

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA

INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUO DE SERRAGEM DE GRANITO
NAS TRANSFORMAÇÕES MICROESTRUTURAIS DO AGREGADO
SINTERIZADO DE ARGILA CALCINDA

Bolsista: Ane Micheele Rodrigues Coelho, FAPEAM

MANAUS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB-E/0114/2013
INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUO DE SERRAGEM DE GRANITO
NAS TRANSFORMAÇÕES MICROESTRUTURAIS DO AGREGADO
SINTERIZADO DE ARGILA CALCINDA

Bolsista: Ane Micheele Rodrigues Coelho, FAPEAM
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Calado Sales Júnior

MANAUS
2014

RESUMO

As limitações na constituição geológicas da região Amazônica despertam interesse na pesquisa e produção de novas matérias prima que supram tal problema, o Agregado Sinterizado de Argila Calcinda (ASAC) é de grande interesse, pois fornecem as propriedades necessárias para misturas alifáticas das estradas. Outro problema transcrito é incorreta destinação dos resíduos do granito produzidos na produção de brita. Tendo isto em vista o projeto relatou a influência do uso de resíduo gerado nas transformações microestruturais do ASAC. O rejeito de granito foi coletado na empresa Pedreiras Canoas, KM134, Presidente Figueiredo, AM e argila foi cedida pelo departamento de Geologia e é proveniente da empresa Cerâmica Rio Negro Ltda (Iranduba, AM). Foram feitas seis formulações contendo 0% (E1 e E3), 10% (E5, E6 e E7) e 20% (E2 e E4) em peso de resíduo, após foram confeccionados corpos-de-prova por prensagem. Em seguida, foram secos por 24h a 100°C e sinterizados a 900°C (E1 e E2), 1000°C (E3 e E4) e 1100°C (E2, E6 e E7). O comportamento térmico do resíduo de granito foi analisado por análise térmica diferencial (DTA) e análise termogravimétrica (TGA). As matérias-primas foram caracterizadas por difração de raios X, a composição química por Fluorescência de raios X e as imagens morfológicas das formulações por microscopia eletrônica de varredura. Como resultado foi possível observar que a composição química do resíduo e da argila apresentam quantidades significantes elementos que estão associados a possível presença de argilominerais e agentes fundentes. O granito é constituído de quartzo, muscovita, albita, dolomita e microclínio e a argila contém quartzo, hematita, caulinita e microclínio, porém nas formulações foi observado a presença novas fases e surgimento fases vítreas. As curvas de comportamento térmico do resíduo de granito demonstraram inicialmente um pico endotérmico da absorção de energia pela evaporação da água e que perdeu 4,5% de peso. As imagens demonstraram que a temperatura 1100°C com 20% de resíduo, a micrografia apresenta superfícies lisas que podem ser associadas as fases vítreas. Conclui-se que a reutilização do resíduo proporciona a um correto destino, evitando a poluição do meio ambiente e o desenvolvimento de um novo material. As fases vítreas geradas proporcionam uma melhor densificação das formulações sinterizadas em temperaturas elevadas, sendo assim proporciona possível introdução de até 20% de pó de granito na argila, podendo ser usada como carga na produção do ASAC.

Palavras chave: resíduo de granito, argila, ASAC, influência microestrutural.

ABSTRACT

The limitations on the geological formation of the Amazon region arouse interest in the research and production of new raw materials that meet such a problem, the Aggregate Sintered Clay Calcinda (ASAC) is of great interest because they provide the necessary properties for mixtures of aliphatic roads. Another problem is transcribed incorrect disposal of waste produced in the production of granite gravel. With this in mind the project reported the influence of the use of hazardous waste generated by microstructural transformations of ASAC. The waste was collected in Granite Quarries company Canoas, KM134, Presidente Figueiredo, AM and clay was provided by the Department of Geology and comes from the company Ceramics Rio Negro Ltda (Iranduba, AM). Six formulations containing 0% (E1 and E3), 10% (E5, E6 and E7) and 20% (E2 and E4) by weight of the residue were made after-bodies were made by pressing the test piece. They were then dried for 24 hours at 100 ° C and sintered at 900 ° C (E1 and E2), 1000 ° C (E3 and E4) and 1100 ° C (E2, E6 and E7). The thermal behavior of granite residue was analyzed by differential (DTA) Thermal analysis and thermogravimetric analysis (TGA). The raw materials were characterized by X-ray diffraction, chemical composition by X-Ray Fluorescence and morphological images of formulations by scanning electron microscopy. As a result it was observed that the chemical composition of the waste and clay present amounts significant elements that are associated with the possible presence of clay minerals and melting agents. Granite is composed of quartz, muscovite, albite, microcline and dolomite and clay contains quartz, hematite, kaolinite and microcline, but the presence in the formulations and new phases arising glass phase was observed. The thermal behavior of the curves granite waste initially showed an endothermic peak of the energy absorption by water evaporation and lost 4.5% weight. The images showed that the 1100 ° C temperature with 20% residue, shows the micrograph smooth surfaces that can be associated with the glass phase. It is concluded that the reuse of waste provides a correct destination, avoiding pollution of the environment and the development of a new material. The glass phase generated provide improved formulations densification of sintered at high temperatures, thus providing possible introduction of up to 20% of granite dust in clay, may be used as filler in the production of ASAC.

