

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS ESTRUTURAIS DA REGIÃO DO CARIRI – CE

R.J.F.Macêdo¹; R.S.Santos^{1,2}; M.S.G.Araújo^{1,2}; J.F.Oliveira^{1,2}; R.M.M.Marinho^{1,2}

Resumo

Existe uma grande preocupação por parte das indústrias com a disposição dos resíduos gerados ao longo do processo produtivo, e no setor de cerâmica estrutural não é diferente. O descarte desses resíduos, de um modo geral, ocasiona um impacto ambiental negativo. Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar os resíduos produzidos pelas indústrias cerâmicas estruturais da região do Cariri – CE, para fins de reutilização. A caracterização dos resíduos foi realizada antes e após queima para três produtos distintos: lajota, tijolo de 8 furos e telha romana, por meio das técnicas de difração de raios-X (DRX), Espectroscopia vibracional na região do infravermelho (IV), análise térmica diferencial (ATD), análise térmica gravimétrica (ATG) e fluorescência de raios-X. Com base nos resultados de DRX (após queima) pode-se concluir que as amostras são resíduos principalmente constituídos de quartzo (SiO_2) em maior quantidade e feldspato e rutilo em menor quantidade, confirmados através dos espectros de infravermelho, assim como, é possível observar na fluorescência de raios-X concentrações mais altas de SiO_2 , a presença de Fe_2O_3 que caracteriza a cor avermelha nos resíduos, além de outros óxidos como Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O e TiO_2 . Os resultados preliminares mostram que os resíduos estudados podem ser incorporados a uma matriz cerâmica.

Palavras-Chave: cerâmica, resíduos, reuso.

CHARACTERIZATION OF RESIDUES FROM STRUCTURAL CERAMIC INDUSTRIES OF THE CARIRI/CE REGION

Abstract

A high preoccupation has been demonstrated by industries in relation to the disposal of residues formed during the productive process. In the ceramic are, this is not different, as discard of residues leads to a negative environmental impact. In this sense, the present work aims at analyzing the residues produced in four structural ceramic industries from the Cariri/CE region, in order to evaluate their reuse. The characterization of the residues was done before and after heat treatment of three different products: tiles, 8 holes brick and roman tile, using X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (IR), differential thermal analysis (DTA), thermogravimetry (TG) and X-ray fluorescence (XRF). XRD patterns after heat treatment indicate the presence of a high amount of quartz (SiO_2), confirmed by the IR spectra, besides kaolinite and feldspar, indicating that an incomplete reaction occurred. XRF indicated the high amount of SiO_2 , Fe_2O_3 , leading to the red color of the residues, Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O and TiO_2 . Preliminary tests indicated that these residues can be added into a ceramic matrix.

Keywords: ceramic, residues, reuse

¹URCA, Universidade Regional do Cariri - CE, Brasil. Email:rennan_jackson@hotmail.com

²UFPB, Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Solidificação Rápida-LSR, João Pessoa, PB, Brasil.

Introdução

A indústria cerâmica brasileira tem participação de cerca de 1% no PIB Nacional, sendo aproximadamente 40% desta participação representada pelo setor de cerâmica vermelha, também conhecida por cerâmica estrutural. Este setor consome cerca de 70 milhões de toneladas de matérias-primas por ano, através das 12 mil empresas distribuídas pelo país, a maioria de pequeno porte, gerando centenas de milhares de empregos (MACEDO et al., 2008).

A cerâmica estrutural constitui-se em um ramo industrial tradicional no estado do Ceará. A produção cerâmica, na sua grande maioria, é realizada por grupos de micro, pequenos e médios empresários e tem grande importância socioeconômica num estado com grande êxodo rural, devido, principalmente, à carência de empregos, sendo que esta atividade, utilizando mão-de-obra local, gera emprego e renda para o município na qual se localiza (LIMA, 2009).

A região do Cariri - CE possui grande parte de indústrias de cerâmica vermelha com grande produção de blocos e telhas, contribuindo com o desenvolvimento econômico e social da região. Entretanto, se faz necessário o conhecimento adequado acerca das características tecnológicas das suas matérias primas e condições de reaproveitamento dos seus resíduos.

