



## Caracterização de resíduos de telha cerâmica vermelha para composição de matéria-prima para aglomerantes alternativos

**Cristopher Antonio Martins de Moura<sup>1</sup>, Rogério Barbosa da Silva, Greyce Bernardes de Mello Rezende<sup>1</sup>, Alex Neves Junior<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso (cristopherantonio@live.com), (greycebernardes@yahoo.com.br), (rogerio\_matematica@hotmail.com), (alexnevesjr@hotmail.com).

### Resumo

A utilização de recursos naturais pode gerar impactos ambientais quando associados à obtenção de matéria-prima, gasto energético em processos industriais, transporte e comercialização de produtos. Como resultado, a atividade humana gera resíduos que raramente são reciclados ou reaproveitados. Na composição desses resíduos, há muitos materiais da indústria da construção denominados Resíduos da Construção Civil (RCC). Neste contexto, o objetivo da presente pesquisa é caracterizar resíduos de telha cerâmica vermelha provenientes de descarte de obras e depósitos para associação desses resíduos como matéria-prima para sintetização de um aglomerante alternativo. O presente trabalho avaliou amostras de resíduo de cinco marcas de telha cerâmica vermelha por Difração de Raios-X (XRD). A partir dos resultados obtidos, observou-se picos característicos de sílica ( $SiO_2$ ) e óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ). Dessa forma, conclui-se que tais resíduos podem ser reciclados para produção de aglomerantes alternativos.

Palavras-chave: Difração de raios-X. Resíduos da construção civil. Telha cerâmica vermelha.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

## Characterization of red ceramic tile residues for raw material composition for alternative binders

### Abstract

*The use of natural resources can generate environmental impacts when associated with obtaining raw materials, energy expenditure in industrial processes, transportation and marketing of products. As a result, human activity generates waste, which is rarely recycled or reused. In the composition of these wastes, there are many materials from the construction industry called Civil Construction's Residues. In this context, the aim of the present research is characterizing red ceramic tile residues from the disposal of works and deposits, to associate these residues, as raw materials, to synthesize an alternative binder. The present work evaluated residue samples from five brands of red ceramic tile by X-Ray Diffraction (XRD). By the results obtained, characteristic peaks of silica ( $SiO_2$ ) and iron oxide ( $Fe_2O_3$ ) were observed. Thus, it is concluded that such wastes can be recycled to produce alternative binders.*

Key words: X-ray diffraction. Civil Construction's Residues. Red ceramic tile.

Theme Area: Solid Waste.



## 1 Introdução

A Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER (2015) credita à indústria de cerâmica vermelha uma participação de 4,8% na indústria da construção civil atingindo faturamento anual de R\$ 18 bilhões, distribuídos entre 6.903 empresas em sua maioria de pequeno porte. Tal participação e faturamento estão ainda associados a uma geração de empregos diretos de 293 mil e aproximadamente 900 mil empregos indiretos.

Relacionada a esses aspectos, surge a persistente geração de resíduos que envolve os subsetores da construção civil, segmento que, da forma como vem sendo conduzido, surge como grande gerador de resíduos (NAGALLI, 2014). Especialmente no que se referem aos produtos de cerâmica vermelha, sua fragilidade, característica mecânica comum nos materiais cerâmicos, permite que, em diversos setores de uma obra, haja perda de material.

Vários argumentos favoráveis impulsionam a utilização de resíduos da construção civil para a produção de novos materiais por meio de processos de reciclagem, dentre eles a abundância desses resíduos.

Cabe destacar que dentre as variedades de resíduos de cerâmica vermelha (RCV), os resíduos provenientes de telhas se tornam preponderantes em relação aos demais pela nobreza que tal descarte apresenta exibindo pouca contaminação que, muitas vezes, inviabilizam certas aplicações dos resíduos provenientes de blocos de vedação de cerâmica vermelha especialmente quando a obra não conta com processos que envolvem controle, modulação ou racionalização das alvenarias.

Dentro do contexto de materiais extensivamente utilizados na construção civil, cita-se o cimento Portland.

A composição do cimento Portland consiste, basicamente, em materiais calcários ( $\text{CaCO}_3$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), sílica( $\text{SiO}_2$ ) e óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (NEVILLE, 2016). Mehta e Monteiro (2006) explicam que as argilas são as fontes preferíveis de sílica adicional para que seja realizada a fabricação do cimento, porque as argilas contém alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e álcalis, de modo que a existência dos íons de alumínio, ferro e magnésio no interior da mistura bruta tem efeito mineralizante.

