinita.....	35
Figura 16 - Difratoograma da amostra PKI-02. Onde I- Ilita e K- caulinita.....	36

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Posições referentes aos picos dos argilominerais identificados na amostra PKI-01 analisada em condições, natural (N), glicolada (G) e calcinada (C). $d(A)$ é distância em angstroms.....37

Tabela 2 - Posições referentes aos picos dos argilominerais identificados na amostra PKI-02 analisada em condições natural (N), glicolada (G) e calcinada (C). $d(A)$ é distância em angstroms.....38

Lista de Abreviações

ANM: Agencia Nacional de Mineração

ATD: Análise Térmica Diferencial

ATG: Análise Termogravimétrica

BR: Rodovia Federal

C: Clorita

CPRM: Serviço Geológico do Brasil

DRX: Difração de Raios-X

Ex.: Exemplo

Fg.: Figura

Fm.: Formação

I: Ilita

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K: Caulinita

LDRX: Laboratório de Difração de Raios-X

LTDA: Limitada

NBR: Norma Brasileira

PIB: Produto Interno Bruto

Q: Quartzo

SE: Rodovia Estadual

SIRGAS: Sistema de Referenciamento para as Américas

SRH: Superintendência de Recursos Hídricos

SEMARHS: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

UFS: Universidade Federal de Sergipe

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UTM: Universal Transversa de Mercator

FAPESP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

1. Introdução

As argilas que ocorrem na região central do Domo de Itabaiana é o objeto deste trabalho. As rochas do domo são compostas predominantemente por ortognaisses miloníticos bandados de composição granítica a granodiorítica, com intercalações boudinadas de anfíbolitos e gabros, por vezes com feições migmatíticas refletindo vários estágios de anatexia parcial (Santos *et al.*, 1998).

A diversidade geológica da região desperta interesse para avaliação do seu potencial econômico. Granitoides com especificações para usos ornamentais, gnaisses e gabros para produção de britas e pedra-de-alicerce, argilas para produção de peças cerâmicas, entre outros.

As Argilas, como bem mineral, são de ampla utilização e abrangem diversos campos, tais como na agricultura, na indústria de petróleo, papel, cosméticos, farmacêutica, metalúrgica, tinta, cerâmica e outros (Cogo, 2011). Em geral, são materiais muito diversificados, com características dependentes da sua formação geológica. O que enfatiza a necessidade de estudos de caracterização do material argiloso, a fim de ter o conhecimento pertinente das características da jazida e conseqüentemente extrair o seu real potencial econômico, poupando esforços e economizando recursos (Menezes *et al.*, 2009).

As argilas extraídas no Estado de Sergipe, em geral, são utilizadas pela indústria da cerâmica vermelha para a fabricação de tijolos, telhas e afins. Entretanto, algumas argilas com características específicas podem ser utilizadas para outras finalidades (Prado, 2011).

Os principais argilominerais utilizados nas massas cerâmicas são a caulinita, illita e a montmorilonita. Ainda, outros minerais podem ser encontrados na fração argila a exemplo da clorita, do quartzo, do feldspato, dentre outros. O que influencia diretamente na qualidade do produto.

A matéria-prima extraída na área de estudo é explorada pela empresa Sagrado Coração de Jesus para fins da indústria cerâmica desde o ano de 2008. O material argiloso é utilizado para cerâmica vermelha.

2. Objetivos

2.1. Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar a mineralogia do material extraído na mina Sagrado Coração de Jesus Ltda., no município de Itabaiana – SE, através da difração de raios-X, para utilização na indústria da cerâmica vermelha.

2.2. Objetivos Específicos

O objetivo principal deste trabalho é identificar a mineralogia da fração argilosa pela técnica de difração de Raios-X. Concomitantemente procurou-se compilar os dados analíticos referentes ao material de estudo e elaborar mapas temáticos do município.

3. Justificativa

As argilas extraídas no estado de Sergipe, em geral, são utilizadas como matéria prima para a indústria da cerâmica vermelha e na fabricação de blocos de vedação e estruturais, como telhas, tijolos, ladrilhos e afins. Para essas finalidades o material pode conter uma composição físico-química bastante variada. Conhecer e compreender a matéria prima extraída leva a possibilidades de melhor utilização desse material bem como escolher a técnica correta de processamento. Nessa linha de abordagem este estudo pretende caracterizar a mineralogia do material extraído, para compreender o que faz, mineralogicamente, esta argila ser utilizada pela indústria sergipana, além de obter informações que possam contribuir as atividades do arranjo produtivo local na escolha do balanceamento do material ou do processamento.

4. Metodologia

A metodologia do trabalho foi dividida em três etapas: escritório, campo e laboratório.

Na etapa de escritório foram realizados levantamentos bibliográficos e pesquisas sobre a geologia regional e local da área estudada, as propriedades dos minerais na fração argila e difração de raios-X, em livros, artigos científicos, endereços eletrônicos específicos, a exemplo do ANM (2018), e trabalhos análogos que contribuíram para a interpretação dos dados. Além disso, foram consultados os bancos de dados da Superintendência de Recursos Hídricos do Estado (SRH, 2014). De posse dessas informações e utilizando o *Softwar* ArcGis 10.1, foram confeccionados os mapas temáticos que ilustram este trabalho.

Na etapa de campo foi realizada uma visita de campo à mina Sagrado Coração de Jesus Ltda., onde foram definidos dois pontos para a coleta de duas amostras (PKI -01 e PKI -02). As amostras foram coletadas nas frentes de lavra ativas. A amostragem nos pontos foi realizada utilizando um martelo geológico e sacos plásticos (Figura 01).

No laboratório as amostras coletadas em campo foram desagregadas manualmente, a fim de separar os grãos cimentados. O processo foi realizado com o auxílio de um pistilo e uma bandeja em aço inox para cada amostra, evitando contaminação entre elas (Figura 02). As rochas foram desagregadas o máximo possível para que posteriormente pudessem passar pela peneira com malha de 200 mesh ou 0,074mm (Figura 03), a fim de homogeneizar os grãos da fração argila para a difração de raios-X (DRX).



Figura 01 - Coleta do material no Ponto PKI-01 com o auxílio do saco plástico e martelo geológico.

FONTE: (Autoria Própria).



Figura 02 - Processo de desagregação manual da rocha com a utilização de pistilo de plástico.

FONTE: (Autoria Própria).



Figura 03 - Peneiramento (na malha de 200 mesh) do material desagregado.

FONTE: (Autoria Própria).

A difração de raios-X foi a análise utilizada para a identificação dos minerais na fração argila. Duas amostras (PKI-01 e PKI-02) do material peneirado foram enviadas ao Laboratório de Difractometria de Raios-X (LDRX) do Instituto de Geociências na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A difração de raios-X é uma das ferramentas mais utilizadas para caracterização mineralógica de minerais na fração argila. Esta técnica possibilita a identificação de fases mineralógicas em frações finas (Grun, 2007). A base teórica desta análise é a Lei de Bragg (Figura 04): $\lambda = 2d\sin\theta$, onde λ é o comprimento de onda da fonte de raios-X utilizado, d são as distâncias interplanares e θ é o ângulo da reflexão. Um conjunto das diversas distâncias interplanares d é típica para cada mineral (Neumann *et al*, 2004)

Na configuração mais comum de uma difração de Raios-X, chamada de $\theta/2\theta$, a fonte de Raios-X emite o feixe com o ângulo θ em relação ao plano da amostra. Este feixe será difratado com o mesmo ângulo θ , formando um ângulo 2θ entre o feixe emitido e o difratado. O feixe difratado será detectado pelo detector que no aparato está acoplado ao plano da amostra de forma que quando se rotaciona a amostra numa velocidade angular θ , o detector

rotaciona junto com o dobro desta velocidade, de maneira que sempre está detectando as contagens refletidas no plano da amostra. A leitura que se faz são contagens refletidas em determinado ângulo θ , convertido para distâncias interplanares d pela equação de *Bragg*, e qualquer má preparação de amostra, que perturbe esta geometria, resulta em erros de leitura do ângulo (Neumann *et al*, 2004).

