



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 10 – Ano V – 10/2016
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Materiais alternativos para adição ao cimento Portland

Prof. Dr. Stênio Cavalier Cabral
Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais - UENF/RJ - Brasil.
Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade da
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/2452889693767673>
E-mail: stenio.cavalier@ufvjm.edu.br

Marina Álvares de Azevedo
Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM - Brasil
Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9657221838451528>
E-mail: marininhaalvares@gmail.com

Resumo: A utilização de resíduos pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade. Este artigo trás uma análise sobre o uso de materiais alternativos ao cimento Portland, como substituição parcial de agregados miúdos e adições. Fundamentado em estudos e pesquisas que foram possíveis devido aos avanços da ciência e tecnologia. O objetivo foi descrever os materiais, suas propriedades iniciais necessárias para serem incorporados ao cimento, assim como o resultado do produto final e suas possíveis aplicações. Concluindo quando é viável ou não, seja no sentido econômico, sustentável ou de qualidade – o uso de cada material. Lembrando que apesar dos benefícios do reaproveitamento de resíduos, este processo precisa ser feito de forma cautelosa e criteriosa para garantir o sucesso do produto no mercado.

Palavras-chave: Cimento Portland, resíduos, sustentabilidade.

Introdução

O cimento é um dos mais importantes materiais da construção civil. Foi descoberto em 1824, na ilha de Portland pelo empresário Joseph Aspdin, que batizou seu produto como Cimento Portland, que é mundialmente conhecido na atualidade.

Segundo a ABNT NBR-5732, o cimento Portland é um produto constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio com propriedades hidráulicas. Desta forma, endurece sob a ação da água e, depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à água, não se decompõe mais (PUGLIESI, 2000).

Devido ao alto consumo de cimento Portland no mundo, pesquisadores, cimenteiras e afins procuram alternativas sustentáveis com relação a sua produção. Além de prolongar a vida útil das jazidas de argila e calcário, almejam-se avanços tecnológicos e maiores economias.

As características e propriedades do concreto dependem da qualidade e das proporções dos materiais constituintes. O cimento é o principal componente do concreto e de argamassas. Por ser o mais ativo quimicamente, tem a função de unir os agregados e contribuir para alcançar a resistência final desejada.

Há uma crescente necessidade de aprimorar certas características do concreto, como leveza, resistência, flexibilidade, custos, entre outras. Tal fato levou ao desenvolvimento de aditivos e incentivou a busca por outros tipos de materiais que, adicionados ao concreto, pudessem melhorar ainda mais seu desempenho.

Com a escassez dos agregados naturais em regiões das grandes cidades, estão sendo desenvolvidos os chamados agregados artificiais, fabricados preferencialmente de resíduos industriais. Os materiais utilizados comumente como agregados para concreto são provenientes de fontes naturais não renováveis e, a exemplo do cimento Portland, possuem uma utilização mundial em volumes extremamente elevados.

Este consumo desenfreado, caso não seja contido, poderá provocar uma estagnação das fontes destes materiais, sendo importante então, promover uma substituição destes por materiais provenientes de fontes alternativas (MODRO, 2009).

Assim, utilizando tecnologias que dão prioridade ao reaproveitamento de materiais, podemos aliar o desenvolvimento econômico à preservação do meio ambiente. Uma forma muito convidativa de fazer essa relação entre economia e meio ambiente é o investimento em cimentos com adições de materiais de descarte, como bagaço da cana-de-açúcar, casca de arroz, resíduo cerâmico, entre outros. Amenizando assim, impactos ambientais e, além disso, proporcionando um produto com menor custo e com propriedades mecânicas satisfatórias.

Portanto serão apresentadas neste trabalho algumas opções de materiais alternativos para possível adição ao cimento Portland, e utilização como agregados ao concreto e argamassas, visando um produto de qualidade associado com as questões ambientais.

Justificativa

A pesquisa justifica-se a contribuir para a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, incluindo a reutilização de materiais de descarte no ramo da construção civil. Abrindo os horizontes para novas possibilidades do uso do cimento Portland – melhorado em suas propriedades de acordo com sua finalidade, e mais sustentável que o tradicional.