Em razão da legislação, as indústrias são responsáveis pelos resíduos que geram. Nessa situação, um grande número de estudos tem sido desenvolvido ao longo do tempo, para o reaproveitamento dos resíduos em outras atividades industriais, ou para a recolocação do resíduo na mesma linha de produção que o gerou (JOHN, 2000).

Apesar de inertes, os resíduos produzidos pelo setor de cerâmica vermelha tem se acumulado em torno de grandes centros urbanos, ou ocupando grandes volumes nos aterros sanitários, são depositados em locais como terrenos baldios, nas margens das estradas e rios, originando ambientes satisfatórios a proliferação de vetores de contaminação e assoreamento dos rios.

A indústria da construção civil, ao longo do tempo, vem se tornando uma das maiores produtoras de resíduos com um alto nível de desperdício, contribuindo com a degradação ambiental em grandes áreas. Alguns resíduos oriundos da construção civil são compostos por restos de pisos cerâmicos, tijolos, concretos e argamassas, na maioria são materiais inertes e que poderiam ser reaproveitados na própria indústria, diminuindo a quantidade de matérias-primas extraídas nas jazidas (JOHN, 2000).

O campo da cerâmica vem sendo utilizado como uma alternativa promissora para a reciclagem de resíduos industriais e urbanos poluentes (DONDI, 1997). Os resíduos podem ser usados principalmente na formulação de massas cerâmicas heterogêneas para a fabricação de produtos para uso na construção civil. As massas cerâmicas são geralmente constituídas de uma mistura de materiais plásticos e não plásticos com uma larga variabilidade química e mineralógica. Portanto, as massas cerâmicas suportam a incorporação de resíduos industriais e urbanos sem grandes variações de suas propriedades, quando adicionadas em quantidades adequadas.

Hoje a preocupação com o meio ambiente tornou-se uma exigência mundial, e para se prolongar o tempo de vida útil do planeta se fazem necessários cuidados com a racionalização do uso de materiais não renováveis e a reutilização de materiais que são depositados no lixo (resíduos sólidos), mas que ainda apresentam um alto potencial de uso para outros fins. A reutilização desses materiais beneficia o meio ambiente, contribuindo para a economia de matéria prima, redução no consumo de energia na fabricação dos produtos, reduz o custo das coletas de resíduos, e aumenta a vida útil dos aterros (SILVA, 2007).

Nesse contexto, com a escassez das reservas de matérias-primas, a degradação dos recursos naturais pela disposição inadequada de resíduos e a implantação de novas leis ambientais, se faz necessário o desenvolvimento de novos mecanismos que reutilizem os resíduos incorporando-os ao processo de produção industriais.

Objetivos

O presente trabalho visa mapear os resíduos produzidos pelo ramo da indústria cerâmica estrutural da Região do Cariri-CE, realizar sua caracterização e analisar a possibilidade dos mesmos serem incorporados em matrizes cerâmicas.

Método

A pesquisa foi realizada utilizando-se resíduos coletados das cerâmicas da Região do Cariri, no Estado do Ceará, sendo composto de duas etapas: atividades de campo e de laboratório.

Na primeira etapa foram realizadas visitas técnicas as cerâmicas para observação e entendimento do processo produtivo de tijolos e telhas, coleta das amostras de resíduos para análise em laboratório, identificação das amostras e início da trituração das amostras no local de despejo das mesmas.

Logo em seguida foram selecionadas três cerâmicas para estudo: cerâmica A, cerâmica B e cerâmica C. No total foram coletadas 8 (oito) amostras de resíduos cerâmicos, antes e após a queima e houve a identificação da produção de 3 (três) produtos distintos (lajota, tijolo 8 furos e telha romana), sendo que adotou-se as seguintes nomenclaturas para as amostras: RE1 – Resíduo da lajota antes da queima (cerâmica C), RE2 – Resíduo da lajota depois da queima (cerâmica C), RE3 – Resíduo da telha romana depois da queima (cerâmica B), RE4 – Resíduo da telha romana antes da queima (cerâmica B), RE5 – Resíduo do tijolo 8 furos depois da queima (cerâmica B), RE6 – Resíduo do tijolo 8 furos antes da queima (cerâmica B), RE7 – Resíduo do tijolo 8 furos antes da queima (cerâmica A), RE8 – Resíduo do tijolo 8 furos depois da queima (cerâmica A).