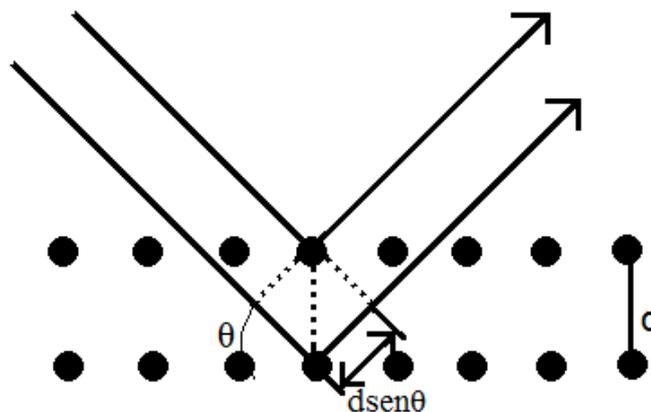


Figura 04 - Representação esquemática da difração de raios-X.

Fonte: (adaptada do livro Física Moderna. Tipler, 1994).

Na amostra em pó o material pulverizado ou desagregado é depositado em uma porta amostra específico para o pó procurando-se preservar a desorientação das partículas onde todos os minerais ou estruturas cristalinas são analisados.

Os minerais e/ou fases cristalinas são identificados através da medida das distâncias interplanares (valor de “ d ”) e das intensidades dos picos nos difratogramas.

O método orientado foi aplicado nas amostras deste trabalho para obter uma orientação preferencial dos minerais de argila. Para isso, utilizou-se dos seguintes passos: quarteamento das amostras, desagregação dos grãos em porcelana, desagregação por agitação durante 14 horas em agitador orbital, desagregação por ultrassom de ponteira durante 5 min com amostra em solução, estabilização da temperatura para controle da viscosidade do fluido, cálculo do tempo de decantação respectivo de cada fração de acordo com a Lei de *Stokes*. O processo de decantação normal foi utilizado para separar da amostra a fração $< 2\mu\text{m}$. O tempo estipulado para essa fração foi de 5h 27min 30s, e por fim a preparação de lâminas delgadas

orientadas por pipetagem. Neste processo, privilegiam-se as faces (001) para a identificação de argilominerais, chamando-se a amostra de orientada natural.

Para a obtenção da amostra glicolada, borrifa-se a amostra orientada natural com etileno glicol e o excesso é retirado com papel absorvente, para verificar a existência ou não de argilominerais expansivos.

Para a amostra calcinada, a amostra orientada natural foi aquecida a 550°C durante duas horas, para avaliar argilominerais que colapsam a sua estrutura nestas condições de temperatura (ex.: argilominerais do grupo da caulinita) permitindo uma identificação mais precisa.

5. Caracterização do Local de Estudo

5.1. Localização e Acesso

A área de estudo localiza-se no Município de Itabaiana - Sergipe, região central do Estado. A distância do município até a capital, Aracaju, é de 57,7km, sendo o acesso realizado através da Rodovia Federal BR-235. A figura 05 ilustra o mapa de localização da área de estudo.

5.2. Aspectos Fisiográficos

O município de Itabaiana ocupa uma área de 337,295 km². A população do município no último censo IBGE (2010) foi de 86.967,00 pessoas, com densidade demográfica de 258,30 hab/km². A população estimada para 2018 é 94.696,00 pessoas.

O clima da região é semiárido com um período de quatro a cinco meses de seca e precipitação de chuva concentrada geralmente entre os meses de junho a setembro. A geomorfologia é principalmente superfície pediplanada e por vezes relevos dissecados-serras residuais (Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe, 2016).

Quanto á hidrografia, o município está inserido em duas bacias hidrográficas (BH), a BH do Rio Sergipe e a BH do Rio Vaza Barris (Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe, 2016).

Itabaiana tem um dos maiores comércios de Sergipe. É considerada a capital do caminhão por ter o maior percentual de caminhão por pessoa do país. A economia gira em torno da agricultura, comércio, pecuária e pequenas indústrias (Prefeitura Municipal de Itabaiana, 2018).

O Produto Interno Bruto (PIB) per capita foi de 17.551,64 R\$, segundo o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (CENSO IBGE, 2010).

