

## REVESTIMENTO CIMENTÍCIO COMPOSTO POR RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E LAMA DE MÁRMORE E GRANITO

Ana Claudia Marques\*, Alessandro Campos, Rosemary Matias, Suellen Regina de Oliveira Barreto

\* Universidade Anhanguera-Uniderp e e-mail anamarques.arq@hotmail.com.

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo produzir um revestimento cimentício de parede, que tenha na sua composição resíduos da construção civil (RCC), tipo A, e resíduos provenientes de beneficiamento de rochas ornamentais (mármore e granitos). Este trabalho é derivado de uma pesquisa de graduação onde se discutiu o destino dos resíduos da construção civil no município de Campo Grande, MS, o que gerou um trabalho de conclusão de curso para uma proposta de usina de RCC's, dentro do curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Católica Dom Bosco. A Posteriori, este trabalho se expande e uma das variáveis de nossa pesquisa, agora com o objeto RCC, é a produção de produtos de revestimento para a construção civil. A grande produção de resíduos sólidos gerados nas cidades de todo o Brasil, têm despertado a atenção tanto da população quanto do poder público sobre o assunto. A quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados pelo crescimento acelerado e muitas vezes desordenado das áreas urbanas é uma preocupante e significativo para o nosso futuro. Podemos definir resíduos como restos de qualquer processo de trabalho e produção, e são classificados em sólidos, líquidos e gasosos. É importante salientar que a maioria dos processos de produção em algum momento terá matéria de descarte. Nosso foco neste trabalho são dois materiais muito utilizados na construção, os RCC's tipo A e o que chamamos de lama de mármore e granito. Levando em consideração que o Brasil tem a construção civil como o segundo maior PIB, podemos também entender que a alta produção e serviço dentro deste campo é incontestável, portanto, implementar formas de reutilização destes materiais é contribuir para a economia e também para o meio ambiente. Para este trabalho foram realizadas coletas em cooperativas e marmorarias locais, onde obtivemos a obra prima já em forma de agregado e depois todos os processos de montagem e forma das peças foram gerados no laboratório de materiais da Universidade Católica Dom Bosco, assim como os testes de rompimento das mesmas. As peças tiveram um resultado interessante, no que diz respeito a acabamento e porosidade, mas ainda precisa passar por novos processos para ter uma superfície mais lisa, uma vez que desejamos que a mesma seja usada para revestimento de paredes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem, RCC, Desenvolvimento Regional, Arquitetura Sustentável.

### INTRODUÇÃO

No ano de 2014 no Brasil, foram gerados segundo dados da ABRELPE (2014), cerca de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas de RSU, o que representa um aumento de 2,9% de 2013 para 2014, valor superior em comparação ao índice de crescimento populacional do país que foi de 0,9% de 2013 para 2014. A figura 3 mostra o comparativo do ano de 2013 para o ano de 2014.

Os RCC são todos aqueles produtos gerados em construções de edificações, reformas, readequações estruturais, demolições e restos de materiais que são descartados, o que implica na preocupação com o destino deste material e o espaço que irá ocupar.

Conforme a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), perto de 66% de RSU é formada por RCC, e ao fazer um comparativo, verifica-se que a quantidade de RCC em massa, é o dobro dos resíduos sólidos domiciliares.

Devido a estes fatores, a proposta deste trabalho busca desenvolver uma peça cimentícia que possa contribuir para reutilização de resíduos provenientes da construção civil e avaliar seu desempenho dentro das normas vigentes, com a intenção de utilização deste produto como uma alternativa sustentável para a construção de qualidade e bom desempenho aplicado no setor da construção civil.

O crescimento acelerado do setor da construção civil ocasiona uma quantidade significativa de RCC, e em contra partida, estes resíduos não tem obtido uma destinação final correta, o que pode gerar uma reflexão acerca deste problema ao reutilizar este produto, de maneira que possa ocorrer um processo de transformação e ser reutilizado.

Observa-se que nos estados que utilizam o método de reciclagem de RCC, há ausência de implantar sistemas de gestão, que incluam estruturas que precedem e complementem na implantação de usinas de reciclagem, como a definição de pontos de apoio ou ecopontos, ATT (área de transbordo e triagem) e aterros para o recebimento de RCC, para propiciar um gerenciamento desses resíduos e fiscalizar a conduta dos produtores, pois sem critérios e informações, parte dos responsáveis usam as vias, logradouros e terrenos baldios, como locais para descarte de RCC.