Após a conclusão do primeiro estágio, iniciou-se a etapa de atividades de laboratório, na qual as amostras coletadas foram levadas ao Laboratório de Solos da Universidade Regional do Cariri (URCA), onde foram submetidas ao processo de trituração e logo em seguida as mesmas passaram por uma peneira ABNT N° 200 (0,074 mm). Depois de passarem pelo laboratório de solos da URCA as amostras foram levadas para o Laboratório de Combustíveis (LACOM) e o Laboratório de Solidificação Rápida (LSR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), para ser realizada uma análise física e mineralógica com o intuito de identificar todos os minerais presentes nas mesmas, através da realização de difração de raios-X (DRX), espectroscopia na região de infravermelho (IV) e análise térmica (TG/ATD).

As caracterizações por Difração de raios X foram realizadas em um equipamento Siemens D-5000, utilizando a radiação $K\alpha_{Cu} = 1,5406 \text{ \AA}$, passo de varredura de $0,02 \text{ }^\circ/\text{s}$ numa região de 2θ de 5 a 45° . Esta técnica foi utilizada para a identificação de fases cristalinas do material e é muito utilizada também para a análise da organização estrutural a longo alcance. Os difratogramas obtidos pelos ensaios de difração de raios X foram comparados com os padrões do arquivo JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) de número 77-1798.

Os espectros vibracionais na região do infravermelho foram obtidos utilizando um Espectrofotômetro de marca BOMEM, modelo MB-102. As amostras foram prensadas em pastilhas de KBr, e os espectros foram registrados na região entre 4000 e 400 cm^{-1} . Essa técnica foi utilizada para identificar as unidades estruturais dos compostos, com base nas frequências vibracionais das moléculas e para verificar as possíveis espécies químicas presentes.

A decomposição térmica das amostras estudadas foi realizada a partir da análise termogravimétrica/termo diferencial (TG/DTA) em equipamento modelo DTG-60H, marca SHIMADZU, em atmosfera de ar sintético, com fluxo de 100 ml/min . Foi utilizado um cadinho de alumina, contendo aproximadamente 10 mg de amostra, que foram analisadas em um intervalo de temperatura de 25 a $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, com razão de aquecimento de $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$. O tratamento dos dados coletados foi realizado no programa TASYs.

Resultados e Discussão

Os resultados encontrados nas análises de DRX foram identificados através das siglas relativas aos nomes dos minerais presentes, tendo como principais em maior quantidade: quartzo (Q) identificado através dos picos intensos a $20,9^\circ / 26,58^\circ / 36,62^\circ / 39,5^\circ / 40,34^\circ / 42,5^\circ 2\theta$ e montmorilonita (M), apresentando picos a $5,88^\circ / 19,82^\circ 2\theta$. Notou-se ainda a presença de feldspato (F) a $24,9^\circ / 27,5^\circ 2\theta$.

Os resultados para as amostras RE1, RE2, RE3, RE4, RE5, RE6, RE7, RE8, estão ilustrados nas Figuras 1, 2, 3 e 4. A difração de raios-X confirmou a presença de quartzo em maior quantidade ($26,58^\circ 2\theta$), feldspato ($27,5^\circ 2\theta$) e montmorilonita ($5,88^\circ 2\theta$), em ordem decrescente de quantidade.

Figura 1 – DRX das seguintes amostras: resíduo da lajota antes da queima/cerâmica C (RE1), resíduo da lajota depois da queima/cerâmica C (RE2).