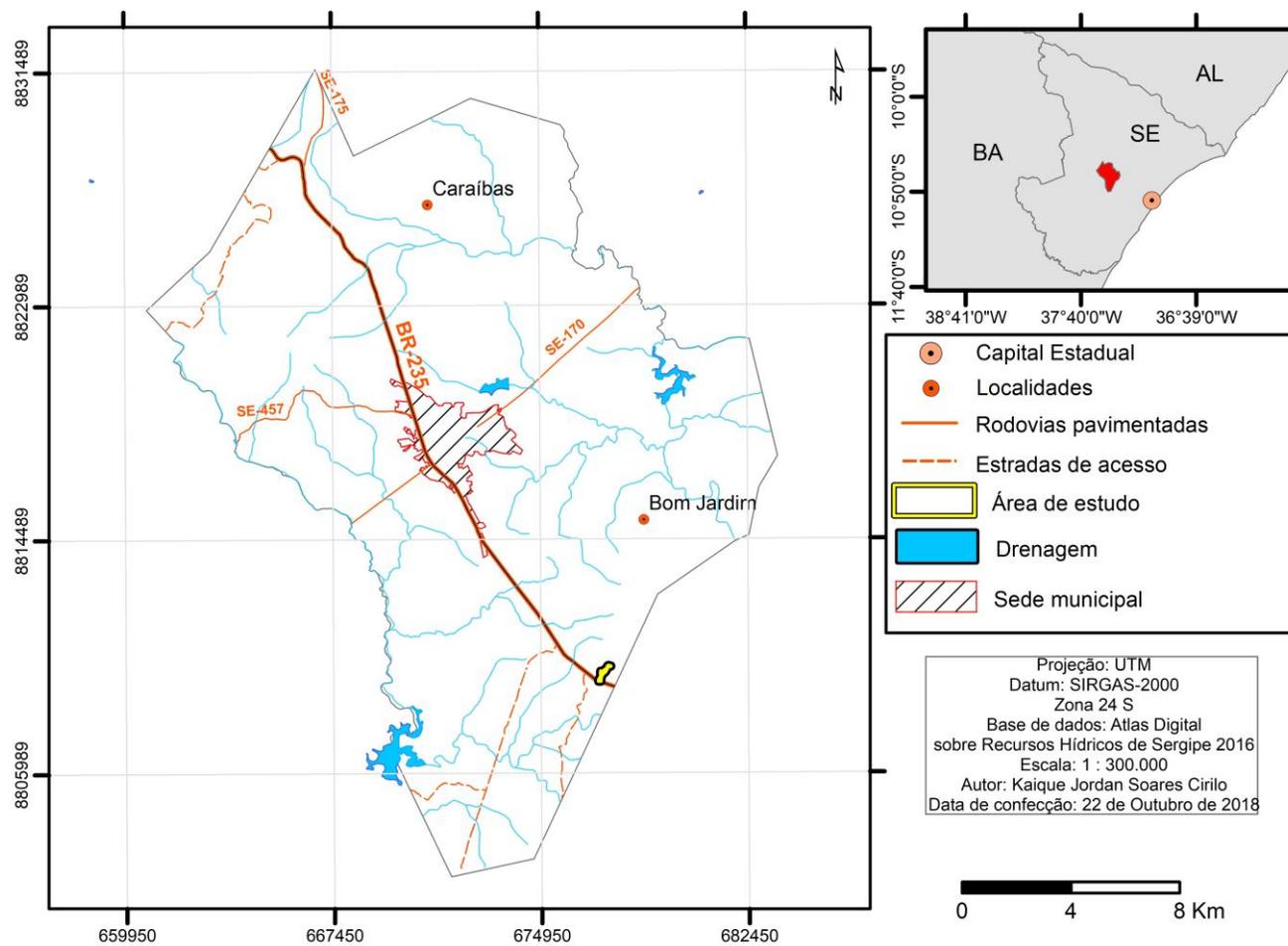


Figura 05 - Mapa de localização do Município de Itabaiana/SE.

Fonte: (Mapa geológico de recursos minerais do Estado de Sergipe; Atlas de recursos hídricos, 2016).

6. Embasamento Teórico

6.1. Contexto Geológico

6.1.1. Geologia Regional

O município de Itabaiana possui contexto geológico configurado por rochas pertencentes a Faixa de Dobramentos Sergipana (FDS) e rochas do Complexo Gnáissico - Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias (Figura 06).

Complexo Gnáissico - Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias

As rochas pertencentes ao Complexo Gnáissico - Migmatítico dos Domos de Itabaiana e Simão Dias (o qual não aflora na área estudada) destacam-se os ortognaisses miloníticos bandados de composição granítica a granodiorítica, com intercalações boudinadas de anfibolitos e gabros, por vezes com feições migmatíticas refletindo vários estágios de anatexia parcial. A composição mais frequente desses gnaisses de fácies anfibolito inclui quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita (hornblenda?), moscovita, sericita, epidoto e clorita (Santos *et al.*, 1998).

Faixa de Dobramentos Sergipana

As rochas ou litotipos representantes da FDS são atribuídas ao Grupo Vaza Barris, composto pela Formação Olhos D'água, Formação Palestina e Formação Frei Paulo, e o Grupo Miaba, que é constituído pela Formação Jacoca, Formação Ribeirópolis e Formação Itabaiana. Sendo que a Formação Palestina e a Fm. Jacoca não afloram na área de estudo. (Santos *et al.*, 1998).

A Formação Olhos D'água caracteriza-se por possuir rochas carbonáticas laminadas, com intercalações de metapelitos e metachert subordinado. As rochas carbonáticas da Formação Olhos D'água apresentam anisotropias planares que registram com frequência os dobramentos e redobramentos progressivos da deformação brasileira, com estilos muito variados, bem como os cavalgamentos característicos do Domínio Vaza-Barris (Santos *et al.*, 1998).

A Formação Frei Paulo é basicamente composta por filitos siltosos, metarenitos impuros e metarritmitos (marga, calcário, folhelho e siltito), agrupados e cartografados em três litofácies interdigitadas (MNfp1, MNfp2 e MNfp3) (Santos *et al.*, 1998). Segundo a versão atual do Mapa Geológico de Recursos Minerais do Estado de Sergipe (2014), a Fm. Frei Paulo foi agrupada em cinco litofácies (NP2fpfm, NP2fpma, NP2fpmr, NP2fps e NP2fpg).

A Formação Ribeirópolis é composta essencialmente por filitos, filitos seixosos, metagrauvacas, metagrauvacas seixosas e metaconglomerados, além de rochas metavulcânicas ácidas a intermediárias xistificadas, subordinadas. Esta formação mostra as mesmas deformações comuns às demais unidades do Domínio Vaza-Barris, caracterizadas principalmente por dobramentos e cavalgamentos com vergência para sudoeste (Santos *et al.*, 1998).

A Formação Itabaiana é constituída principalmente por metarenitos e quartzitos médios a grossos, quartzitos finos, filitos às vezes negros e metarenitos conglomeráticos no topo. As deformações dúcteis identificadas nos metarenito desta formação são normalmente fracas. Porém, é importante destacar a presença de quartzitos milonitizados na zona de cisalhamento dúctil que bordeja a parte sul do Domo de Itabaiana, que o conecta ao Domo de Simão Dias. (Santos *et al.*, 1998).