Keywords: granite waste, clay, ASAC, microstructural influence.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. <i>Granito</i>	6
2.2. <i>Mineração e Meio Ambiente</i>	6
2.3. <i>Argila</i>	6
2.4. <i>ASAC</i>	7
2.5. <i>Pesquisas Realizadas</i>	7
3. METODOLOGIA	8
3.1. <i>Materiais</i>	8
3.1.1. <i>Coleta de Matérias Primas</i>	8
3.2. <i>Métodos</i>	8
3.2.1. <i>Preparação das matérias primas</i>	8
3.2.2. <i>Análises mineralógica e térmica das matérias</i>	8
3.2.3. <i>Formulações e Preparação dos corpos de prova</i>	9
3.2.4. <i>Análises de transformações microestruturais</i>	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
4.1. <i>Características mineralógicas</i>	10
4.2. <i>Fases formadas durante o processo de sinterização</i>	11
4.3. <i>Análise térmica do resíduo de granito</i>	13
4.1. <i>Morfologia da microestrutura formada</i>	13
5. CONCLUSÕES.....	16
REFERÊNCIAS.....	17
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	19
APÊNDICE.....	20
AGRADECIMENTOS	21

1. INTRODUÇÃO

A Amazônica é uma região que possui uma limitação de material granular, isto por consequência da sua constituição geológica e processo de intemperismo ocorridos no decorrer dos tempos, estes solos de forma geral possuem baixa resistência mecânica e menor grau de consolidação. À vista disso, estradas do estado do Amazonas sobressaem de solos finos e poucos rochosos, que geram uma pavimentação asfáltica inadequada, principalmente nas estradas do estado (FROTA *et al*, 2007).

Sendo assim a construção dos pavimentos necessita da adição de agregado graúdo, com intuito de melhorar a propriedades do asfalto como resistência estrutural, para isto utilizam materiais que geralmente são retirados de leitos de rios ou de pedreiras. Contudo, a técnica para obtenção deste agregado gera um impacto aos ecossistemas e, por conseguinte, é criticada por ambientalistas. Uma alternativa para substituição desta matéria prima é o uso do Agregado Sinterizado de Argila Calcinda (ASAC) (FROTA *et al*, 2007).

As empresas que trabalham com o beneficiamento de rocha granítica para produção de britas geram um pó que não possui aplicação e que não possui uma destinação correta, portanto, surge a necessidade da reutilização deste rejeito. (MENEZES *et al*, 2007). Portanto, a utilização deste rejeito no do Agregado Sinterizado de Argila Calcinda (ASAC), proporcionariam a adequada destinação do resíduo de granito e alternativa de utilização no agregado para pavimentação asfáltica.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da introdução de resíduo de granito na microestrutura da argila, bem como investigar as transformações de fases e alterações no aspecto morfológico da microestrutura das formulações. Os objetivos específicos desta pesquisa visam: determinar as características mineralógicas da argila, do resíduo de granito e das formulações in natura; identificar e quantificar as fases formadas durante o processo de sinterização; analisar o aspecto morfológico da microestrutura formada; correlacionar o aspecto morfológico e transformações de fases ao teor de resíduo de granito e as alterações no ciclo térmico de queima.

O trabalho justifica-se por atuar em um campo de investigação científico/tecnológico que possivelmente proporcionará soluções para problemas pertinentes ao atual contexto social, econômico e ambiental da região amazônica como destinação tecnicamente correta para o resíduo gerado na exploração do Granito do Município de Presidente Figueiredo (AM), evitando, dessa forma, a poluição do meio ambiente e o desenvolvimento de um novo material. Pretende-se com esta pesquisa buscar as respostas referentes à reutilização de resíduo de granito na matéria prima ASAC.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Granito

Os granitos são rochas ígneas, que são resultados de magma ácido, formados principalmente por quartzo, micas e feldspatos. Geralmente em sua composição química constituem silício (SiO_2), alumina (Al_2O_3), cal (CaO) e óxidos alcalinos (Na_2O , K_2O) e pode constituir quantidades de óxidos de ferro. O granito é largamente usado na produção de pedras ornamentais, que são rochas que após passarem por um processo de serragem, polimento e lustração, demonstram qualidades na textura, estrutura, etc., dando beleza e permitindo seu uso em vários setores (SILVA *et al*, 2005; BABISK, 2009). Contudo, o granito também é utilizado em beneficiamento para produção de britas, que podem ser usadas em muitos setores como na construção civil e como agregado no asfalto.

2.2. Mineração e Meio Ambiente

A exploração dos recursos naturais da Amazônia contribui na economia da região e desenvolvimento, contudo, a atividade de mineração gera impactos ambientais, esta prática gera transtornos como, desmatamento e geração de resíduos. A obtenção de granito para britagem gera resíduo em forma de pó que na maioria das vezes não possui uma correta destinação (PEREIRA, 2004). O resíduo formado a partir da exploração do granito pode ocasionar além dos impactos no meio físico, danos à saúde humana. O descarte geralmente é efetuado á céu aberto (MENEZES *et al*, 2007). Além do mais se sabe que estado do Amazonas possui muitos leitos de rios, igarapés e etc. é de entendimento que os resíduos que não são corretamente descartados podem causar danos diretos a estes ambientes, assim como impactos na sua flora e a fauna. Apesar da grande importância na economia gerada pela mineração de granito na região, estes resíduos produzidos necessitam de uma finalidade correta para sua reutilização.