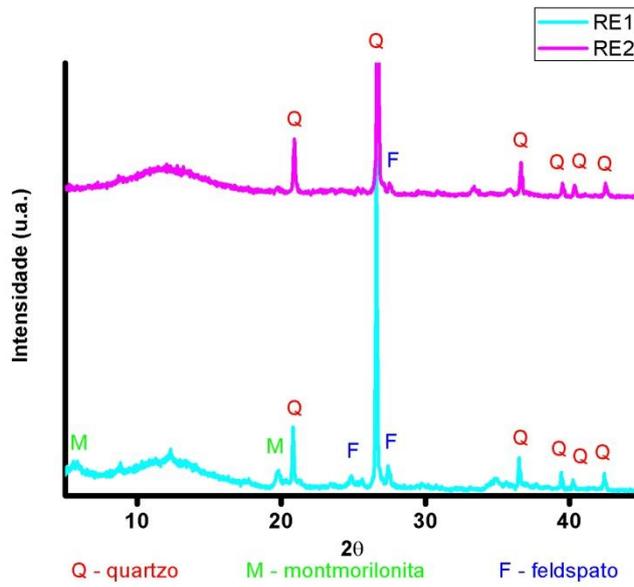


Figura 2– DRX das seguintes amostras: resíduo telha romana depois da queima/cerâmica B (RE3), resíduo telha romana antes da queima/cerâmica B (RE4).

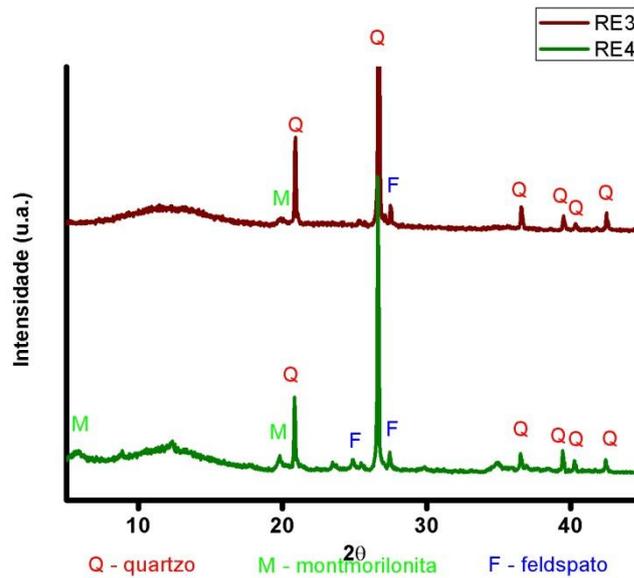


Figura 3–DRX das seguintes amostras: resíduo tijolo 8 furos depois da queima/cerâmica B (RE5), resíduo tijolo 8 furos antes da queima/cerâmica B (RE6).

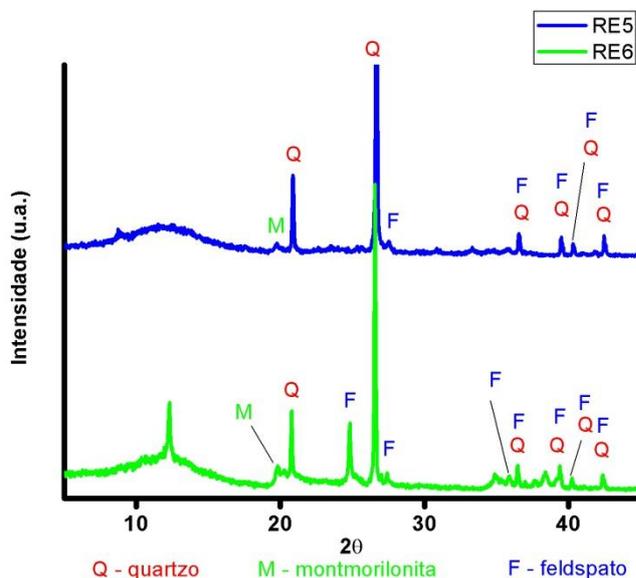
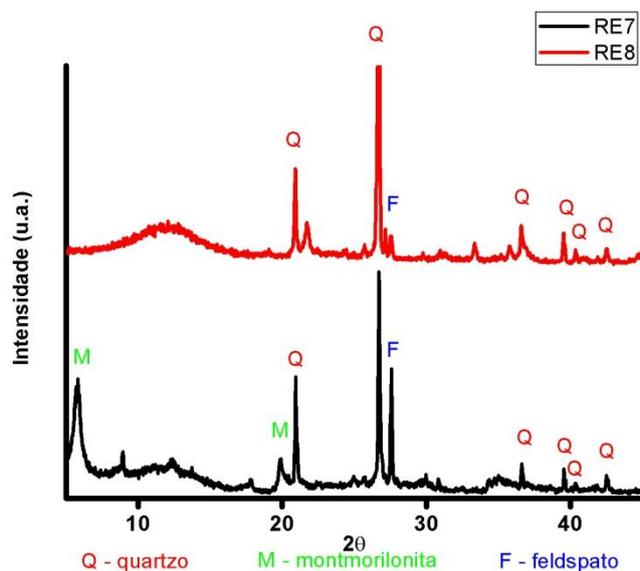