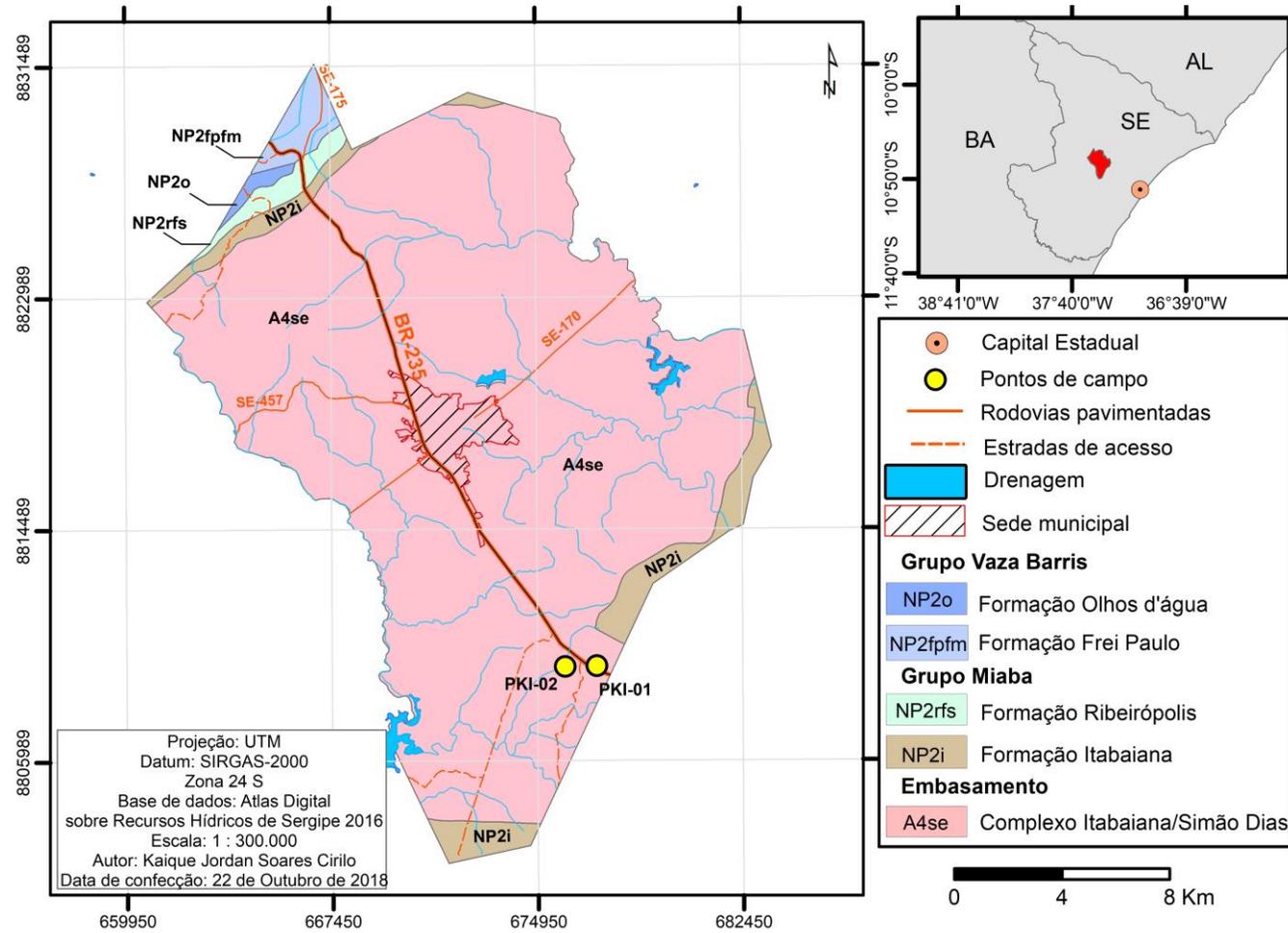


Figura 06 - Mapa Litológico do Município de Itabaiana.

Fonte: (Mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Sergipe; Atlas de recursos hídricos, 2016).

6.1.2. Geologia Local

A unidade litoestratigráfica foco deste estudo é o Complexo Gnáissico – Migmatítico do Domo de Itabaiana. Os dados geocronológicos disponíveis são escassos. Contudo, estudos que inclui datações com Sm/Nd em migmatitos do Domo de Itabaiana estão sendo executado dentro de um programada de estudos geocronológicos da província Borbarema através da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e da *National Science Foundation (USA)* (Santos *et al.*, 1998). A idade-modelo (TDM) obtida até então foi 2.750Ma (Van Schmus *et al.*, 1997, *apud* Santos *et al.* 1998).

O complexo estudado é composto predominantemente por ortognaisses miloníticos bandados de composição granítica a granodiorítica, com intercalações boudinadas de anfibolitos e gabros, por vezes com feições migmatíticas refletindo vários estágios de anatexia parcial. A composição mais frequente desses gnaisses de fácies anfibolito inclui quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita (hornblenda?), moscovita, sericita, epidoto e clorita. Alguns gnaisses apresentam porfiroclastos de feldspato, relíquias de textura ígnea original, por vezes transformados em augen gnaisse. Isto pode ser visto no rio Jacarecica, contato leste do Domo de Itabaiana, tanto em afloramentos do próprio gnaisse como em clastos angulosos no conglomerado basal do quartzito da Formação Itabaiana (Santos *et al.*, 1998).

Segundo D'el Rey Silva (1992), foram registrados, nos gnaisses e migmatitos do Domo de Itabaiana, os três eventos de deformação dúctil a dúctil-rúptil que afetaram a cobertura metassedimentar no Domínio Vaza-Barris. Isto indica que também foram envolvidos pela tectônica tangencial brasileira. Além disso, as variações de espessuras e de fácies nas coberturas sedimentares que contornam os domos demonstram que eles desenvolveram-se como paleoaltos durante a sedimentação. Segundo o mesmo autor, a posição estrutural atual dos domos na faixa de dobramentos é devido à reativação de falhas lísticas extensionais regionais para falhas contracionais, limítrofes desses segmentos do embasamento (Falhas de Mocambo, Simão Dias e Itaporanga).

Segundo Prado (2011) os depósitos argilosos descritos para o município são pertencentes a Fm. Frei Paulo, Grupo Vaza Barris. Esta unidade é constituída por filitos siltsosos, metarenitos e metaritimitos (marga, calcário, folhelho e siltito), segundo Santos (1998). Uma correlação entre os depósitos argilosos e esta unidade é possível, mas improvável, pois o Grupo Vaza Barris é constituído predominantemente por rochas em sua

maioria carbonáticas. Uma interpretação mais precisa e sugerida seria a correlação destes depósitos como produto de alteração dos ortognaisses bandados, anfibolitos ou até mesmo dos gabros descritos por Santos (1998).

Os afloramentos PKI-01 e PKI-02 (local das coletas das amostras) coordenadas UTM 0677121/8809458 e 0675961/8808434, respectivamente, estão de maneira geral, muito intemperizados (Figura 07 e 10, respectivamente), o que dificulta a sua descrição mineralógica e litológica em campo. Embora muito alteradas, as rochas preservam estruturas, interpretadas como primárias e designadas como foliações cuja atitude principal mostra direção preferencial para N020, com caimento para sudeste de aproximadamente 10^0 (Figura 08). Localmente apresentam fraturas, algumas com percolação de óxido de ferro, e quartzo leitoso dentro da fratura PF2 (Figura 09). Os planos de fraturas com percolação apresentaram direção aproximada de N020 com mergulhos subverticais. Com o auxílio de uma lupa de mão foi possível identificar os seguintes minerais: quartzo e mica.



Figura 07 - Afloramento intemperizado, ponto PKI-01.

FONTE: (Autoria Própria).



Figura 08 - Detalhe do afloramento, ponto PKI-01. A seta em vermelho na figura acima indica a foliação do ponto.

FONTE: (Autoria Própria).

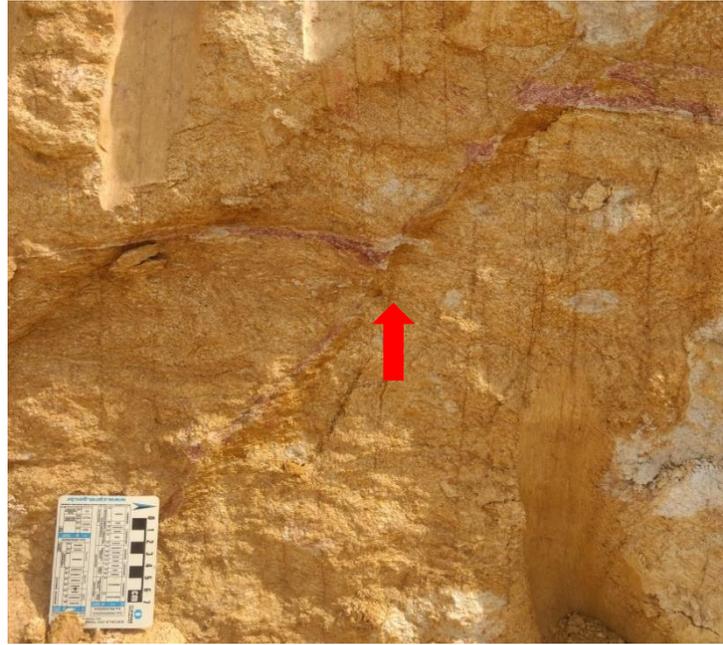


Figura 09 - A figura mostra fratura (PF2) com preenchimento de quartzo leitoso, ponto KPI-01.

FONTE: (Autoria Própria).



Figura 10 - Afloramento do ponto PKI-02. A figura mostra o local de coleta do ponto, bem como a foliação indicada pela seta em vermelho.

FONTE: (Autoria Própria).