2.3. Uso de Resíduos em Massa Cerâmica

A literatura apresenta uma grande quantidade de resultados da reciclagem de resíduo de granito introduzidos em cerâmicas e demonstram resultados positivos na fabricação de tijolos, revestimentos, blocos cerâmicos e porcelanato, as cerâmicas utilizadas na fabricação destes produtos, consideradas tradicionais possuem uma composição variada, devido à heterogeneidade da sua matéria-prima (argila), portanto, a cerâmica possibilita a introdução de uma considerável porcentagem de resíduos inorgânicos em sua composição. Tendo em vista essa potencialidade, várias pesquisas foram desenvolvidas utilizando resíduos de mineração, estes usados como matéria-prima em argilas (MENEZES *et al*, 2007; CAMPOS *et al*, 2007).

2.4. ASAC

O Grupo de Geotecnia da Universidade Federal do Amazonas realizou pesquisas de novas tecnologias alternativas para pavimentação, pois os solos amazonenses apresentam carência em agregados pétreos e apresenta uma resistência mecânica deficiente, estudos revelaram que os Agregados Sinterizados de Argila Calcificada (ASAC) fornecem as propriedades mecânicas desejadas para uso na pavimentação, além da argila ser abundante no estado do Amazonas, ressalta-se nessa pesquisa que as misturas de ASAC com asfalto, quando comparadas com misturas asfálticas de agregados naturais, possuem um alto valor de absorção, tem maior resistência à tração e módulo resiliente (FROTA *et al*, 2007).

2.5. Estado da Arte

VIEIRA *et al*, 2004, estudaram a adição de granito em massa cerâmica para telhas em proporções de 5 à 30% em peso e observaram que a introdução de granito na cerâmica contribuiu para aumento da densidade a seco e redução da plasticidade e retração linear de secagem. As amostras também passaram pelo processo de extrusão para queima no forno industrial à 979°C e concluíram que incorporação de granito ajudou a reduzir absorção de água e retração linear. Estudiosos analisaram em sua pesquisa a incorporação dos resíduos do beneficiamento de caulim e serragem de granito em blocos e telhas cerâmicos e concluíram que é possível incorporar até 50% de resíduo em formulações para produção de blocos e telhas cerâmicas (MENEZES *et al*, 2007). Muitos trabalhos demonstraram que é possível adicionar elevadas quantidades de resíduos em argila sem causar prejuízos finais. (SILVA *et al*, 2005; MENEZES *et al*, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1. *Materiais*

3.1.1. Coleta de Matérias Primas

O resíduo de granito utilizado nesta pesquisa foi coletado na empresa Pedreiras Canoas (Presidente Figueiredo, AM), foi coletado o pó do granito (resíduo) e o granito em forma de brita (Fig. 7 e 8 em APÊNDICE). A argila utilizada foi cedida pelo departamento de Geologia e é proveniente da empresa Cerâmica Rio Negro Ltda (Iranduba, AM).

3.2. *Métodos*

3.2.1. Preparação das matérias primas

Inicialmente para desaglomeração do granito em forma de brita, foi usado um moinho de bolas CHIAROTTI/10L, posteriormente foi colhido 190,7g de pó do granito, o intuito da desaglomeração deste granito foi para comparação da composição química com o pó de resíduo de granito. Primeiramente, na preparação das matérias primas para confecção dos corpos de prova (CPs), as amostras foram passadas em peneira de 40 mesh (0,420mm) e seca a 100°C por 24h em Estufa MARCONI modelo MA033. Procedimentos foram feitos no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geociências (UFAM). Para as análises de DRX e FRX e análise térmica as matérias primas (exceção do pó do granito de brita, que foi feito apenas fluorescência de raios X) foram passadas em peneiras de 200 mesh (0,074mm). Os materiais foram peneirados no Laboratório de Pavimentação na Faculdade de Tecnologia (UFAM).

3.2.2. Análises mineralógica e térmica das matérias

A determinação da composição química da argila e do resíduo foi feita por fluorescência de raios X em um equipamento da marca PANalytical, modelo Epsilon3-XL. O procedimento foi realizado no Laboratório de Ensaio Físico-químicos na Faculdade de Tecnologia (UFAM). No Laboratório de Técnicas Mineralógicas do Departamento de Geociências (UFAM), foram feitas as caracterizações mineralógicas, através de um equipamento de difração de raios X da marca Shimadzu, modelo XRD-6000, com um campo de varredura de 5-80°, com passo de 0,02° e velocidade de varredura 2°/min. Os parâmetros térmicos foram caracterizados por análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) com equipamento da marca Shimadzu modelo DTG-60H/TA-60WS, com temperatura de 10°C, aquecimento de 10°/min de gás com vazão de 10ml/min de ar sintético. O procedimento foi executado no Laboratório de Pesquisa e Ensaio de Combustíveis (LAPEC) da UFAM.

3.2.3. Formulações e Preparação dos corpos de prova

Esta etapa foi realizada no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geociências (UFAM). As formulações foram preparadas a através de misturas a seco do resíduo de granito e argila, foi adicionado 10% de umidade em peso nas formulações, foram feitos sete ensaios cada um com sete amostras com proporções de 13g cada, as proporções de resíduo na argila são apresentadas na Tabela I. Depois de preparadas as formulações das matérias primas, estas foram desenvolvidas em uma prensa hidráulica, submetidas ao peso de 25Mpa (3 Toneladas), posteriormente foram secos em estufa com temperatura de 100°C por 24h a e queimados em forno da marca JUNG, modelo 2013, para sinterização a 900, 1000 e 1100°C, Tabela I. A Fig. 9 em APÊNDICE demonstra os corpo de prova queimados e sinterizados. Após a sinterização seis corpos de prova de cada ensaio foram submetidos a ensaios de propriedades tecnológicas (SAGGIORO, 2013).