Figura 4– DRX das seguintes amostras: resíduo do tijolo 8 furos antes da queima/ cerâmica A (RE7), resíduo do tijolo 8 furos depois da queima/cerâmica A (RE8).



Através dos espectros de absorção de infravermelho para as amostras RE1, RE2, RE3, RE4, RE5, RE6, RE7, RE8, há confirmação da presença dos principais minerais quartzo, montmorilonita e feldspato, identificados por difração de raios-X.

De acordo com os espectros de absorção de infravermelho (Figuras 5, 6, 7 e 8) pode-se observar bandas localizadas em 3695 cm^{-1} na amostra RE1, 3693 cm^{-1} na amostra RE6, 3626 cm^{-1} na amostra RE4, 3622 cm^{-1} nas amostras RE6 e RE7, 3624 cm^{-1} na amostra RE1, correspondentes ao estiramento de OH, ou seja, a presença de

água nas argilas (MADEJOVÁ, 2003), bem como em 910 cm^{-1} na amostra RE7, 912 cm^{-1} na amostra RE1, 914 cm^{-1} nas amostras RE6 e RE4, cuja relação é devido a deformação da hidroxila (MADEJOVÁ, 2003). As bandas 1031 cm^{-1} presente nas amostras RE7 e RE1, 1033 cm^{-1} nas amostras RE6 e RE4, referem-se ao estiramento de SiO_2 (MADEJOVÁ, 2003), enquanto as situadas em 532 cm^{-1} nas amostras RE1 e RE4, 538 cm^{-1} na amostra RE6, 468 cm^{-1} nas amostras RE1, RE4 e RE5, 469 cm^{-1} na amostra RE6, 466 cm^{-1} na amostra RE3, 464 cm^{-1} nas amostras RE7 e RE8, 462 cm^{-1} na amostra RE2, 433 cm^{-1} nas amostras RE4, 430 cm^{-1} nas amostras RE1 e RE6, estão relacionadas a deformação do SiO_2 (MADEJOVÁ, 2003).

A ocorrência do quartzo está representada pelas bandas na faixa de 794 cm^{-1} , 790 cm^{-1} , 796 cm^{-1} , 786 cm^{-1} , 788 cm^{-1} , 787 cm^{-1} , 690 cm^{-1} , 692 cm^{-1} , 532 cm^{-1} , 538 cm^{-1} , 462 cm^{-1} , 464 cm^{-1} , 466 cm^{-1} , 468 cm^{-1} , 469 cm^{-1} (MAREL e BENTELPACHER, 1976). E finalmente a banda correspondente a H_2O livre é confirmada em 1633 cm^{-1} nas amostras RE1 e RE4, 1627 cm^{-1} na amostra RE8, 1631 cm^{-1} na amostra RE6, 1680 cm^{-1} na amostra RE5 (MADEJOVÁ, 2003).