Devido a estes fatores, foi elaborada uma classificação referente aos RSU no Brasil (NBR 10.004/2004), que definiu os resíduos sólidos e semisólidos resultante de atividades como: industriais, domésticos, hospitalar, comercial,

agrícola, de serviços de tratamento de água, também podendo classifica-los como resíduos perigosos, não inertes e inertes, e o nível de risco que podem causar a natureza e a sociedade.

A iniciativa de organizar meios para reaproveitar esses materiais, resultantes da construção civil, tem muitas vantagens e pode propiciar para a população uma fonte de renda através de usinas de reciclagem, que podem transformar o RCC em lucro, e a prática além de ser benéfica para a comunidade, irá contemplar benefícios para o meio ambiente, pois algumas capitais brasileiras podem gerar mais de 50% de RCC, em comparação com alguns países como Holanda que gera em torno de 26%, Austrália em torno de 30%, Alemanha em torno de 19%, que demonstram ser índices relativamente baixos comparado com o Brasil (PINTO, 1999).

Ainda Pinto (1999), o acesso à matéria prima, tipo de região e a cultura local, podem influenciar o método construtivo, e conseqüentemente, a geração de RCC, pois no Brasil se utiliza alvenaria, concreto armado, materiais cerâmicos e madeira, sendo que todos estes materiais possuem um alto nível de reciclagem, exceto o gesso, devido a sua utilização e classificação, e países como Japão e Estados Unidos, em suas construções predomina o uso de madeira, na Holanda predomina os resíduos de alvenaria (90%) e plástico, vidro e madeira (10%).

A importância de adquirir o hábito de reciclar o RCC promove a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável, almejando o tripé da sustentabilidade, pois apresenta considerável aumento destes resíduos, pois em 2008 coletou 25067ton de RCC e em 2014 44625ton de RCC (ABRELPE, 2014).

O outro material abordado nesta proposta também é um produto empregado na construção civil e que tem grande perda durante seu beneficiamento, que são as pedras ornamentais, também comercialmente conhecidas como os mármore e granitos, que geram a lama de mármore e granitos.

No Brasil, no ano de 2007, a produção de rochas ornamentais atingiu 8 milhões de toneladas, que segundo Destefani (2009), gerou próximo de 682 mil m<sup>3</sup> de resíduos, equivalente a 1,8 milhões de toneladas de resíduos (ALMEIDA, 2014).

Durante o processo de beneficiamento inicial das rochas, após a lavra destas rochas, o material bruto passa por beneficiamento, que transforma as rochas em placas, ladrilhos e outros produtos para o consumo final. Esta etapa de transformação pode ocasionar perda de cerca de 30% da massa inicial (NEVES, 2002).

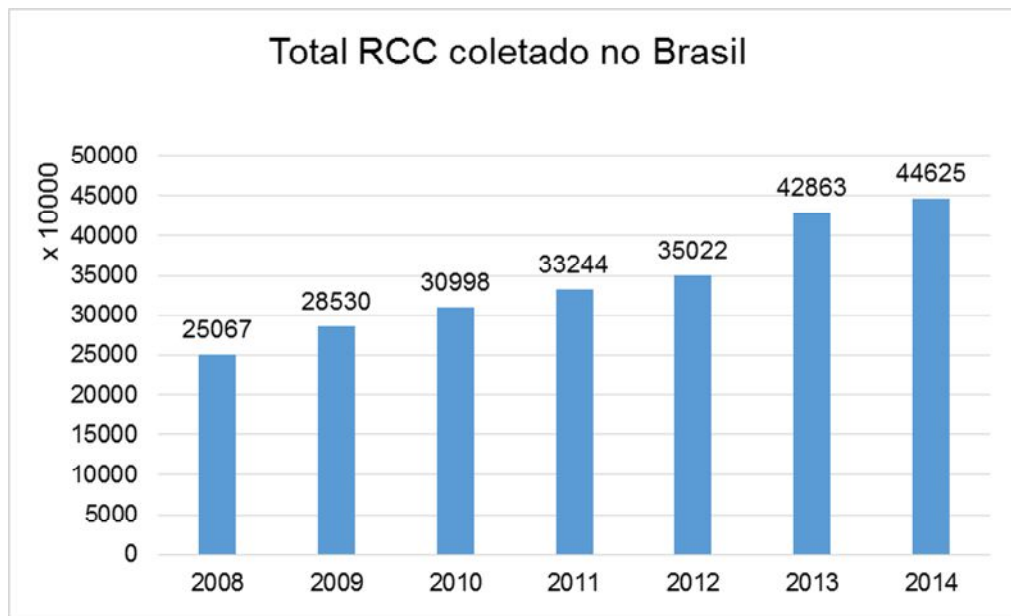
Após o processo de extração, ainda ocorre o corte, polimento e arremate, o que ocasiona perda de material, tanto dos retalhos e do pó em conjunto com água, que forma uma espécie de lama, gerando uma grande quantidade de resíduo dentro da marmoraria e posteriormente descartado, sem nenhum tipo de destinação correta.