Objetivo

Devido à importância do assunto em uma época onde o desenvolvimento tecnológico alia-se a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, há um grande número de pesquisas sendo realizadas sobre o tema. O objetivo é reunir informações, analisar e discutir a viabilidade e utilização de diferentes materiais na produção de concretos e argamassas na construção civil.

Análises de discussões

- **Cinza do bagaço de cana-de-açúcar**

O termo pozolana era atribuído às cinzas de origem vulcânica que reagem com a cal em presença de água à temperatura ambiente. Com o passar do tempo, a

definição foi ampliada com outros materiais, que possuem comportamento semelhante. Hoje, considera-se pozolânico todo material inorgânico, natural ou artificial, silicoso ou alumino-silicoso que por si só não apresenta atividade hidráulica. Entretanto, quando passado por um processo de moagem fina e em presença de água, reage com o hidróxido de cálcio. (CORDEIRO, 2006).

Nos últimos anos, um novo material está ganhando destaque em pesquisas relacionadas ao comportamento pozolânico – a cinza do bagaço de cana-de-açúcar. Segundo REZENDE (2014), a cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) é um importante material para a confecção de argamassas e concretos devido à alta quantidade de silício (Si) e de óxido de alumínio (Al_2O_3). A cinza que contém dióxido de silício (SiO_2) com estrutura amorfa, dependendo das condições de queima e de sua granulometria, apresenta características químicas e físicas que podem desenvolver atividade pozolânica.

O bagaço gerado durante a extração do caldo na moagem da cana-de-açúcar constitui-se o maior resíduo da agricultura brasileira. Atualmente, este subproduto responde pelas necessidades energéticas do setor sucroalcooleiro, como biomassa em processos de co-geração, e ainda gera um excedente passível de ser comercializado para concessionárias de energia ou outros pólos industriais (CORDEIRO, 2006).

Após diversas análises, CINCOTTO (1983), concluiu que o CBC comporta-se como um cimento pozolânico, mesmo que a sua exequibilidade ainda dependa de algumas variáveis para atingir um grau químico satisfatório. Portanto, a cinza na sua forma residual não é atrativa, sendo necessária a moagem mecânica das partículas – processo que aumenta a reatividade do aditivo que é proporcional à sua superfície específica.

Segundo PAULA (2006), as propriedades da CBC dependem principalmente do processo de queima da cana-de-açúcar, sendo que as possíveis modificações no bagaço decorrente desse processo são descritas abaixo:

- Perda da massa devido a temperaturas até $100^{\circ}C$, devido a evaporação da água absorvida;
- A $350^{\circ}C$ inicia-se a queima do bagaço da cana de açúcar,

- O carbono residual é oxidado entre 400°C a 500°C, ocorrendo nesta etapa uma perda mais considerável da massa e também quando a cinza torna-se rica em sílica;
- Acima de 700°C começa a formação de cristais como, por exemplo, o quartzo;
- A 800°C a sílica presente na CBC é unicamente cristalina.

Com relação ao tempo de pega inicial e final, as adições de 10%, 20% e 30% de CBC geraram um aumento de 10 min. no intervalo entre os tempos de pega. As argamassas com maiores teores de cinza tendem a ser mais porosas, o que justifica os maiores valores de absorção encontrados. Com relação à massa específica, a substituição parcial do cimento Portland por até 30% de cinzas na mistura não provocou qualquer modificação significativa. Os ensaios de compressão das argamassas com teores de CBC entre 0 e 30%, aos 7 e 28 dias, indicaram a possibilidade de substituição de até 20% do cimento pela CBC, sem prejuízo da resistência (PAULA, 2006, p. 15).

- **Cinza da folha da bananeira**

O Brasil é um grande produtor de frutas. Anualmente, os pés de bananeira produzem um potencial nacional de cerca de 11,45 milhões de toneladas de folhas secas, o que corresponde a 1,21 milhões de toneladas de cinza de folha de bananeira.