Cabe, portanto, ressaltar que, sendo a argila um material comum à produção do cimento Portland e dos materiais de cerâmica vermelha, e sendo o resíduo de cerâmica vermelha um material abundante nas obras correntes, evocando o processo produtivo e a composição dos materiais, é possível propor a aplicabilidade desse resíduo como matéria prima para produção de um aglomerante alternativo.

Buscando-se realizar a caracterização dos resíduos de telha cerâmica vermelha provenientes de descarte de obras e depósitos para associação desses resíduos como possível matéria prima para sintetização de um aglomerante alternativo, o presente trabalho avaliou amostras de resíduo de cinco marcas de telha cerâmica vermelha, por meio do método analítico Difração de Raios-X (XRD), para análise da estrutura cristalina. A identificação de compostos adequados à produção de um cimento permitirá supor que é possível realizar a substituição parcial da argila utilizada comumente no processo industrial, por resíduo de telha cerâmica vermelha beneficiado.

## 2 Metodologia

Segundo Gil (1999), a presente pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, descritiva e exploratória. A Figura 1 apresenta as fases pelas quais a pesquisa passou para o seu desenvolvimento.



Figura 1 – Desenvolvimento metodológico da pesquisa.



A primeira etapa deste trabalho consistiu em uma atividade de campo, em que foram recolhidas amostras de RCVs provenientes de telhas de depósitos, obras e reformas, onde foram recolhidos resíduos de cinco marcas diferentes. A Figura 2 apresenta um dos depósitos visitados.

Figura 2 – Depósito de telhas



É notável o volume de material que será descartado comparado ao volume armazenado para venda, no caso do depósito apresentado na Figura 2. Isso está relacionado ao desempenho dos materiais cerâmicos.

O comportamento dos materiais cerâmicos é superior aos demais em diversos aspectos, entretanto, há também características negativas, sendo a ruptura frágil uma delas. Estes materiais de modo geral não apresentam deformações plásticas apreciáveis (ZANOTTO; MIGLIORE JR., 1991).

Dessa forma, as atividades de transporte, carregamento, descarregamento bem como o acondicionamento inadequado dos artefatos e o descuido no manuseio são fatores que associados à fragilidade das peças, gera uma grande quantidade de resíduos.

A Figura 3 apresenta uma caçamba estacionária de aplicação múltipla operada por poliguindaste preenchida com entulho de uma obra residencial. Trata-se de uma das formas mais comuns de recolher o resíduo de construção e demolição que é produzido pelos empreendimentos de construção civil e de reforma nas cidades atualmente. Essas caçambas, regidas pela ABNT NBR 14728/2005, são locadas de empresas particulares que fornecem as fornecem e fazem o recolhimento do material e o posterior descarte.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 3 – Caçamba com entulho de obra residencial.



Neste contexto apresentado pelas Figuras 2 e 3 é que foram recolhidos os resíduos de cinco marcas diferentes de telhas objetivando aumentar a representatividade das análises.

Os resíduos recolhidos foram identificados genericamente como Telha A, Telha B, Telha C, Telha D e Telha E. Para o desenvolvimento das etapas subsequentes, eles foram inicialmente separados e higienizados para retirada de incrustações e impurezas superficiais provenientes das atividades envolvidas na obra ou da exposição prolongada às intempéries.

Na etapa seguinte, o beneficiamento do resíduo em questão se deu através de maceração e separação das granulometrias mais finas com auxílio do vibrador mecânico de peneiras buscando-se obter um material pulverulado para análise.

A terceira etapa consistiu na caracterização dos resíduos através da técnica analítica denominada Difração de Raios-X (XRD). As amostras foram pulverizadas utilizando almofariz e pistilo de Ágata. As análises da estrutura cristalina por Difração de Raios-X (XRD) foram realizados no Laboratório Multisuário de Técnicas Analíticas (LAMUTA), instalado na Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

As análises de Difração de Raios-X (XRD), para a caracterização mineralógica das amostras, foram realizadas utilizando porta-amostra de preenchimento frontal. Utilizou-se um equipamento *Shimadzu* modelo *XRD-6000* equipado com tubo de cobre e monocromador de grafite, em geometria de Bragg-Brentano e difratômetro modelo *D8 Focus* da desenvolvedora *Bruker*. Os perfis foram adquiridos nas faixas entre 5° e 80° e entre 5° e 90°, com passos de 0,02°, tempo de aquisição por passo de 1,20 segundos, fendas de divergência e espalhamento de 1°, velocidade de varredura de 2,0000 graus/min e fenda de recepção de 0,30 mm. Os erros experimentais foram determinados como sendo menores que o passo angular utilizado (0,02°), através da medida de um padrão de silício em pó.