Tabela I – Porcentagem de resíduo na argila e as temperaturas de queima.

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7
Concentração de Resíduos (% massa)	0	20	0	20	10	10	10
Temp. de Sinterização (°C)	900	900	1100	1100	1000	1000	1000

3.2.4. Análises de transformações microestruturais

Para identificação das novas fases dos corpos de prova sinterizados, foi realizado a difração de raio X, para desaglomeração dos corpos de prova, estes foram cominuídos em almofariz (Fig. 10 em APÊNDICE). O processamento foi realizado no mesmo equipamento e laboratório, citados anteriormente, possuem um campo de varredura de 5-60°, com passo de 0,02° e velocidade de varredura 2°/min.

As imagens da microestrutura da superfície ensaios sinterizados E2 (20% de resíduo), E3 (0% de resíduo) e E4 (20% de resíduo) foram adquiridas por Microscopia eletrônica de varredura (MEV), com um microscópio TM 3000 da marca Hitachi, com imagens obtidas usando elétrons retroespalhados (backscattered electrons – BSE), também foi usado na identificação um microanalisador de raios x por energia dispersiva (EDS) Swift ED da marca Oxford. Método realizado no Laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O granito em forma de brita foi desaglomerado para realização da comparação química com pó de granito (resíduo). A Tabela II apresenta composições químicas do resíduo de granito, do pó do granito britado e da argila, que estão demonstradas em óxidos. Tanto o resíduo de granito como o pó de granito britado possui uma elevada quantidade de Si (70% de SiO_2) e apresentam percentual de Al maior que 13% de Al_2O_3 , constituem quantidades consideráveis de K (5,69% e 6,96 % de K_2O , granito britado e resíduo de granito, respectivamente). Estes elementos representam a presença de minerais como quartzo, feldspato e muscovita. Pode-se observar que os elementos analisados nos dois tipos de pó granito, possuem uma porcentagem de elementos parecida, ou seja, não há contaminação considerável por impurezas no processo de beneficiamento do granito. Observou-se que as presenças de K e Fe no resíduo, possivelmente funcionam como agentes fundentes na matéria prima, que proporciona uma fase líquida durante a queima que pode resultando na diminuição de poros na amostra.

A argila possui quantidades de Si (55,65% de SiO_2) e Al (32,87% de Al_2O_3), que estão associados a possível presença de argilominerais como, por exemplo, a caulinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, assim como a grande quantidade de quartzo (SiO_2), as proporções Fe (6,93% de Fe_2O_3) estão caracterizando a cor avermelhada, típica das argilas e pode ser observado os teores de K_2O (1,18% de K_2O) que provavelmente funciona como um agente fundente e Ti (2,02% de TiO_2).

Tabela II – Análise química

Óxidos (%)	Argila	Resíduo de Granito	Granito Britado
SiO_2	55,65	75,12	77,11
Al_2O_3	32,87	13,71	13,8
Fe_2O_3	6,93	1,71	1,42
TiO_2	2,02	0,21	0,18
K_2O	1,18	6,96	5,69
P_2O_5	0,49	0,42	0,33
MgO	0,33	0,41	0,44
CaO	0,19	1,15	0,81
ZrO_2	0,12	0,02	0,02
MnO	0,01	0,05	0,04

4.1. Características mineralógicas

O difratograma do resíduo de granito está demonstrado na Fig. 1 (a). Foram observadas as seguintes fases mineralógicas: quartzo (SiO_2), muscovita $(\text{K,Na})\text{Al}_2(\text{SiAl})_4(\text{OH})_2$, albita $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ e Microclínio $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$,

estas fases são características das rochas de granito. As fases de muscovita e albita apresentam em sua composição o elemento Na, que não estão presentes na investigação química, isso pode ser explicado pela limitação de leitura do equipamento de fluorescência de raios X. Estas fases, assim como a fase microclínio são desejáveis, pois ajudaram na formação de matriz vítrea.

A Fig. 1 (b) demonstra o gráfico de difração de raios X da argila. No difratograma da argila foram identificadas as fases cristalinas: quartzo (SiO_2), hematita Fe_2O_3 , caulinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e microclínio $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$.

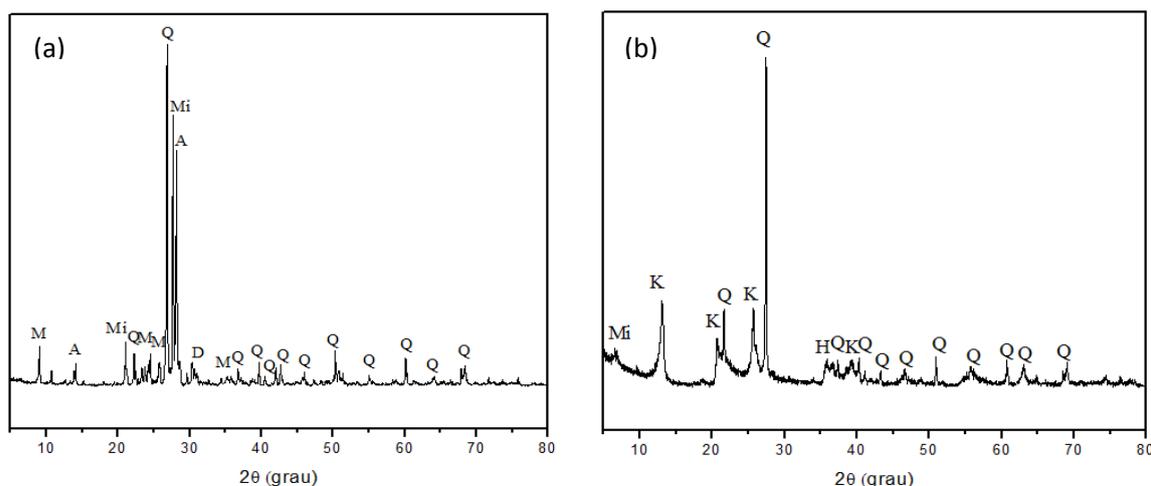


Figura 1. (a) Difratograma de raios X do resíduo de granito; (b) Difratograma da argila: Q – quartzo, M – muscovita, Mi – microclínio, D – dolomita, A – albita, H – hematita e K – caulinita.