Figura 5– Espectros de infravermelho: resíduo da lajota antes da queima/cerâmica C (RE1), resíduo da lajota depois da queima/cerâmica C (RE2).

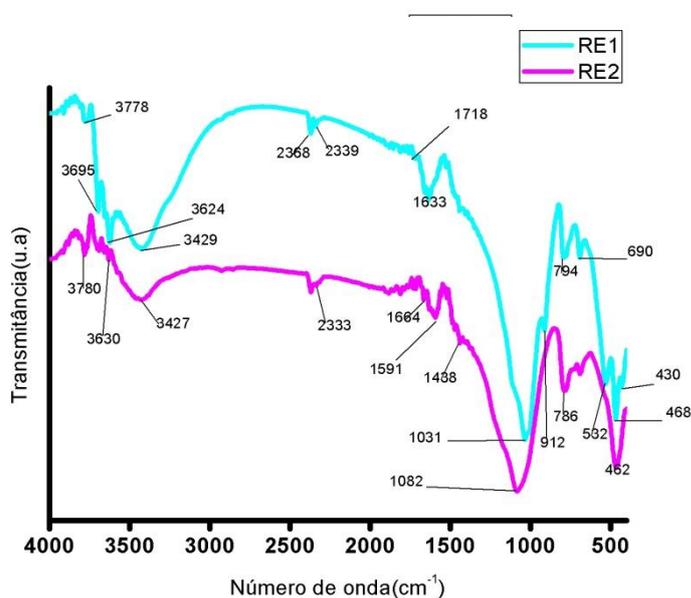


Figura 6 – Espectros de infravermelho: resíduo da telha romana depois da queima/ cerâmica B (RE3), resíduo telha romana antes da queima/cerâmica B (RE4).

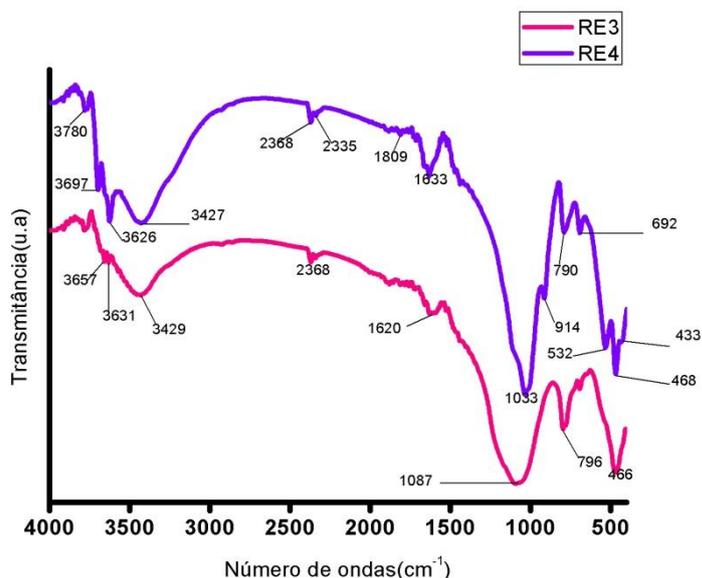


Figura 7 – Espectros de infravermelho: resíduo tijolo 8 furos depois da queima/cerâmica B (RE5), resíduo tijolo 8 furos antes da queima/cerâmica B (RE6).