A folha de bananeira é proveniente da desfolha do bananal, processo este que consiste na eliminação das folhas que não são mais úteis a planta (EMBRAPA, 2004). “A folha de bananeira apresenta atividade pozolânica quando calcinada a uma temperatura de 850°C, sob fluxo de ar, e tempo de queima de 1 h” (KANNING, 2010).

A consistência da argamassa diminui à medida que se aumenta a porcentagem de adição de cinza da folha de bananeira, portanto a trabalhabilidade deve ser corrigida adicionando-se aditivo plastificante.

Em virtude dos finos da cinza preencherem os vazios da argamassa, o teor de ar incorporado é menor e a absorção de água por capilaridade também é reduzida, apresentando melhor desempenho em relação à impermeabilidade. Outra característica observada no estado fresco é o aumento da massa específica conforme o teor de folha de bananeira acrescido à argamassa, conforme Tabela 01.

Tabela 01 – Massa específica no estado fresco (FONTE: Maria, 2011)

AMOSTRA	MASSA ESPECÍFICA (Kg/m³)
Referência	2074,8
5% CB	2110,0
10% CB	2140,3
15% CB	2108,3
20% CB	2107,0
25% CB	2141,6
30% CB	2162,7

Os ensaios de absorção de água por capilaridade demonstram valores menores que os apresentados pela argamassa de referência, fator favorável à impermeabilidade, principalmente em locais em contato com a umidade, como solos. Os ensaios de resistência à compressão e resistência à tração na flexão das argamassas apresentaram maiores resistências quando comparados à argamassa referência. Os mesmos indicaram viabilidade de utilização de até 30% de cinza de folha de bananeira, sem prejuízos de resistência (MARIA, 2011, p.66).

“A cinza da folha de bananeira quando adicionada em argamassas de cimento Portland apresenta resistências mecânicas superiores à argamassa de referência e argamassa com adição de cinza volante, porém inferior à argamassa com adição de sílica ativa” (KANNING, 2013).

- **Cinza da casca de arroz**

Tendo em vista o grande volume de produção de arroz que, segundo Sosbai (2010), é um dos alimentos mais relevantes para alimentação humana, servindo como base alimentar para mais de três bilhões de pessoas, recebendo o título de segundo cereal mais cultivado no mundo.

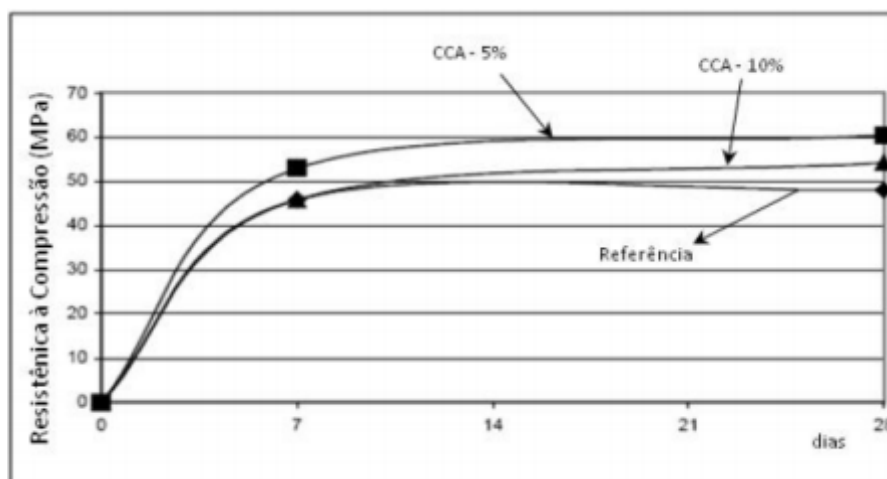
Conforme Gastaldini; Irion (2001), durante a produção de arroz, na etapa de beneficiamento, são gerados diferentes resíduos, onde a casca de arroz se destaca, principalmente devido ao grande volume gerado. Esta casca de arroz, comenta Gonçalves (2009), por possuir baixo valor comercial e pouca procura gera problemas no caso locais apropriados para armazenagem adequada deste grande quantidade.