6.2. Minerais na Fração Argila

Há uma ambiguidade em relação à definição do termo argila, que por não ter significado genético pode ser utilizado com diferentes sentidos. Para o presente trabalho entende-se argila como sendo grãos com diâmetro inferior a $4\mu\text{m}$ ou $2\mu\text{m}$ (micrometro), segundo as escalas de Wentworth (1922) e Attemberg (que em 1927 foi adotada pela Comissão Internacional de Ciência dos Solos (Santos, 2011)), respectivamente. Constituída predominantemente por argilomineirais (filossilicatos de alumínio e magnésio) e minerais não argilosos, tais como quartzo, micas, feldspatos, carbonato, minerais opacos, além de matéria orgânica (Cabral Junior *et al.*, 2008; Luna, 1999).

Os principais argilominerais utilizados nas massas cerâmicas são a caulinita, illita e a montmorilonita. E os minerais que podem ser encontrados na fração argila são: clorita, quartzo, feldspato, montmorilonita, illita, matéria orgânica, entre outros.

A caulinita é um argilomineral não expansivo e o mais frequentemente encontrado nas argilas. A composição química teórica é 59,50% de Al_2O_3 , 46,54% de SiO_2 e 13,96 de H_2O ; no entanto, podem ser observadas pequenas variações na sua composição. Algumas das suas características mais interessantes para a indústria cerâmica é que argilas compostas essencialmente por este mineral são mais refratárias, porém a plasticidade da caulinita é muito pequena (Grun, 2007, Luz *et al.*, 2008, Machado, 2013).

A montmorilonita é um aluminossilicato pertencente ao grupo da esmectita, sua fórmula geral é dada por $(\text{OH})_2(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$. Este argilomineral é caracterizado pela sua alta plasticidade, que implica tendência a causar trincas de secagem (Mas, 2002), e efeito expansivo, adsorvendo água ou matéria orgânica entre suas camadas estruturais, possui também elevada capacidade de troca catiônica (Deer *et al.*, 2000).

O quartzo quase sempre está presente nos depósitos da fração argila, por ser um mineral muito resistente. Este reduz a plasticidade, diminui a retração e facilita a secagem (Grun, 2007).

A illita apresenta uma fração do silício substituída por alumínio, além da existência do potássio na sua estrutura, que a concede uma boa resistência após o processo de sinterização (Grun, 2007). Este aluminossilicato mostra comportamento muito fundente, com formação de

uma fase líquida. Dentre suas propriedades, destacam-se ainda a baixa expansão, fraca adsorção de água e diminuição da porosidade (Sousa, 2008).

A clorita tem estrutura cristalina (2:1), constituída por camadas regulares de mica ligadas e alternadas por folhas octaédricas de brucita (Scapin, 2003). Segundo Prado (2011), além da estrutura dos argilominerais a composição também determina as características físicas e químicas, permitindo estudar os beneficiamentos que devem ser feitos para alterar as propriedades do produto final. A clorita destaca-se por diminuir as propriedades refratárias das peças cerâmicas (Gaspar *et al.*, 2007).

O grupo do Feldspato é constituído por aluminossilicatos de sódio, potássio e cálcio. Estes minerais apresentam comportamento diferente na indústria cerâmica, durante a queima. Algumas características dos feldspatos sódicos são: baixo ponto de fusão e fusão abrupta, bem como retração e fusibilidade dependentes da temperatura. Por outro lado, os feldspatos potássicos são caracterizados por um ponto de fusão mais elevado, de cerca de 1500C, e seu comportamento cerâmico se dá de forma mais progressiva. Os limites térmicos de trabalho destes minerais potássicos são relativamente mais amplos, pois se deve a maior viscosidade da massa fundida (Luz *et al.*, 2005).

A matéria orgânica quando presente nas argilas pode influenciar na sua plasticidade. Podendo conferir maior plasticidade e porosidade (Verdade, 1954). Embora seja comum relatar que a sua presença aumenta a plasticidade, Segundo Ribeiro (2004), a matéria orgânica pode ocasionar aderência e aumentar a coesão após secagem, agindo como uma “cola” contribuindo assim para uma maior trabalhabilidade, mas limitando a mobilidade das lamelas, conseqüentemente influenciando negativamente na plasticidade.

7. Caracterização do Afloramento

A área alvo de estudo está inserida no polígono cadastrado no Agência Nacional de Mineração (ANM) sob o numero de processo 878153 referente ao ano de 2007. Possui área de 4,73 hectares (ha) e está de acordo com o Cadastro Mineiro, em fase de Licenciamento desde data. A empresa Sagrado Coração de Jesus mantém a mina em atividade desde 2008 e trabalha com extração de argila para indústria da cerâmica vermelha. A figura 11 mostra a fachada da empresa.

No local de extração do material são observados três níveis de retirada com as bancadas ocorrendo em afloramento do tipo corte de estrada (Figura 12).



Figura 11 - Vista da fachada da empresa Sagrado Coração de Jesus.

FONTE: (Autoria Própria).



Figura 12 - Vista geral da cava da mina Sagrado Coração de Jesus Ltda.

FONTE: (Autoria Própria).

8. Resultados e Discussões

A composição mineralógica em conjunto com a química e física das argilas é de extrema importância para o fabrico de peças cerâmicas, dado que estas propriedades imprimem as características de trabalhabilidade no preparo das peças e sinterização no processo térmico, conferindo a resistência necessária (Cabral Junior *et al.*, 2008).

Na difração de raios-X (DRX) identificou-se a mineralogia das amostras. Os minerais identificados foram: ilita, caulinita, clorita, quartzo e k-feldspato. Sendo que a clorita aparece apenas na amostra PKI-01 e o k-feldspato apenas na PKI-02.

O mineral ilita apresenta comportamento muito fundente, o que diminui a porosidade do material, tem boa resistência após o processo de sinterização e baixa expansão.

A caulinita é o argilomineral mais frequentemente encontrado nas argilas. Este mineral se torna muito refratário, porém sua plasticidade é muito pequena.

A clorita destaca-se por diminuir as propriedades refratárias das peças cerâmicas (Gaspar *et al.*, 2007). Além disso, confere alta plasticidade e pouca expansividade ao material.

O quartzo quase sempre está presente nos depósitos da fração argila. Este oferece resistência na fabricação de cerâmica vermelha, reduzindo a plasticidade, diminui a retração e facilita a secagem.

O k-feldspato é um mineral que apresenta propriedades fundentes, que diminui a porosidade e conseqüentemente aumenta a resistência mecânica.

As análises das amostras naturais, preparadas pelo Método do Pó, apresentam vários picos minerais, muitos dos quais não identificados no DRX. A figura 13 e a fig. 14 são os gráficos representativos da difração de raios-X para as amostras PKI-01 e PKI-02, respectivamente.