4.2. Fases formadas durante o processo de sinterização

Os difratogramas de raios X das formulações estão demonstrados na Fig. 2. A figura (a) e (c) mostra os difratogramas dos ensaios E1 e E3 (0% de resíduo de granito), que foram sinterizados a 900°C e 1100°C , respectivamente. Pode ser observado que a 800°C que os picos de quartzo permaneceram após a sinterização e que as fases cristalinas de caulinita argilas passam por algumas transformações de fases, como as fases cristalinas de caulinita, se converteram para metacaulinita ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{13,5} \text{OH}$), esta fase pode está associado formação de fase amorfa. Também se observou que as fases cristalinas de hematita e microclínio se transformam em fases amorfas depois da sinterização. A figura (b) e (d) expressa os difratogramas dos ensaios E2 e E4 (20% de granito) que foram sinterizados respectivamente a 900°C e 1100°C , após a sinterização as fases cristalinas muscovita, dolomita e hematita, que estavam presentes no difratograma do resíduo de granito e da argila, não são observadas para ambas as temperaturas de sinterização. As fases de quartzo, albita e microclínio foram identificadas na temperatura de 900°C e também ocorreu a

transformação de caulinita em metacaulinita. A 1100°C foram identificadas as fases de albita e quartzo.

Os ensaios E5 e E6 (10% de granito), foram confeccionados para obtenção dos resultados médios das formulações, foram sinterizados a 1000°C, para o ensaio E5 foi observada a presença das fases de quartzo, albita, microclínio e metacaulinita, Figura 1 (e). A formação das fases líquidas durante a queima é justificada pela presença dos óxidos fundentes presentes no granito e na argila. No ensaio E6 também se observou as fases quartzo, microclínio e albita, Figura 1 (f). As fases cristalinas muscovita, dolomita, e hematita que provavelmente se transformaram em fase vítrea no novo material, podem possivelmente proporcionar uma boa compactação, resistência mecânica, dureza e o aumento da densidade devido a diminuição da porosidade.

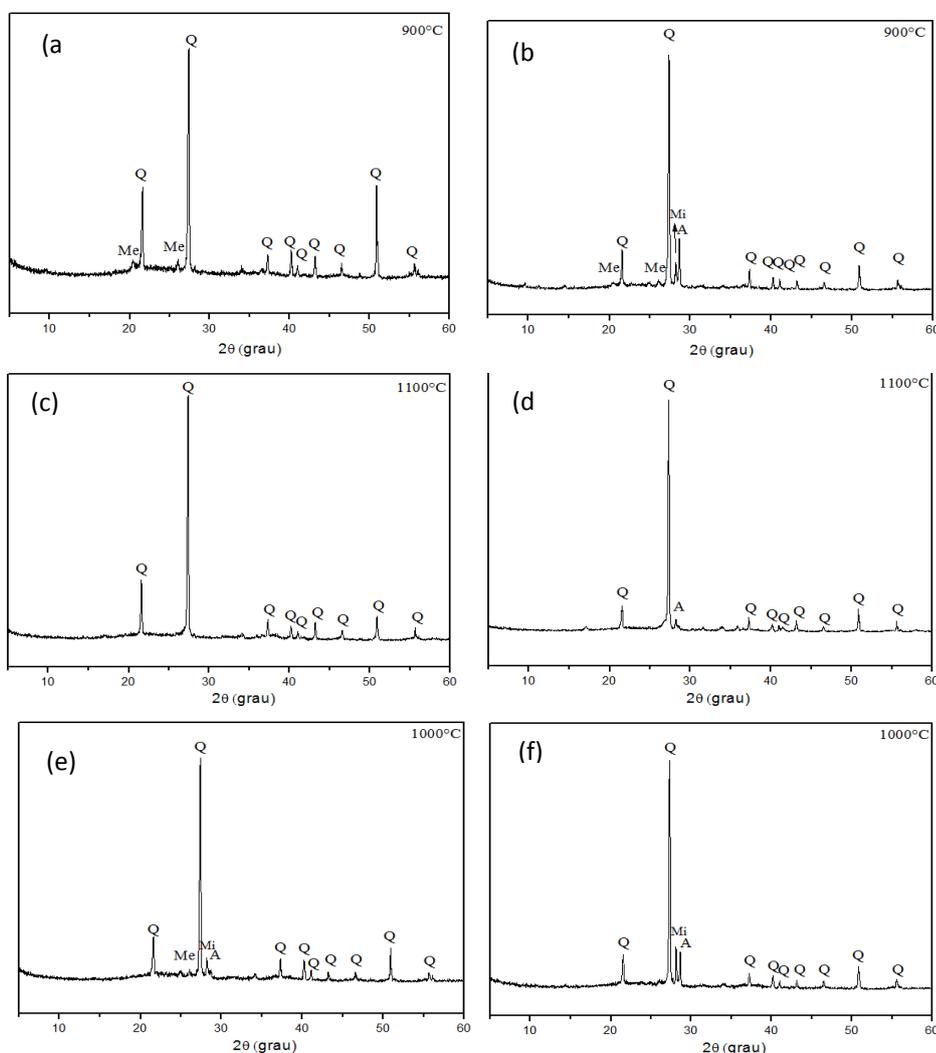


Figura 2. Difratograma de raios X dos Ensaios sinterizados (a) E1; (b) E2; (c) E3; (d) E4; (e) E5 e (f) E6 : Q – quartzo, Me – metacaulinita, Mi – microclínio e A – albita.