Esta proposta busca desenvolver uma peça de acabamento cimentício que possa contribuir para reutilização de resíduos provenientes da construções civil e avaliar seu desempenho dentro da ABNT para que o mesmo possa ser uma alternativa sustentável para a construção de qualidade e bom desempenho. Podemos afirmar que o crescimento do setor da construção civil, ocasiona uma quantidade significativa de RCC, que não tem obtido uma destinação final correta, de maneira que possa passar por um processo de transformação e ser reutilizado. Observa-se que nos estados que utilizam o método de reciclagem de RCC, há ausência de implantar sistemas de gestão, que incluam estruturas que precedem e complementem na implantação de usinas de reciclagem. Estruturas como, definição de pontos de apoio ou ecopontos, ATT (área de transbordo e triagem) e aterros próprios para o recebimento de RCC. A situação na degradação urbana é agravada quando não se tem políticas públicas e normas, para propiciar um gerenciamento desses resíduos e fiscalizar a conduta dos produtores. Sem nenhum critério e sem informação, parte dos produtores destes resíduos, usam as Vias, logradouros e terrenos baldios, como locais para descarte de RCC.

A iniciativa de organizar meios para reaproveitar esses materiais, resultantes da construção civil, tem muitas vantagens e pode propiciar a população, uma fonte de renda através de usinas de reciclagem, que podem transformar o RCC em lucro.

Quando, as políticas públicas dos resíduos sólidos urbanos são realizadas, a degradação ambiental pode ser controlada. A importância de adquirir o hábito de reciclar o RCC, promove a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável, o que coloca em prática o tripé ecológico da sustentabilidade, onde o social, econômico e ambiental caminham juntos. A reciclagem adequada consiste em reutilizar determinado rejeito de forma útil e economicamente viável, e que a utilização de rejeitos vem de encontro às preocupações com relação ao passivo ambiental de detritos, economizando recursos naturais (MARTINS 2004).

A produção de materiais de construção civil através da granulometria gerada da reutilização do RCC, é um meio de potencializar a economia no estado do Mato Grosso do Sul, onde a construção civil tem crescido cerca de 19.55% demonstrado no gráfico abaixo por Safanelli e Carvalho (2015) *apud* ABRELPE (2014).



**Figura 1** - Gráfico com os dados de evolução em toneladas de RCC coletado no Brasil de 2008 a 2014.

**Fonte:** Adaptado pelos autores.

Atualmente, o que pode-se encontrar de materiais produzidos a partir da reciclagem do RCC sendo comercializados são; Canaletas de concreto, blocos de concreto, telhas de concreto com opções de pigmentação e revestimento vazado (cobogó).

O outro material que iremos trabalhar nesta proposta também é um produto utilizado dentro da construção civil e que tem grande perda durante seu beneficiamento, as pedras ornamentais, mármore e granitos.

No Brasil, no ano de 2007, a produção de rochas ornamentais atingiu 8 milhões de toneladas, que segundo (Destefani, 2009) gerou próximo de 682 mil m<sup>3</sup> de resíduos de rochas em volume, equivalente a 1,8 milhões de toneladas de resíduos. (ALMEIDA, 2014)

Durante todo o seu processo de extração, corte, polimento, arremate, acaba tendo uma perda muito grande, tanto de retalhos como da liberação de pó em conjunto com água, que forma o que chamamos de lama e isso acaba gerando uma grande quantidade de resíduo dentro da marmoraria e é descartado, sem nenhum tipo de destino certo.