PKI- 01

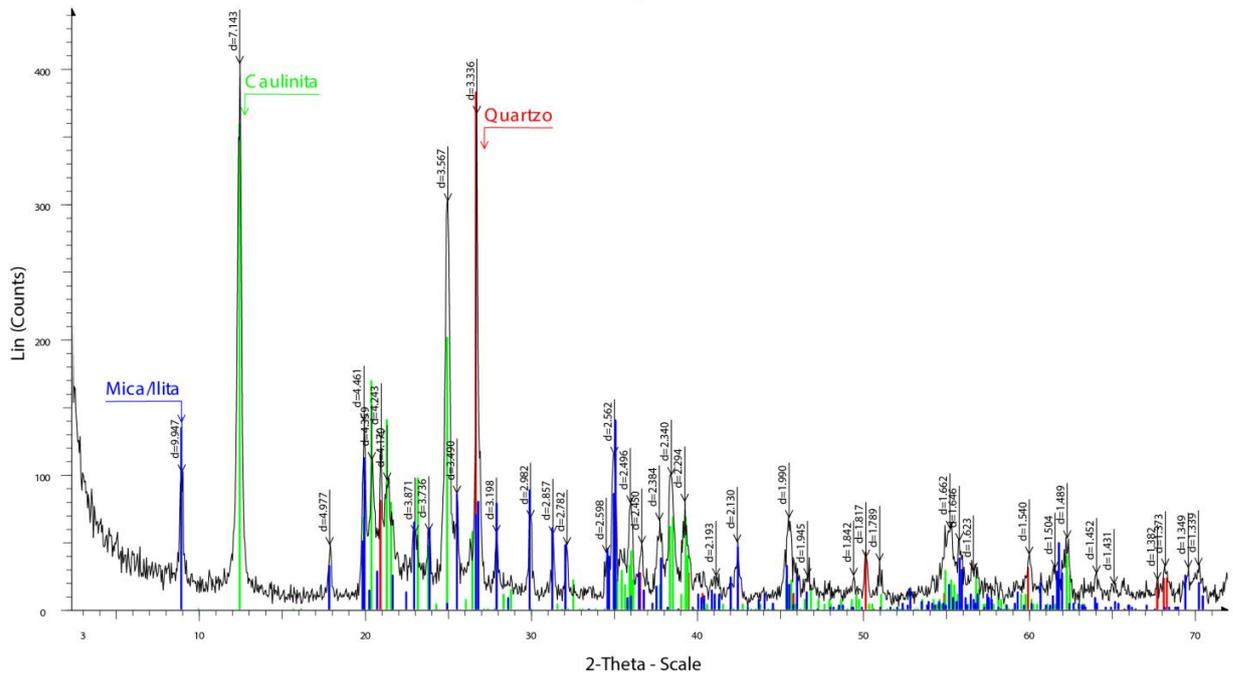


Figura 13 - Difratoograma de Raios-X da amostra PKI-01, análise rocha total.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X -LDRX da UFRGS).

PKI-O2

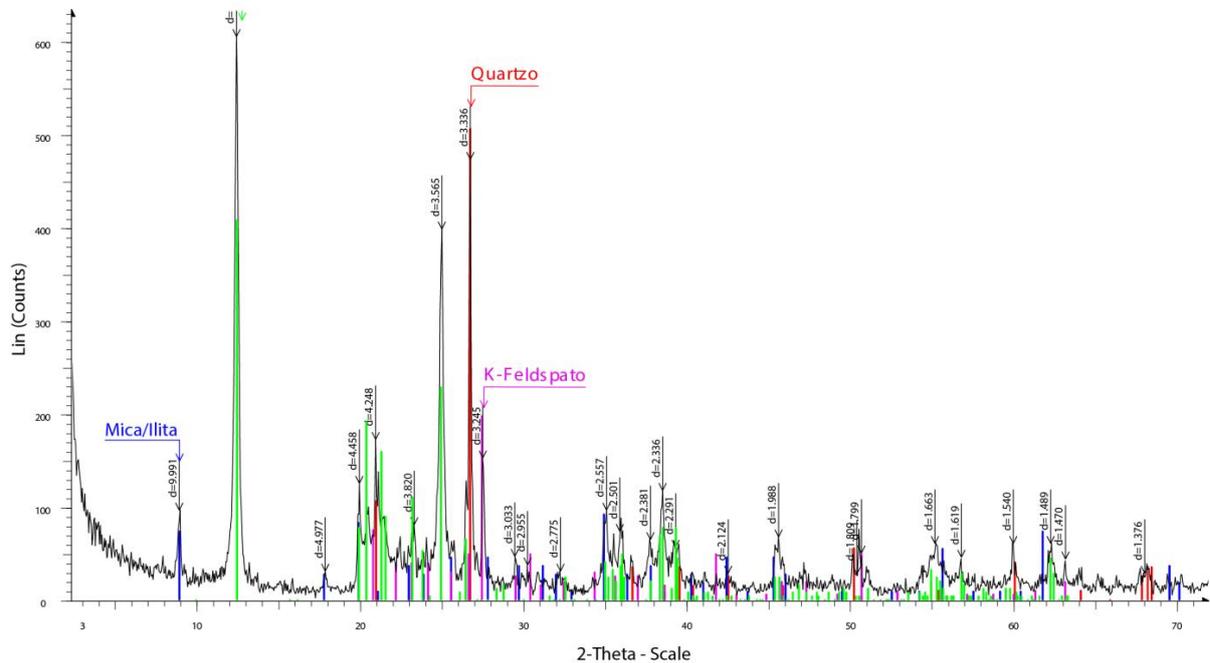


Figura 14 - Difratoograma de Raios-X da amostra PKI-02, análise rocha total.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X -LDRX da UFRGS).

Nas análises DRX da rocha total os picos não identificados possivelmente se dão, entre outros, devido à sobreposição de minerais. É necessário mais de um pico de intensidade do mesmo mineral para que este seja identificado, pois alguns minerais apresentam distâncias interplanares muito parecidas, dificultando a identificação na ausência de mais de um pico.

Os picos de identificação dos minerais presentes nas amostras orientada natural, glicolada e calcinada, são representados em difratogramas para argilominerais. A figura 15 e a figura 16 são os gráficos representativos da DRX para as amostras PKI-01 e PKI-02, respectivamente.

PKI-01

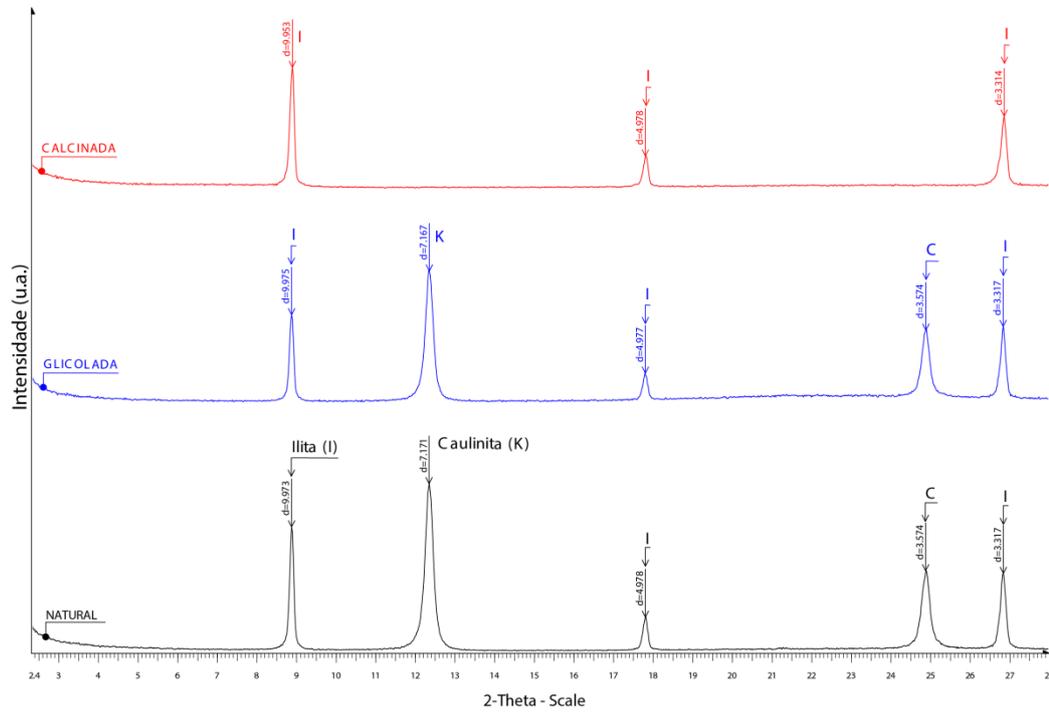


Figura 15 - Difratoograma da amostra PKI-01. Onde C- Clorita; I- Ilita e K- caulinita.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X -LDRX da UFRGS).