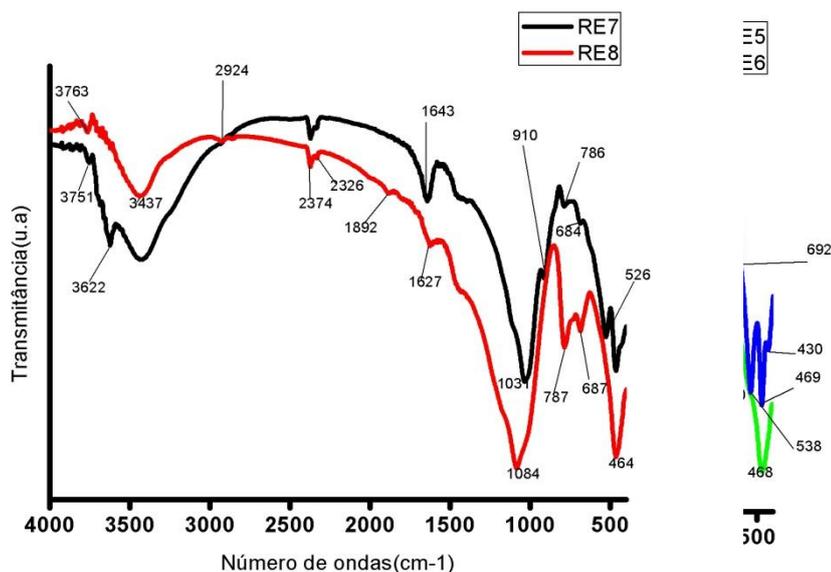
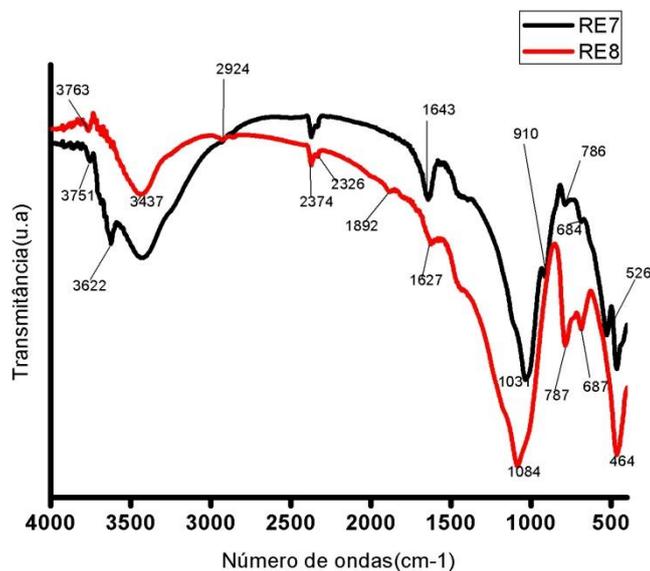


Figura 8 – Espectros de infravermelho: resíduo do tijolo 8 furos antes da queima/cerâmica A (RE7), resíduo do tijolo 8 furos depois da queima/cerâmica A (RE8).



As curvas termogravimétricas (TG) ilustradas abaixo (Figura 9) indicam que houve uma perda contínua de massa desde o início do aquecimento, tanto na amostra RE1 como na amostra RE7, com a perda de água livre até o final da banda associada à desidroxilação do material argiloso. O evento está relacionado à eliminação da matéria orgânica presente nas amostras, que não possui uma temperatura característica de combustão já que sua combustão (temperatura e cinética) depende da forma como está presente e associada ao material (MENEZES et al., 2003).

Pode-se notar nas curvas de análise térmica diferencial (ATD) representada abaixo (Figura 10) que houve um pico endotérmico a 100°C, em ambas as amostras (RE1 e RE7) associado à perda de água que existe

superficialmente nas argilas, observando-se também Entre 400°C e 1000°C, termogramas característicos da combustão de matéria orgânica (SANTOS, 1989).

Figura 9 – Termogramas de Análise Térmica Gravimétrica (ATG) das amostras: RE7 e RE1.