Para estudos dos resultados obtidos, foi utilizado um software de identificação de compostos a partir de dados da Difração de Raios-X (XRD) de pó para assimilação por meio da comparação do padrão de difração da amostra com um banco de dados contendo padrões de referência.

### 3 Resultados

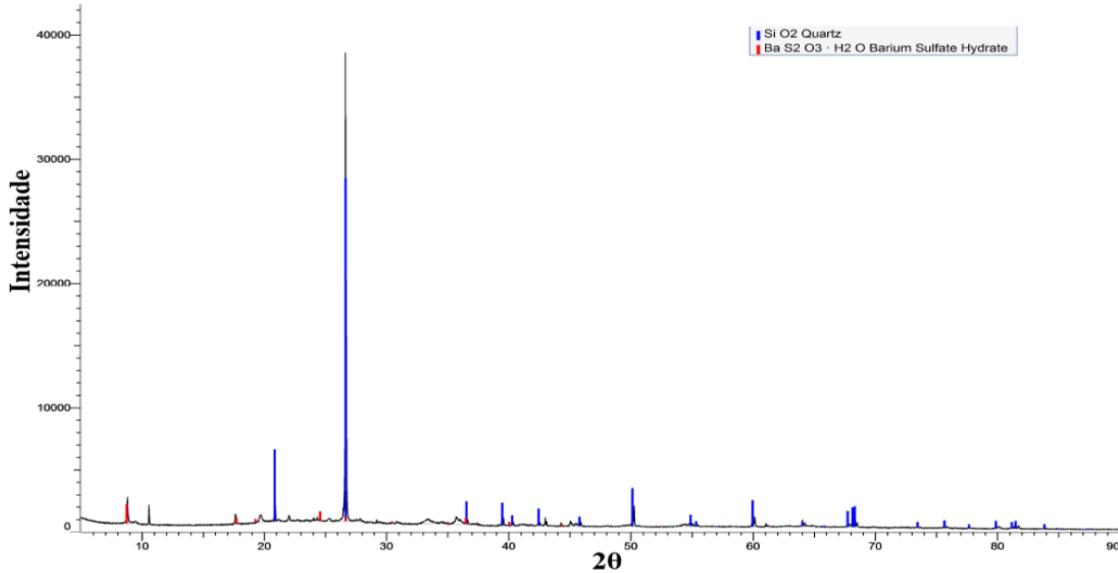
As Figuras 4,5,6,7 e 8 apresentam o espectros de difração de raios-X (XRD) obtidos através do tratamento dos dados provenientes das análise dos resíduos beneficiados de telha cerâmica vermelha.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

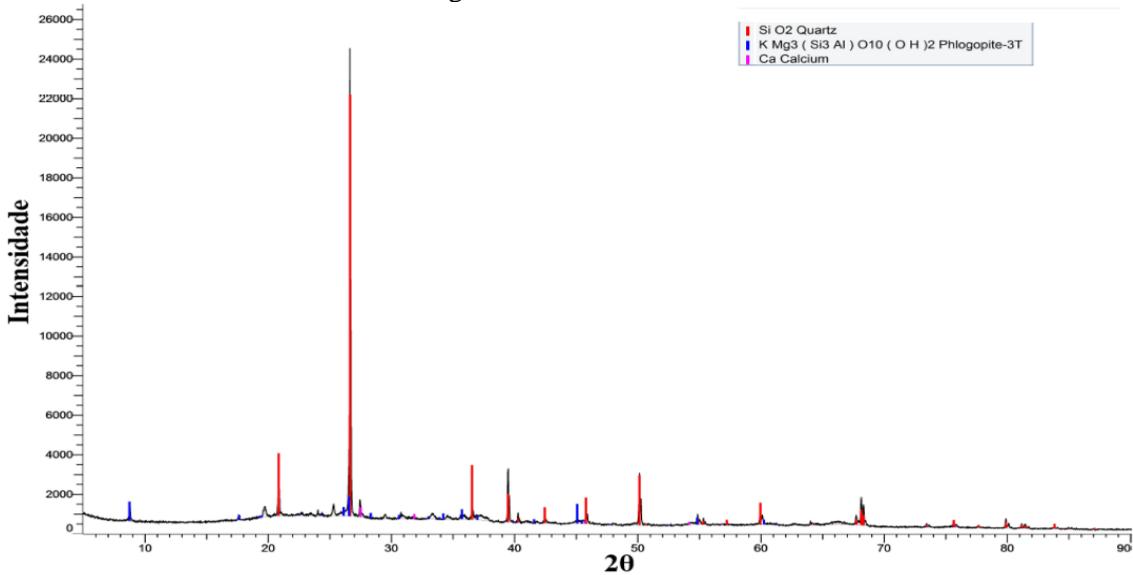
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 4 – XRD Telha A