A cinza da casca de arroz (CCA) segundo Hoffmann (2010) é um resíduo que possui em sua composição 92% de sílica, uma combinação entre componentes como silício e oxigênio. Esta sílica, possui elevada dureza, podendo ser utilizado em diversas indústrias: tintas, produtos farmacêuticos, cosméticos, inseticidas e neste caso, na produção de cimento. A quantidade de sílica para Ali et al, (1992) dependerá da ação de fertilizantes, temperatura e condições climáticas.

O uso do CCA na construção civil é variado; Foletto et al. (2005) citou duas: a sílica pura que pode ser utilizada na fabricação de vidros, cerâmica, detergentes industriais, tijolos e cosméticos; e pode ser utilizado na produção de cimentos e conseqüentemente, em concretos como forma de melhorar as suas propriedades no estado de endurecimento e fresco.

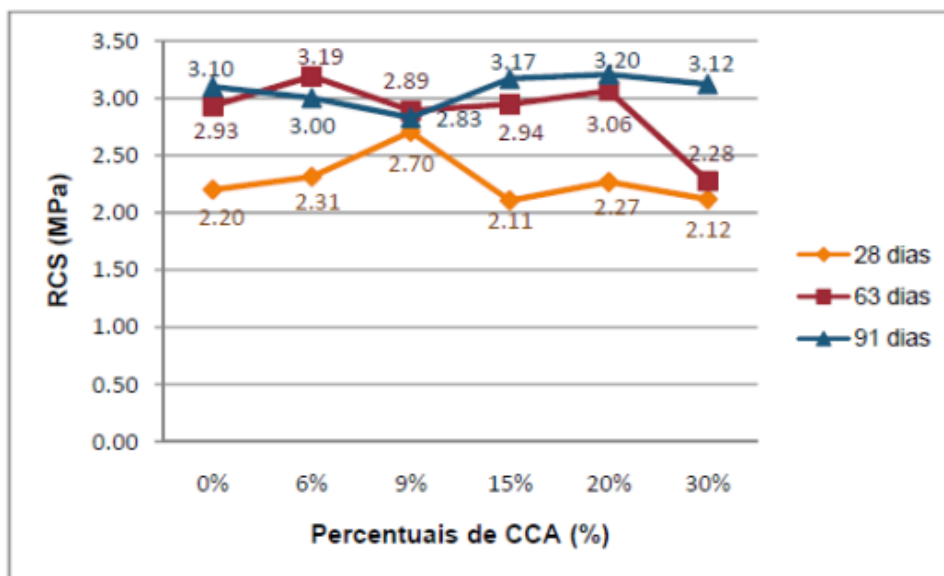
Segundo Mehta (1992) o uso do CCA, além de acelerar o ganho de resistência, contribui diretamente na redução da segregação e a exsudação, tornando-o mais trabalhável. Thashima et al (2004) constatou em sua pesquisa que com a adição de 5% a 10% de CCA houve maior ganho de resistência inicial, também como o aumento da resistência em idades maiores e também apontou-se seus benefícios como forma de redução da poluição ambiental e melhora nas características do concreto.

Figura 01: Resistência a compressão com CCA. Fonte: Tashima et al (2004)



Outro uso para o CCA é a produção de argamassa que em sua pesquisa, Bezerra (2001), utilizando-se um traço de 1:1:6, obteve melhor desempenho à 28 dias com a adição de 9% de CCA.

Figura 02: Resistência a compressão de argamassa com CCA. Fonte: Bezerra (2010)



Nota-se que o teor de cinza adicionado nos casos estudados, é inversamente proporcional a resistência à compressão das argamassas. Devido ao crescimento do fator água/cimento para manter a mesma consistência, as argamassas com maiores teores de cinza tendem a ser mais permeáveis nos ensaios de absorção.

- **Resíduo cerâmico moído**

A utilização de pozolanas para a produção de concretos e argamassas não é assunto recente. Hoje a engenharia vive um novo ciclo no que diz respeito ao uso desse material, especialmente porque o mercado consumidor se faz cada vez mais exigente com relação à aplicação de materiais mais duráveis (MANTUANO, 2006).