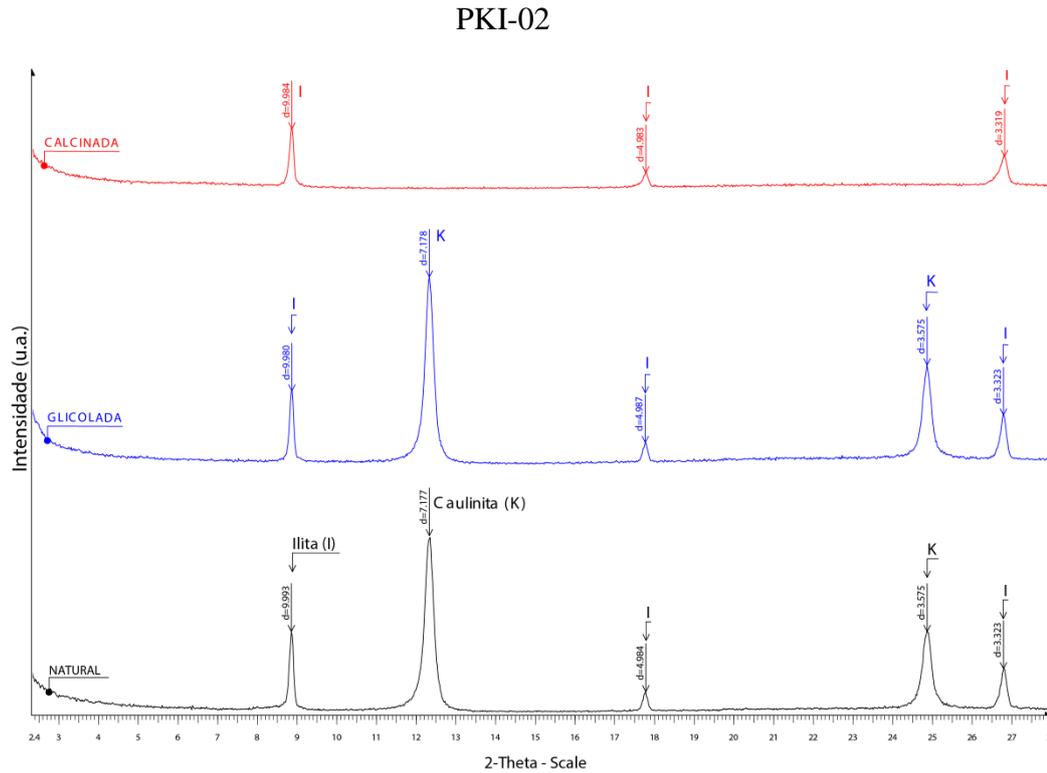


Figura 16 - Difratoograma da amostra PKI-02. Onde I- Ilita e K- caulinita.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X -LDRX da UFRGS).

As amostras em forma natural e glicolada demonstram o mesmo padrão, o que indica a ausência de minerais expansivos no material. As amostras calcinadas mostram variação no padrão devido à ausência dos picos de caulinita e clorita na PKI-01, e caulinita na PKI-02, observados nas amostras citas anteriormente.

A ausência de minerais expansivos no material é algo positivo para indústria ceramista. A expansividade dos argilominerais é um dos fatores mais importantes que influenciam o comportamento e durabilidade dos materiais argilosos. Causam o aparecimento de trincas e rachaduras nas peças (Pereira, 2004).

A ausência da caulinita na amostra calcinada era esperada. Este desaparecimento é citado na bibliografia pesquisada. Segundo Scapin (2003), quando aquecida a 550° a caulinita colapsa, seus padrões de difração desaparecem, já que se tornam amorfos aos raios-X.

A clorita tem pequena capacidade de troca catiônica. Algumas cloritas denominadas de “cloritas expansivas” quando tratadas com glicerol (composto orgânico pertencente à função álcool) mostra um aumento do espaçamento basal (Pereira, 2004, *apud* Gilliott, 1987).

A mineralogia caracterizada no material analisado diverge das análises mineralógicas obtidas por Prado (2015) para a mesma região. Esta autora realizou um estudo de caracterização química e mineralógica das argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha no estado de Sergipe. Para a análise mineralógica utilizou difração de raios-X em amostras naturais, preparadas apenas pelo Método do Pó. Os minerais identificados pela referida autora para as amostras coletadas no município de Itabaiana foram: caulinita, haloisita, montmorilonita e quartzo.

A divergência nos resultados reforça a necessidade de novos trabalhos na região, para subsidiar as atividades do arranjo produtivo local da cerâmica vermelha.

Os picos dos minerais identificados nas amostras estudadas assemelham-se as posições das distâncias interplanares encontradas em outros trabalhos, para os mesmos minerais, com pequenas variações no teor ou grau de cristalinidade. Como exemplo, o trabalho de Scapin (2003) e Bastos & Senra (2018). A tabela 1 e a tabela 2 apresentam os picos para as amostras PKI-01 e PKI-02, respectivamente.

Tabela 1- Posições referentes aos picos dos argilominerais identificados na amostra PKI-01 analisada em condições, natural (N), glicolada (G) e calcinada (C). d(A) é distância em angstroms.

d (A) N	d (A) G	d (A) C	Argilomineral
7,171	7,167		Caulinita
9,973	9,975	9,953	Ilita
4,978	4,977	4,978	
3,317	3,317	3,314	
3,574	3,574		Clorita

FONTE: (Autoria Própria).

Tabela 2- Posições referentes aos picos dos argilominerais identificados na amostra PKI-02 analisada em condições, natural (N), glicolada (G) e calcinada (C).

d (A) N	d (A) G	d (A) C	Argilomineral
7,177 3,575	7,178 3,575		Caulinita
9,993 4,984 3,323	9,980 4,947 3,323	9,984 4,983 3,319	Ilita

FONTE: (Autoria Própria).

9. Conclusão

O desenvolvimento desse trabalho proporcionou a caracterização mineralógica da matéria prima extraída da mina Sagrado Coração de Jesus Ltda. no município de Itabaiana, Sergipe.

A difração de raios-X foi utilizada por ser uma técnica analítica simples, precisa e uma das mais usuais pra caracterização mineralógica. Devido as suas propriedades, analisadas e apresentadas neste estudo, foi possível concluir que os argilominerais são importantes matérias-primas para a indústria cerâmica bem como para outras finalidades. A illita apresenta comportamento muito fundente, o que diminui a porosidade do material, e tem boa resistência após o processo de sinterização. A caulinita é o argilomineral mais frequentemente encontrado nas argilas. Este mineral se torna muito refratário, porém sua plasticidade é muito pequena. A clorita destaca-se por diminuir as propriedades refratarias das peças cerâmicas. Além disso, confere alta plasticidade e pouca expansividade ao material. O quartzo quase sempre está presente nos depósitos da fração argila. Este oferece resistência na fabricação de cerâmica vermelha, reduzindo a plasticidade, diminui a retração e facilita a secagem. O k-feldspato é um mineral que apresenta propriedades fundentes, o que diminui a porosidade e consequentemente aumenta a resistência mecânica.