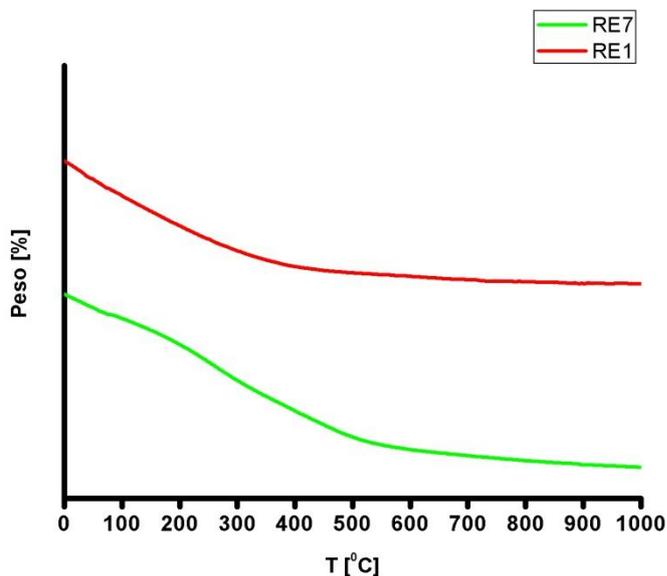
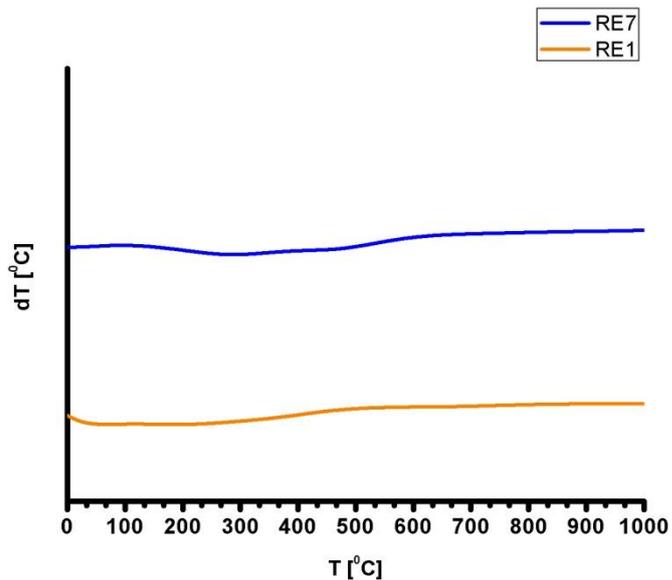


Figura 10 – Termogramas das Análises Térmicas Diferenciais (ATD) das amostras: RE7 e RE1.



Conclusão

Com base nos resultados de DRX (antes e após queima) pode-se concluir que as amostras são resíduos principalmente constituídos de quartzo (SiO_2) em maior quantidade e montmorilonita e feldspato em menor quantidade, confirmados através dos espectros de infravermelho e análise térmica. Os resultados obtidos mostram que os resíduos estudados podem ser incorporados a uma matriz cerâmica.

Referências

- DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. **Recycling of individual and urban wastes in brick production – a review**, *Tile & Brick International*, Germany, 13, 218-225, 1997.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 102f. Tese de Doutorado, USP, São Paulo-SP, 2000.
- LIMA, R. H. C., **Estudo de formulação de massas através do controle da mistura: argilas aluvionares do pólo cerâmico de Russas-Ceará**, Tese de Doutorado PPGGR-UNESP, Rio Claro –SP, 2009.
- MACEDO, R. S.; MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C., **Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha**, *Cerâmica* 54, 411-417, 2008.
- MADEJOVÁ, J. **FTIR Techniques in Clay Mineral Studies**. *Vibrational Spectroscopy*, V.31, Slovak Republic, 1-10p, 2003.
- MAREL, H. M. V.; BENTELSPACHER, H. **Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures**, NY: Elsevier Science Publishers, 1976.
- MENEZES R.R.; FERREIRA; NEVES G.A.; FERREIRA E. C. **Caracterização de Argilas Plásticas do Tipo “ballclay” do Litoral Paraibano**. *Revista Cerâmica*, v. 49, n.311, São Paulo jul./set. 2003.
- P. TORKITTIKUL; A. CHAIPANICH, **Cement & Concrete Composites** Vol. 32, 440 – 449, 2010.
- SANTOS, P. S. **Tecnologia de Argilas**, V.1, São Paulo, Edgar Blücher, 1989.
- SILVA, E. O. **Desenvolvimento de cerâmica vermelha utilizando rejeitos da construção civil**, Dissertação, PPGCEM – UFRN, pg. 15, 2007.