4.3. Análise térmica do resíduo de granito

A Fig. 3 demonstra as curvas de comportamento térmico do resíduo de granito. Analisando a curva de análise térmica diferencial (DTA), inicialmente observa-se um pico endotérmico da absorção de energia pela evaporação da água. Observando a curva de análise termogravimétrica (TGA), perdeu 4,5% de peso do pó do resíduo de granito.

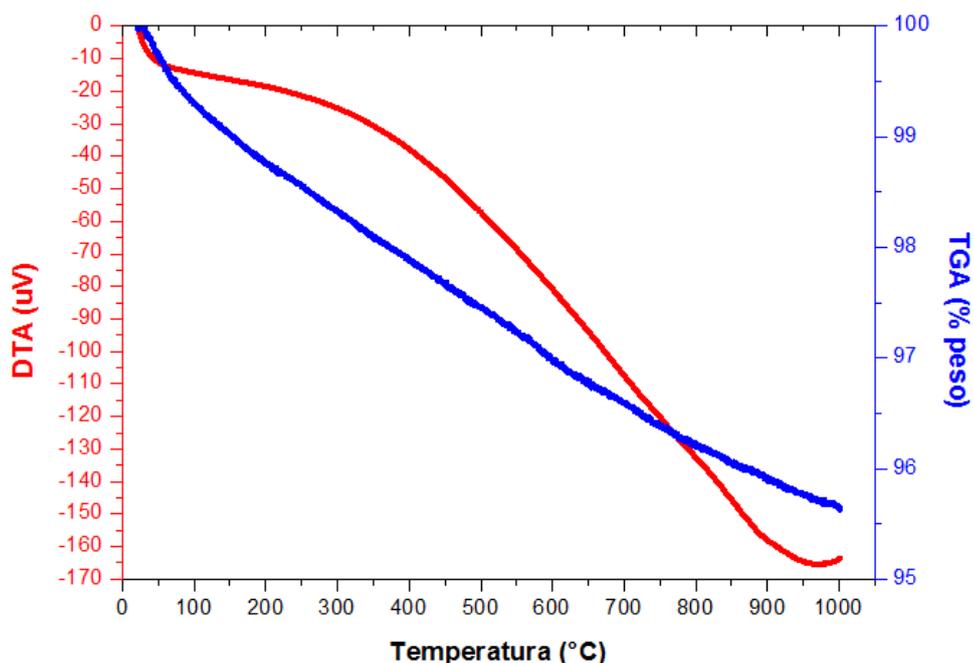


Figura 3. Curvas de análises térmica do resíduo de granito.

4.1. Morfologia da microestrutura formada

A Fig. 4 apresenta imagens da microscopia eletrônica de varredura (MEV) para o ensaio sinterizado a 900°C, E2 (20% de resíduo). Foi observada na análise mineralógica que a morfologia e o tamanho de partículas possuem diversos tamanhos, a microestrutura é rugosa e apresentam algumas estruturas lamelares. Observou-se a presença dos pontos brancos, porém não um comportamento constante, entre as partículas também foi possível observar a presença de vazios.

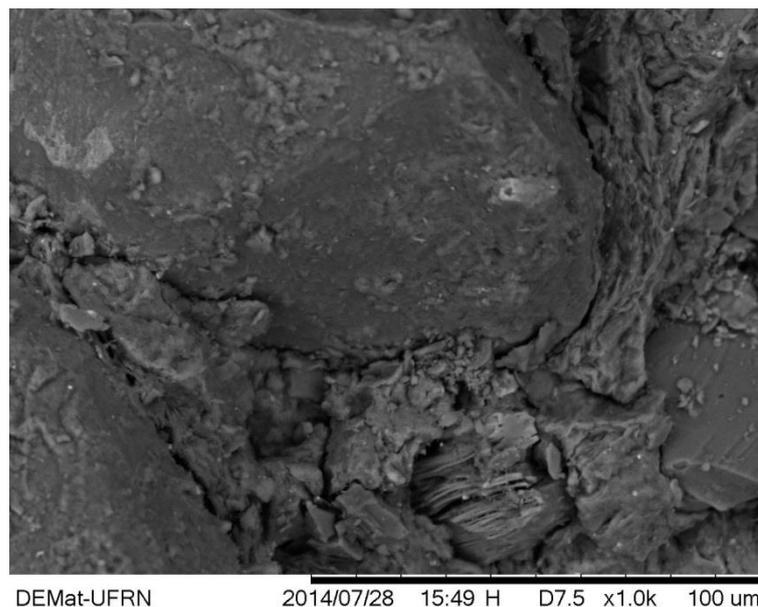


Figura 4. Micrografias obtidas por MEV da amostra E2 (20% de resíduo) sinterizado 900 °C.

A morfologia da amostra E3 (0% de resíduo), que foi sinterizado a 1100°C, está demonstrada na Fig.5, observou-se a presença de agregados, divididos em ilha, que separados por defeitos estruturais no material.