Deve-se ressaltar após a lavra das rochas, o material bruto, deve ainda passar por uma etapa de beneficiamento, este processo fabril, transforma as rochas em placas, ladrilhos e outros produtos para o consumo final da indústria da construção civil e demais envolvidos. Esta etapa de transformação pode ocasionar a perda de cerca de 30% da massa inicial, sem incluir nesta estimativa os rejeitos provenientes ainda da etapa de polimento. (NEVES, 2002)

Foram realizadas pesquisas e análises desde o processo de transporte desses resíduos de construção civil, que são realizados por caminhões/caçambas que executam a coleta dos resíduos dentro do município, até ao processo final de triagem, separação e produção de novos materiais. Visitas em órgãos públicos da cidade de Campo Grande - MS, para o levantamento de informações e esclarecimento de dados de coleta e produção de todos os resíduos que iremos utilizar nesta pesquisa.

Para apresentar propostas de reutilização destes resíduos dentro da construção civil, foram utilizados estudos técnicos de empresas voltados para o desenvolvimento de resultados exequíveis para o reuso desses materiais. As empresas locais envolvidas são Engemix, fornecedora do RCC – tipo A, já beneficiado; Marmoraria Bernardo, fornecedora da lama de mármore.

A construção civil envolve sistemas construtivos diversos, tanto no que tange a sua execução quanto nos materiais que são utilizados, abrangendo diversos campos de produção e indústria, é uma das principais fontes de rendimento econômico. Essa importância e esse fluxo constante de suas atividades, faz com que a mesma busque cada vez mais princípios baseados no desenvolvimento sustentável.

A partir desses dados a pesquisa concluiu que o investimento em produção de materiais para acabamento ainda é reduzido e dessa maneira, deu-se início ao processo de avaliação de produção de revestimentos cimentícios para parede.

## OBJETIVO

Tem por objetivo produzir um revestimento cimentício de parede, composto por resíduos da construção civil, tipo A, e resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais (mármore e granitos), lama de mármore e granitos e busca que ao longo do tempo possa ser aprimorado para que seu acabamento final tenha aspecto fino e esteticamente aceitável pelo mercado.

## METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas assim como análises desde o processo de transporte desses resíduos de construção civil, que são realizados por caminhões/caçambas que executam a coleta dos resíduos dentro do município, até ao processo final de triagem, separação e produção de novos materiais, assim como visitas em órgãos públicos da cidade de Campo Grande - MS, para o levantamento de informações e esclarecimento de dados de coleta e produção de todos os resíduos que iremos utilizar nesta pesquisa.

Para apresentar propostas de reutilização destes resíduos dentro da construção civil, foram utilizados estudos técnicos de empresas voltadas para o desenvolvimento de resultados exequíveis para o reuso desses materiais e assim concluímos que o setor de acabamento ainda é carente em pesquisa.

Para o desenvolvimento do revestimento cimentício, a proposta tem como compostos principais agregados miúdos como o RCC do tipo A e a lama de mármore e de granitos (RMG). Ambos utilizados com o material passante na peneira de #1.18mm. As peças possuem um molde de 10 x 10 cm e espessura de 20 mm e tiveram o ensaio feito em laboratório por dosagens distintas em volume (Equivalente a 255ml = volume de um copo de 170ml).

Os materiais utilizados na mistura foram Cimento Portland CII Z 32, agregado proveniente de RCC tipo A, resíduos de pedras ornamentais e água da rede de abastecimento local. Para os parâmetros de testes, foi utilizado como referencia do experimento, a dosagem de 1:3 (1 parte de cimento:3 partes de RCC), e posteriormente foram substituídas partes dos agregados de RCC por lama de mármore e granitos.

Para substituir o RCC dosagem de 1:3 (1 parte de cimento:3 partes de RCC), e posteriormente foram substituídas partes dos agregados de RCC por RMG. Desta forma, foram dosados os traços 50% de RCC e 50% de RMG, com o traço de 1:1,5:1,5 (1 parte de cimento:1,5 partes de RCC:1,5 partes de RMG) e dosados os traços 75% de RCC e 25% de RMG, com o traço de 1:2,25:0,75 (1 parte de cimento:2,25 partes de RCC:0,75 partes de RMG).