Os resultados obtidos através da análise de difração de raios-X (XRD) do resíduo beneficiado de Telha A (Figura 4), permitem observar os picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) que, segundo Will et al. (1988), tem a maior intensidade em  $20,881^\circ$ ,  $26,669^\circ$  e  $50,198^\circ$ . A sílica é um dos compostos essenciais para a produção de cimento Portland estando presentes na composição das argilas comumente utilizadas na fabricação do mesmo.

Figura 5 – XRD Telha B



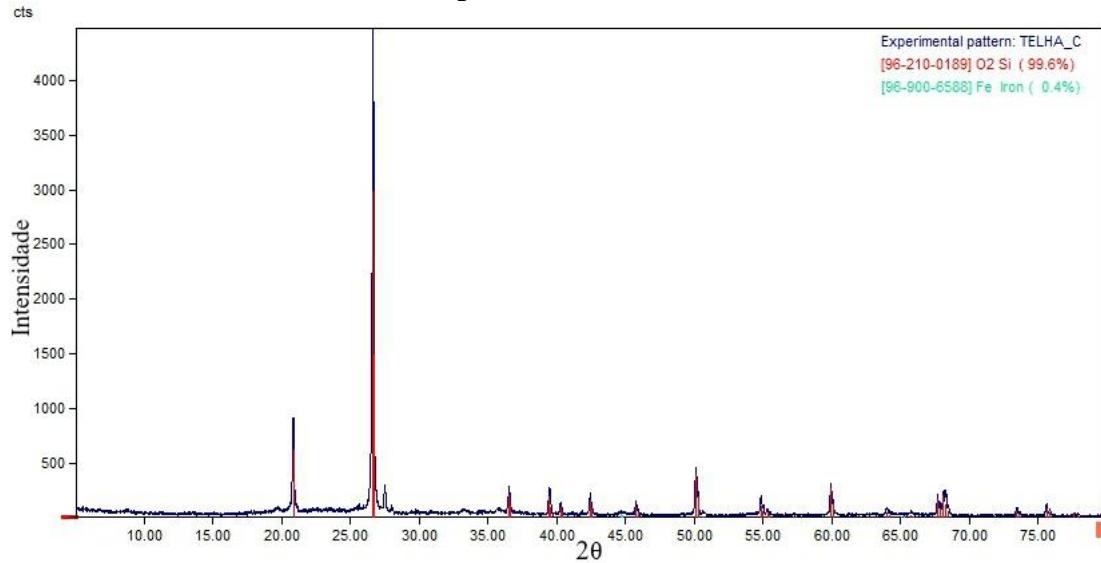
Conforme demonstrado na Figura 5, observou-se picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), os quais tem maior intensidade em  $20,881^\circ$ ,  $26,669^\circ$  e  $50,198^\circ$  (WILL et al, 1988). Ressalta-se, conforme já mencionado, que a sílica está presente na composição das argilas utilizadas na fabricação do cimento Portland, e portanto é um composto primordial para a produção do mesmo.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