A incorporação de adições minerais na produção de cimentos ou concretos com o objetivo de melhorar o desempenho e a durabilidade desses materiais tem aumentado significativamente nos últimos anos, sendo que fatores econômicos e ambientais exercem um papel importante nesse crescimento (GARCIA, 2014).

De acordo com Garcia, (2014) além de vantagens com a diminuição de custos, as adições minerais conferem maior sustentabilidade na cadeia produtiva do cimento. Estes possibilitam a reciclagem de subprodutos ou resíduos industriais – reduzindo as emissões perigosas lançadas na atmosfera durante a sua fabricação;

bem como minimiza o gasto de energia e, por vezes, o consumo de recursos naturais não renováveis.

O volume de resíduos gerados no setor de cerâmica vermelha pode variar de 3% a 30%, ocasionando problemas de transporte, estocagem, manutenção dos depósitos e ambientais. Devido a sua grande disponibilidade, os resíduos cerâmicos (RC) constituem-se numa alternativa atrativa para serem utilizados como substitutos parciais do cimento Portland na produção de argamassas e concretos.

Existe uma grande variabilidade na composição deste resíduo, advinda de fatores como homogeneidade, temperatura da queima e composição da matéria prima, que interferem diretamente em suas propriedades. Mais recentemente, investigações têm sugerido que os resíduos da indústria cerâmica, quando moídos, dispõem de certa atividade pozolânica, com potencial para a produção de concretos com reduzido impacto ambiental.

De acordo com Golçalves (2007), a utilização do RC promove um aumento na capacidade de deformação, provavelmente, porque os sais hidratados decorrentes da reação pozolânica do hidróxido de cálcio e o RC devem possuir uma rigidez menor que a dos sais hidratados apenas do cimento.

A redução do módulo de elasticidade de misturas contendo RC é atribuída à menor rigidez dos produtos hidratados decorrentes da reação pozolânica do hidróxido de cálcio e o RC, gerando misturas com maior capacidade de deformação sob tensão. Também, pode-se associar a esse comportamento, a presença de partículas de RC não reagidas, que, devido à forma lamelar, apresentam maior capacidade de deformação. (GOLÇALVES, 2007, P. 5).

Independentemente da relação a/c, a presença do RC não influencia significativamente na resistência à compressão, na resistência à tração por compressão diametral e na resistência à tração na flexão dos concretos aos 28 dias, sendo viável sua utilização.

- **Borracha de pneus usados**

Segundo informações obtidas diretamente da MEAN – Medições Ambientais Consultoria Ltda., levantadas nos últimos dois anos, descartam-se de 10 a 15 milhões de pneus ao ano no Brasil. a maioria dos pneus velhos é jogada em aterros

sanitários, terrenos, lixões e áreas não controladas, aterros industriais controlados e licenciados, reutilizado em indústrias de borracha, que produz tapetes de carros utilizando, em parte, a borracha recuperada de pneus; queima em fornos de produção de cimento (SEGRE, 1999).

A queima de pneus acontece a altas temperaturas produzindo grandes quantidades de fumaça negra e óleos que penetram e contaminam lençóis d'água e solos, devido a sua composição química. Além disso, pneus usados que são depositados a céu aberto, acabam se tornando focos de procriação de mosquitos, tornando-se um problema maior para a saúde pública no controle de epidemias.

No intuito de amenizar o impacto ambiental causado pelo descarte de pneus inservíveis na natureza, pesquisadores vêm estudando a viabilidade técnica para reaproveitar o material no ramo da construção civil. Há a possibilidade de ser incorporado ao concreto como substituição de agregado miúdo ou na forma de adição à pasta de cimento.

Giacobbe (2008) afirmou que quanto maior o teor de borracha moída incorporado no concreto como agregado miúdo, maior é a redução da resistência à compressão, resistência à tração na flexão e módulo de elasticidade em comparação ao concreto de referência.

Apesar disso, Sukontasukkul e Chaikew Apud Giacobbe (2006) ressaltaram que a substituição de agregados por borracha para a produção de peças de concreto para pavimentação, pode resultar em um material mais durável, economicamente viável e capaz de absorver mais energia quando submetido a impacto.