Inicialmente, foram verificadas a estabilização da mistura e seu acabamento superficial, assim como seu desmolde, para que pudéssemos verificar se o mesmo não irá se decompor neste processo, invalidando sua produção. Posteriormente, serão analisados os corpos de prova moldados no que concerne a sua resistência à compressão simples, para verificar sua capacidade de absorção e resistência a forças aplicadas no produto. As fôrmas para moldagem e as placas cimentícias, com dimensão pré-definida (10x10cm e altura de 5 cm), podem ser observadas na figura 02.



**Figura 02** - Fôrmas para moldagem e as placas cimentícias.

**Fonte:** Autores.

As dosagem dos experimentos foram executadas por volume, para testes futuros, foram mensurados por massa cada amostra, com base no volume de um recipiente com 170ml, conforme tabela 01.

**TABELA 01** – Dosagens de materiais aplicados.

| TRAÇO       | CIMENTO | RCC  | RMG     |
|-------------|---------|------|---------|
| 1:3         | 164g    | 642g | 0g      |
| 1:1,5:1,5   | 164g    | 321g | 397,5g  |
| 1:2,25:0,75 | 164g    | 482g | 168,75g |

As placas cimentícias ficaram nos moldes por 24 horas e após esse período foram retiradas para verificação de suas características de acabamento superficial e estabilização, conforme figura 04.



**Figura 03** - Placas cimentícias.

**Fonte:** Autores.

O tempo de cura durou 28 dias em câmara úmida, e logo após foi efetuado o teste de resistência à compressão simples e observação sobre a granulometria final de superfície, que é o que afeta o acabamento. As peças foram retiradas da câmara fria, relocalamos na forma e fizemos uma capa para o alinhamento da face das peças.

**TABELA 02** – Pesagem das peças depois da secagem

| EXPERIMENTO | PEÇA 1 | PEÇA 2 | SOMATÓRIO |
|-------------|--------|--------|-----------|
| 25%         | 433g   | 422g   | 855g      |
| 50%         | 401g   | 454g   | 855g      |
| 100%        | 415g   | 395g   | 810g      |



**Figura 04** - Placas cimentícias já corrigidas à esquerda e uma delas em perfil após a secagem à direita.

**Fonte:** Autores.




Para o rompimento e testes de resistência à compressão, foi usada a prensa hidráulica com a marca Forney, modelo F-502F-CPILOT com capacidade para 500000 lb, disponível na Universidade Católica Dom Bosco. Conforme as normas, foram retiradas todas as saliências das faces das amostras, para tornar essas faces totalmente planas e paralelas, para assim ser feito os rompimentos.

## RESULTADOS

Com base técnica e estudos específicos sobre possíveis produtos derivados do RCC e de outros elementos rejeitados, como a lama da marmoraria, ao desenvolver um revestimento cimentício para aplicação interna e externa de paredes como uma nova opção de revestimento sustentável, almejando baixo custo com bom resultado estético.

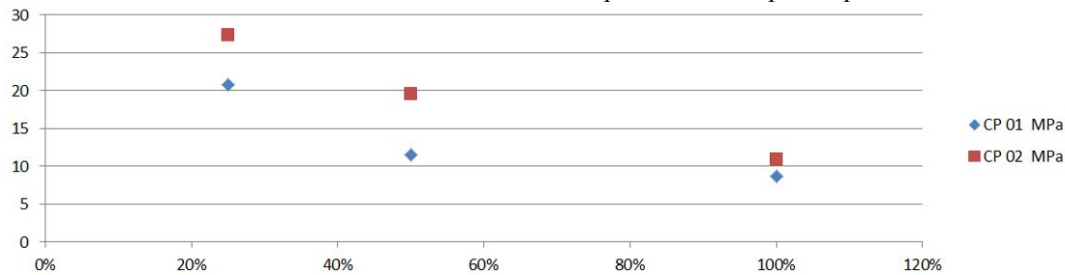
Porém o resultado final deste primeiro experimento ainda não foi satisfatório, pois o aspecto de superfície das peças apresenta porosidade e acabamento com sulcos e poroso. Notamos que a peça na proporção de 25% foi a mais homogênea na aparência de sua superfície, porém a de menor aglutinação da massa na hora de composição da mistura, pois o material juntamente com o RCC, absorve maior quantidade de água, dificultando sua trabalhabilidade e também que apresenta maior resistência à compressão simples.