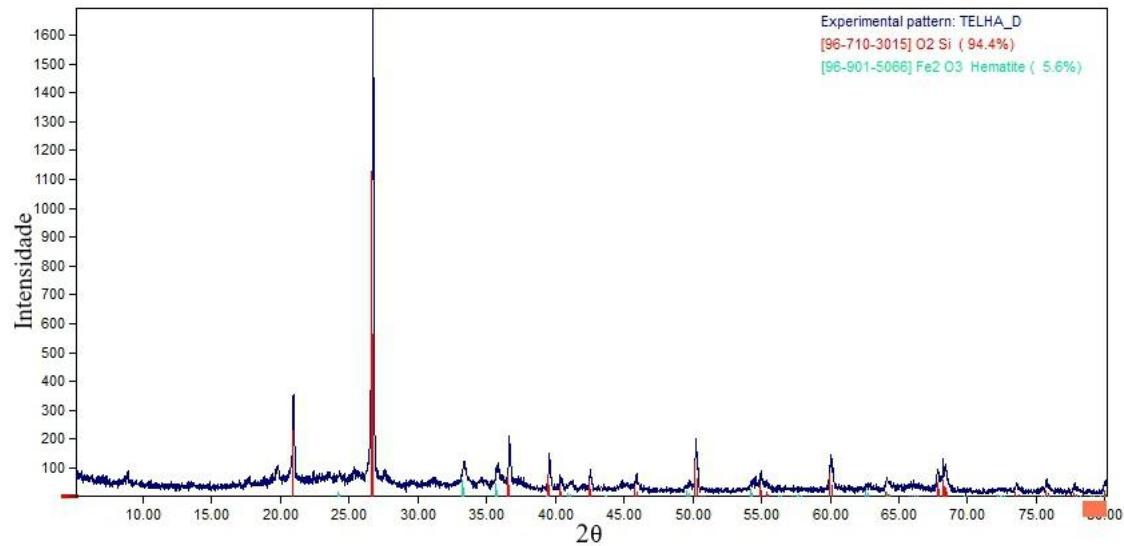
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 6 – XRD Telha C



A Figura 6, que apresenta os resultados obtidos através da análise de difração de raios-X (XRD) do resíduo beneficiado de Telha C, mostra picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) que, segundo Will et al. (1988), tem a maior intensidade em  $20,881^\circ$ ,  $26,669^\circ$  e  $50,198^\circ$ . Como destacado anteriormente, a sílica é um composto primordial para produção do cimento.

Figura 7 – XRD Telha D



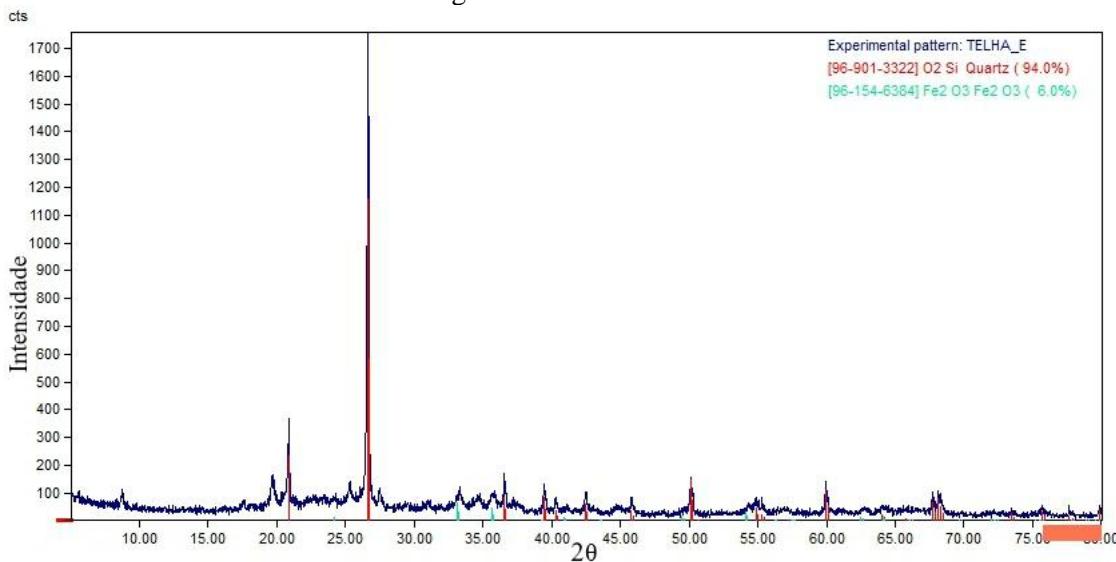
Os resultados obtidos através da análise de difração de raios-X do resíduo beneficiado de Telha D (Figura 7), permitem observar os picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) que, segundo Will et al. (1988), tem a maior intensidade em  $20,881^\circ$ ,  $26,669^\circ$  e  $50,198^\circ$  e óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) que, segundo Finger e Hazen (1980), tem a maior intensidade em  $33,418^\circ$ ,  $35,864^\circ$ ,  $49,828^\circ$  e  $54,505^\circ$ . Tanto a sílica quanto o óxido de ferro são compostos essenciais para a produção de cimento Portland estando presentes na composição das argilas comumente utilizadas na fabricação do mesmo.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 8 – XRD Telha E