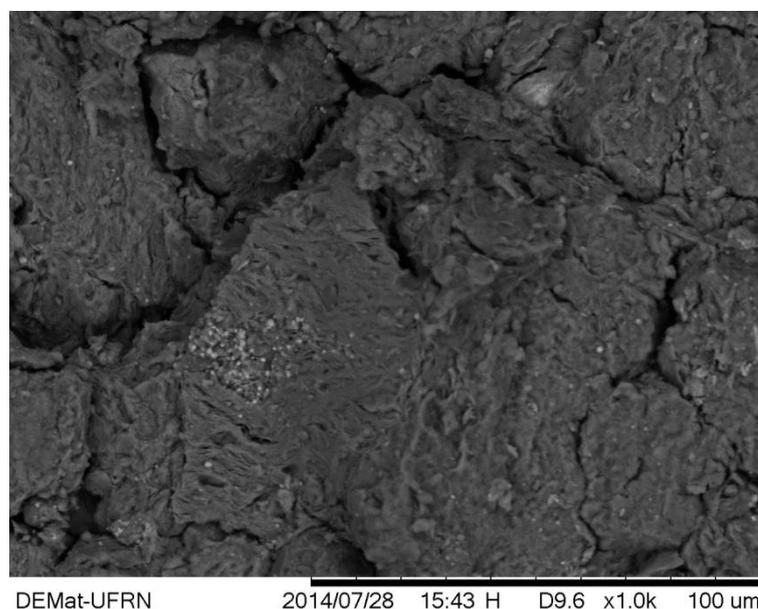


Figura 5. Micrografias obtidas por MEV da amostra E3 (0% de resíduo) sinterizado 1100 °C.

A Fig. 6 demonstra a micrografia da amostra E4 (20% de resíduo), sinterizado a 1100°C, nesta micrografia foram observadas partículas lisas, que podem estar associadas a fases vítreas formadas depois da sinterização, observou-se a presença de vazios na

estrutura, que provavelmente estão relacionados à presença de poros, também pode ser notada a presença da formação de agregados de pequenas partículas.

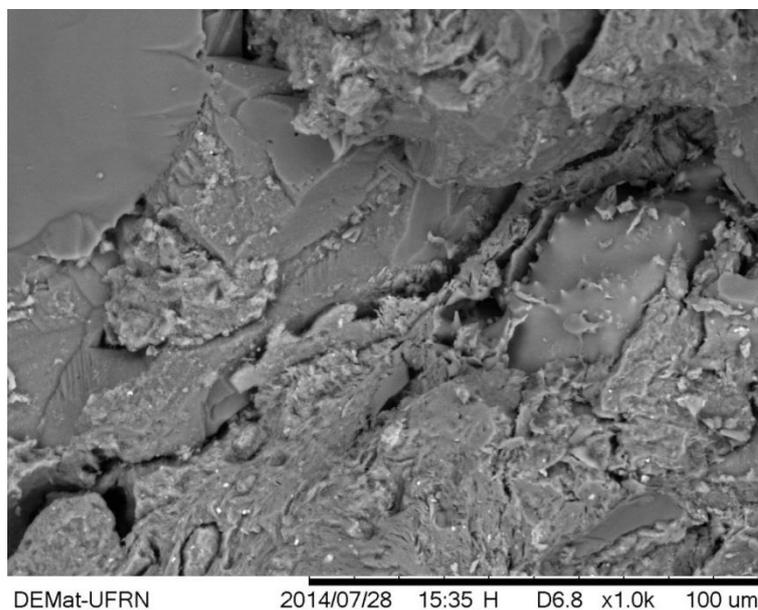


Figura 6. Micrografias obtidas por MEV da amostra E4 (20% de resíduo) sinterizado 1100°C.

5. CONCLUSÕES

Este projeto investigou a influência da introdução de resíduo proveniente do beneficiamento de granito para fabricação de brita, na microestrutura da argila, para ser usado como carga no agregado sinterizado de argila calcinada (ASAC).

Observou-se que o resíduo de granito é constituído de quartzo, muscovita, albita, dolomita e Microclínio, é formado basicamente óxidos fundentes, que atuam na formação de fase vítrea e proporcionam o aumento da densidade, uma boa compactação e resistência mecânica.

Foi feita sinterização dos ensaios das amostras e observou-se que as fases cristalinas muscovita, dolomita, e hematita que provavelmente se transformaram em fase vítrea e que os ensaios sinterizados a 900°C a caulinita se transformou em metacaulinita.

Pode ser adicionado à argila até 20% de resíduo de granito na argila, pois após sinterização até 1100°C, a matéria-prima se comportou conforme o esperado, resultando em uma alternativa benéfica na introdução de resíduo na argila, para fabricação de ASAC.