Os resultados discutidos sugerem que, mineralogicamente, a argila estudada é boa para o fabrico de peças cerâmicas (cerâmica vermelha), em concentrações devidamente equilibradas. Com tudo, é sugerido a realização de análises adicionais, a exemplo da análise química em rocha total, plasticidade, queima e teor de matéria orgânica.

Outro ponto a ser estudado futuramente e proporcionar um melhor entendimento é a relação ao desaparecimento dos picos da caulinita e clorita nas amostras calcinadas, numa abordagem visando o comportamento do material em altas temperaturas, através de análise térmica diferencial (ATD) e análise termogravimétrica (ATG). Identificar a origem da clorita, apesar desta não interferir negativamente na qualidade das amostras.

Também espera que esta obra desperte o interesse para novos estudos, de modo que possa contribuir ainda mais para o arranjo produtivo local.

Referências Bibliográficas

- ABNT – Associação de Normas Técnicas. **NBR 11682: Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro, 2009.
- BASTOS, V. A; SENRA, A. S. Estudo Composicional da Argila Extraída no Município de Cedro de São João Para Fabricação de Porcelanato, Estado de Sergipe. *Revista de Geologia*, vol. 31, n. 1, 49-62, 2018.
- CABRAL JUNIOR, M.; TANNO, L. C.; SINTONI, A.; MOTTA, J. F. M.; COELHO, J. M. **A mineração de argila para cerâmica no Brasil**. *Brasil Mineral*, n. 294, p. 46-57, 2010.
- CENSO, **IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010**. Disponível em: <[WWW.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2010](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2010)> Acesso em 05 nov. 2018.
- COGO, J. M. **Caracterização e Funcionalização de Argila Esmectita de Alteração Basáltica e Utilização na Remoção de Corante Com Processo de Adsorção: Estudo da Cinética e Equilíbrio do Processo**. (tese de mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Pós-graduação em Geociências, 2011. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/fageo/arquivos/482fd0bd9dc07c4805b8d4fb68b9c4cc.pdf>> Acesso em 03 mar. 2019.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Programa de Levantamento Geológico Básico do Brasil. **Geologia e recursos minerais do Brasil. Escala: 1:250.000**. Texto explicativo do mapa geológico do Estado de Sergipe. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE. 156p; 200. 1998.
- DEER, W. A; HOWIE, R. A; ZUSSMAN, J. 2000. **Minerais constituintes das rochas: uma introdução**. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 727 p.
- D'EL REY SILVA, L. J. H. ***Tectonic Evolution of the Southern Part of the Sergipano Fold Belt, Northeastern Brazil***. London, 1992. 256 p. il. (tese de doutorado). Universidade de Londres, Departamento de Geologia, 1992.
- GASPAR, J. L. A.; MORENO, M. T.; SOUZA, M. H. de O. **Estudo Comparativo dos efeitos de aditivos naturais sobre uma massa para pavimentos cerâmicos por via seca**. Rio Claro: *Revista Cerâmica Industrial*, 12 (1/2) Janeiro/Abril, IGCE/UNESP. 2007.

Disponível em

<<http://s3.amazonaws.com/hostarticleassets/ci/5876572e7f8c9d6e028b4712/fulltext.pdf>> Acesso em 03 mar. 2019.

- GRUN, E. **Caracterização de Argilas Provenientes de Canelinha/SC e Estudo de Formulações de Massas Cerâmicas.** (Tese de Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville: UDESC. 2007. Disponível em: <www.tede.udesc.br> Acesso em 06 nov. 2018.
- LUNA, F. J.; SCHUCHARDT, U. **Argilas pilarizadas - Uma Introdução.** Campinas, São Paulo. Química Nova, vol. 22, n.1, p. 104-109, 1999.
- LUZ, A. B.; COELHO, J.M. **Rochas e Minerais Industriais.** CETEM, p. 413-429, 2005.
- LUZ, A. B.; CAMPOS, A. R.; CARVALHO, E. A.; BERTOLINO, L. C.; SCORZELLI, R. B. **Rochas e Minerais Industriais.** CETEM, 2ed., p. 255-294, 2008.
- MACHADO, F. B. **Rochas Sedimentares.** 2013. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/sedimentares.html>> Acesso em: 15 de nov. de 2018.
- MAS, E. **Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha.** Editora Pólo Produções LTDA., São Paulo, 2002, 191p.
- MENEZES, R. R.; SOUTO, P. M.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; KIMINAMI, R. H. G. A.; FERREIRA, H. C. **Argilas Bentoníticas de Cubati, Paraíba, Brasil: Caracterização física-mineralógica.** Cerâmica n. 55, p. 163-169, 2009.
- NEUMANN, R.; SCHNEIDER, C. L.; ALCOVER NETO, A. Caracterização Tecnológica de Minérios. In: **Tratamento de Minérios.** Rio de Janeiro: Luz, A. B.; Sampaio, J. A.; Almeida, S. L. M, 2004. Cap. 3, p.55-109.
- PEREIRA, M. E. **Estudo do Comportamento à Expansão de Materiais Sedimentares da Formação Guabirotuba em Ensaios com Sucção Controlada.** (tese de doutorado) Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2004.
- PRADO, C. M. O. **Caracterização Química e Mineralógica das Argilas Utilizadas na Produção de Cerâmica Vermelha no Estado de Sergipe.** (Tese de mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

- PREFEITURA MUNICIPAL DE ITABAINA. Historia do Município. Disponível em: <<https://itabaiana.se.gov.br/historia>> Acesso em 05 Nov. 2018.
- RIBEIRO, C.G; CORREIA, M. G.; FERREIRA, L.G; GONÇALVES, A. M.; RIBEIRO, M. J. P.; FERREIRA, A. A. L. **Estudo sobre a Influência da Matéria Orgânica na Plasticidade e no Comportamento Térmico de uma Argila; Cerâmica Industrial**, 9(3) Maio/Junho, 2004.
- SANTOS, R. A; MARTINS A. A. M; NEVES, J. P; LEAL, R. A. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe**. CPRM/CODISE, 107, 1998.
- SANTOS, A. C. D. 1975- S237a. **Análise ecotoxicológica de sedimento do estuário da Baía de Vitória (ES) com diferentes granulometrias** / Andreia Carvalho dos Santos. – 2011. 88 f.: il.
- SCAPIN, M. A. **Aplicação da Difração e Fluorescência de Raios X (WOXRF): Ensaios em argilominerais**. (Tese de mestrado) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 2003.
- SEMRH – Secretario de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, 2016. Atlas Digital de Recursos Hídricos. CD – ROM. **Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe**: Sistema de informações sobre recursos hídricos de Sergipe (SIRHSE). CD – ROM. Aracaju: Superintendência de Recursos Hídricos (SRH). 2016.
- TIPLER, P. A. **Livro texto Física Moderna**. Reverté. Editora Gen LTC. 1994.
- VERDADE, F. **Ação da água oxigenada sobre a matéria orgânica do solo**. Boletim Técnico de Divisão de Experimentação e pesquisas. Instituto Agrônomo. Vol. 13 n 24. Campinas, São Paulo, 1954.
- WENTWORTH, C. K. 1922. *A scale of grade and glassterms for clasticsediments*. J. Geol., 30:377-392.