Conforme apresentado na Figura 8, os resultados obtidos através da análise de difração de raios-X (XRD) do resíduo beneficiado de Telha E, permitem observar os picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) que tem a maior intensidade em  $20,881^\circ$ ,  $26,669^\circ$  e  $50,198^\circ$  (WILL et al, 1988). Também foi identificado picos característicos de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) que tem a maior intensidade em  $33,418^\circ$ ,  $35,864^\circ$ ,  $49,828^\circ$  e  $54,505^\circ$  (FINGER; HAZEN, 1980). Tanto a sílica quanto o óxido de ferro são compostos importantes para a produção de cimento Portland estando presentes na composição das argilas comumente utilizadas na fabricação do mesmo.

Dessa forma, os resultados das análises difração de raios-X (XRD) dos resíduos beneficiados das telhas A,B,C,D e E indicam a existência de picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ). As análises difração de raios-X (XRD) dos resíduos beneficiados das telhas D e E, apresentaram também picos característicos de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Tais compostos são essenciais para formação de Silicato Dicálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), Silicato Tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) e Ferroaluminato tetracálcico ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que por sua vez, são alguns dos principais compostos do cimento Portland.

## 4 Conclusões

Os estudos realizados sobre a caracterização de resíduos de telha cerâmica vermelha para produção de um aglomerante alternativo demonstraram por meio da técnica de caracterização difração de raios-X (XRD) que o RCV de telha tem a possibilidade de ser utilizado como uma matéria prima para um aglomerante alternativo.

A observação das fases presentes evidenciadas pelo XRD indicaram picos característicos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que são compostos importantes para a produção do cimento Portland.

Tal constatação prescreve a possibilidade de se desenvolver uma dosagem que inclua porções de RCV de telha beneficiado em substituição à argila extraída na natureza. Esse estudo, que se restringe inicialmente aos descartes de telha cerâmica vermelha, posteriormente poderá ser estendido aos resíduos de blocos cerâmicos, que representam grande proporção do entulho no Brasil.

Esse procedimento pode representar um grande passo no sentido da sustentabilidade na construção, já que um material que antes era tido como um descarte de obra, enviado



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

comumente à lixões e aterros, passa a representar matéria prima de um dos materiais mais utilizados pela humanidade.

### 5 Agradecimentos

Os dados de difração de raios-X (XRD) apresentados neste texto se baseiam no estudo, tratamento e interpretação de dados provenientes de análises realizadas pela equipe do Laboratório Multusuário de Técnicas Analíticas (LAMUTA), à qual os autores agradecem pela colaboração. Agradecemos também a Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), ao Instituto de Física da UFMT e à equipe do projeto da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) # 01.04.0121.00. Os autores também estendem os agradecimentos à equipe Laboratório de Estudos de Materiais (LEMat-UFMT/CUA) por disponibilizarem generosamente o espaço e os equipamentos para desenvolvimento da pesquisa.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14728:** Caçamba estacionária de aplicação múltipla operada por poliguindaste - Requisitos de construção. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). **Relatório anual:** 2015. [s.l.], [s.n], 2016. 38 p. Disponível em: < [http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio\\_2015.pdf](http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio_2015.pdf)>. Acesso em: 20/Nov./2017.

FINGER, L.W.; HAZEN R.M. Crystal structure and isothermal compression of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> to 50 kbars. **Journal of Applied Physics**, Japan, v. 51, p. 5362-5367. 1980.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concrete:** microstructure, properties and materials. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2006. 659 p.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 176 p.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

WILL, et al. Crystal structure of quartz and magnesium germanate by profileanalysis of synchrotron-radiation high-resolution powder data.. **Journal of Applied Crystallography**, Japan, v. 21, p. 182-191. 1988.

ZANOTTO, E.D.; MIGLIORE JR., A.R. Propriedades mecânicas de materiais cerâmicos: Uma introdução. **Cerâmica**, [S.l.], v.37, n.247, p. 7-16, jan./fev. 1991. Disponível em: <<http://www.lamav.ufscar.br/artpdf/c37m.pdf>>. Acesso em: 15/ Jul./2017.