REFERÊNCIAS

- BABISK, M. P. Desenvolvimento de vidros sodo-cálcicos a partir de resíduos de rochas ornamentais. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais), Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- CAMPOS, L. F. A.; MENEZES, R. R.; LISBOA, D.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Planejamento experimental no estudo da maximização do teor de resíduos em blocos e revestimentos cerâmicos. *Cerâmica* 53, Campina Grande-PB, p. 373-380, 2007.
- DOS REIS, A. S.; DE ALVAREZ C. E. A Sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais. IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Espírito Santo, p. 511-520, 2007.
- FROTA, C. A.; NUNES, F. R. G.; SILVA, C. L.; MELO, D. M.; SANTOS, M. G. R. Desempenho mecânico de misturas asfálticas confeccionadas com agregados sintéticos de argila calcinada. *Cerâmica* 53, Manaus-AM, p. 255-262, 2007.
- MENEZES, R. R.; DE ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; LIRA H. L.; FERREIRA H. C. Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento do caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos. *Cerâmica* 53, Campina Grande-PB, p. 192-199, 2007.
- MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. DE A.; FERREIRA, H. C.. Uso de rejeitos de granitos como matérias-primas cerâmicas. *Cerâmica* 48, Campina Grande-PB, p. 92-101, Abr./Mai./Jun., 2002.
- MENEZES, R. R.; MARQUES, L. N.; SANTANA, L. N. L.; KIMINAMI, R. H. G. A.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. S. Uso de resíduo da produção de alumina eletrofundida na produção de blocos e telhas cerâmicos. *Cerâmica* 56, João Pessoa-PB, p. 244-249, 2010.
- MOREIRA, J. M. S.; FREIRE, M. N.; HOLANDA J. N. F. Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha. *Cerâmica* 49, Campos dos Goytacazes-RJ, p. 262- 267, 2003.
- MOREIRA, J. M. S.; MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha. *Cerâmica* 51, Campos dos Goytacazes-RJ, p. 180-186, 2005.

SILVA, J. B.; HOTZA, D.; SEGADÃES, A. M.; ACCHAR, W. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. Cerâmica 51, Natal-RN, p. 325-330, 2005.

VIEIRA, C.M.F.; SOARES T.M.; MONTEIRO S.N. Utilização de Granito em Massa Cerâmica para Telhas. Cerâmica Industrial, Campos dos Goytacazes-RJ, p. 28-32, Janeiro/Fevereiro. 2004.

SAGGIORO, F. G.; Influência do Uso de Resíduo de Serragem de Granito nas Propriedades Tecnológicas do ASAC. Relatório Final PIB-E/0117/2014. Manaus-AM, 2013.

PEREIRA, L. A. C.; Mineração de Granito para Britagem: Uma Contribuição ao Desenvolvimento Regional. 2004. 111f. Dissertação (mestrado em desenvolvimento regional e meio ambiente) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

N°	Descrição	Ago 2013	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2014	Fe v	Mar	Abr	Mai	Ju n	Jul
01	Revisão Bibliográfica	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
02	Caracterização mineralógica do resíduo de granito		R	R	R	R							
03	Caracterização mineralógica da argila					R	R	R					
04	Caracterização mineralógica das formulações <i>in natura</i>							R	R				
05	Preparação das amostras para análise de microscopia							R	R				
06	Obtenção das imagens pelo MEV												R
07	Compilação, análise e discussão dos resultados obtidos.									R	R		
08	Elaboração do resultado final									R	R	R	

P: Previsto

R: Realizado

APÊNDICE



Figura 7. Granito britado.



Figura 8. Resíduo de granito.



Figura 9. (a) Corpos de prova sinterizados e (b) corpos de prova secos.

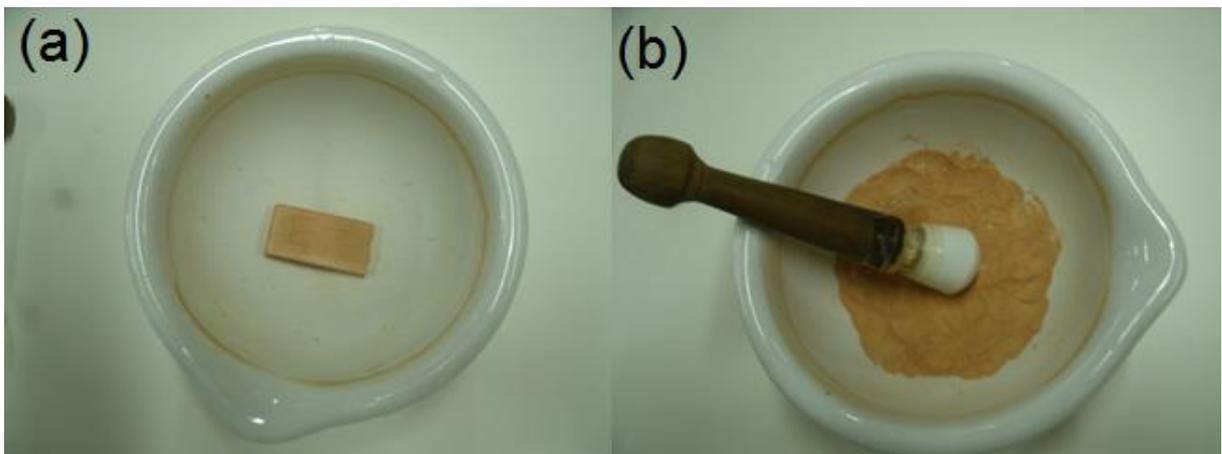


Figura 10. (a) Preparação do corpo de prova para análise de DRX; (b) corpo de prova cominuído.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM pelo apoio financeiro na forma de bolsa de iniciação científica. Ao meu orientador Prof. Dr. José Carlos Calado Sales Júnior, pela sua grande paciência e sabedoria. Ao professor Dr. Raimundo Humberto Cavalcante Lima por disponibilizar equipamentos do Departamento de Geotecnia para a realização do projeto. Aos técnicos dos laboratórios por auxiliarem nos experimentos. Aos meus colegas de PIBIC Fabricio Guivares Saggioro e André Andrade. À Deus, à minha família e ao Thiago Fontes pelo apoio.