**TABELA 03** – Rompimento das peças

| EXPERIMENTO | PEÇA 1                | PEÇA 2                | ASPÉCTO DA PEÇA   |
|-------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 25%         | 208.0 KN<br>20.80 MPa | 272.7 KN<br>27.27 MPa |  |
| 50%         | 114.6 KN<br>11.46 MPa | 194.9 KN<br>19.49 MPa |  |
| 100%        | 86.5 KN<br>8.65 MPa   | 108.6 KN<br>10.86 MPa |  |

Isso pode ocorrer devido ao poder de aglutinação e empacotamento dos RCC's pelo RMG's, pois os mesmos com seu formato irregular, pode ter maior adesão do material no seu amassamento e posteriormente apresenta maior resistência a compressão, conforme o Gráfico 01.

Gráfico 01 – Resistência à compressão dos corpos de prova.



Pode-se notar que quanto maior a quantidade de RMG's na mistura, maior a resistência à compressão o corpo de prova pode resistir, evidenciando que se torna viável a inclusão deste material nos elementos cimentícios propostos, pois o aumento foi gradativo conforme a inclusão deste material na mistura.

Outra característica apresentada foi a homogeneidade da peça, pois seu acabamento superficial se apresenta com melhor acabamento ao da peça que não possui nenhuma inclusão de RMG's, o que a torna mais atraente no quesito econômico, pois a intenção comercial deve ser elencada como outro fator a se avaliar.

## CONCLUSÕES

Por se tratar de reciclagem de RCC e promover a conscientização e educação ambiental para a sociedade, sendo um exemplo de solução econômica e viável para o desenvolvimento local, usando o que Ribeiro (2008) recomenda o uso em bases não estruturais com a substituição de agregados convencionais (areia e brita) por agregados reciclados do RCC.

As placas cimentícias apresentaram resultados satisfatórios em sua estabilização, seu acabamento superficial ainda se apresenta poroso, por conta do empacotamento dos grãos de RCC e RMG, e devido ao método de produção, com compactação manual da mistura.

Com base nesta argumentação, o revestimento cimentício proposto para paredes com agregados (RCC – tipo A) e a lama de mármore e granitos se apresentou eficaz, com compactação e acabamento superficial satisfatórios, tornando-se similar com o uso de materiais tradicionais para produtos com as mesmas características.

Desta maneira, deve-se ainda propor novas etapas na pesquisa deste produto com os mesmos materiais aplicados, e dentre estas propostas, testes de resistência à compressão e testes de absorção de água, assim como testes de desempenhos térmicos e desempenhos acústicos, para verificar melhor acabamento e desempenho técnico segundo as normas vigentes e melhor aceite pelo mercado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ABNT NBR 10004/2004 – Associação brasileiras de normas técnicas.** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. **ABNT NBR 10004/2004 – Associação brasileiras de normas técnicas.** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
3. ABRECON - Associação Brasileira para reciclagem de resíduos da construção civil e demolição- Dados pesquisa setorial sobre o mercado. Disponível em [http://www.abrecon.org.br/pesquisa\\_setorial/](http://www.abrecon.org.br/pesquisa_setorial/) . Acesso em 29.06.2017
4. ABELPRE - **Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais** – São Paulo – SP. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/> Acesso em 20.06.2017
5. ALMEIDA, T.DE.F. **Reaproveitamento de Resíduos de pó de mármore e charote na produção de material cerâmico para isolamento térmico.** Mestrado em Ciência e Tecnologia. Curdo de Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rio de Janeiro. p. 87. 2014.
6. DESTEFANI, A. Z. (2009) **Adição de resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais para a produção de blocos prensados de encaixe.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Federal do Norte Fluminense- UENF.
7. PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
8. NEVES, G. de A. **Reciclagem de resíduos de serragem de granitos para uso como matéria-prima cerâmica.** Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós Graduação em Engenharia de Processos. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2002.