Se o concreto com adição de 5% de borracha de pneus inservíveis fosse utilizado na pavimentação de calçadas, além de aumentar a vida útil das mesmas, reduziria o montante de resíduos de pneus no meio ambiente e a quantidade de areia explorada para este uso (ROMUALDO et al, 2011).

Para serem utilizadas como adição em pasta de cimento, segundo Segre (1999), é necessário tratamento superficial da borracha de pneus com solução saturada de NaOH, para aumentar a aderência entre as partículas e a matriz de cimento. Nas condições experimentais utilizadas, a adição da borracha diminui a porosidade do material, funcionando como agente tenacificante. A utilização da borracha moída de pneus como adição e não como agregado torna promissor o seu

uso como material de engenharia, por exemplo, como pisos e revestimentos (SEGRE, 1999).

- **Nanotubos de Carbono**

A modificação do cimento Portland pela nanoengenharia é um campo em expansão. Os nanotubos de carbono (NTCs) são estruturas que, após sintetizadas, obtêm forma de cilindros em escala manométricas. Com suas características químicas e físicas singulares vêm ganhando relevância na produção dos mais diversos tipos de compósitos.

Existem alguns obstáculos para utilização dos nano compósitos em concretos e argamassas: o custo elevado e baixa oferta do produto, uma vez que não são produzidos em larga escala; e dificuldades técnicas para a dispersão na mistura ser eficiente.

Podem-se adotar dois métodos para a dispersão dos NTCs. O físico, que consiste na utilização de equipamentos que emitem ondas ultrassônicas ou agitação com alta taxa de cisalhamento. E o método químico através de reagentes.

Quando uma pequena quantidade de nanopartículas é uniformemente dispersa na pasta de cimento, as nanopartículas agem como uma ponte de ligação forte ao cimento hidratado e, também, contribuem para a hidratação do cimento devido a sua alta atividade, o que é favorável para a resistência mecânica. As nanopartículas presentes entre os produtos hidratados irão impedir o crescimento de alguns cristais, como o Ca(OH)_2 (hidróxido de cálcio), o que favorece a resistência mecânica. As nanopartículas preenchem os poros da pasta de cimento, tornando-a mais densa e aumentando a resistência, de modo similar ao efeito da sílica ativa (MARCONDES, 2012, P.20).

A utilização de nanotubos de carbono como nanoreforço em matriz de cimento Portland pode melhorar seu desempenho em relação a processos de degradação como retração e aumentar sua resistência à tração (BATISTON, 2007).

Em sua dissertação, Marcondes (2012) obteve resultados que indicaram melhorias em propriedades como absorção por imersão, tração por compressão diâmetral, resistência à compressão e permeabilidade.

Conclusão

No contexto atual a diminuição dos impactos ambientais gerados pela humanidade, aliado a uma maior consciência ambiental por parte da população, vem se tornando assuntos cada vez mais importantes e discutidos. Outro ponto importante é o que diz respeito ao desenvolvimento socioeconômico da população. Portanto, é de fundamental importância que essas duas necessidades se desenvolvam lado a lado.

Para que isso aconteça precisa-se de acesso a materiais que causem baixo impacto ambiental e que tenham baixo custo, como é o caso da adição de materiais alternativos ao cimento Portland. Assim, o desenvolvimento de materiais que usam como matéria-prima fontes renováveis é uma alternativa viável para a diminuição dos impactos ambientais. Aliado a isso se tem o reaproveitamento de materiais, que também vem se tornando cada vez mais importante dentro desse contexto.

Conclui-se que o uso de materiais alternativos como agregados e adições ao cimento é o caminho correto para um planeta mais sustentável. Devendo sempre levar em conta as propriedades de cada material, a forma como serão utilizados, e o resultado final do concreto. Muito estudo ainda deve ser feito para a larga utilização destes materiais, mas os avanços da tecnologia neste sentido estão seguindo um caminho promissor.

Referências

ALI, F. H.; ADNAN, A. CHOY, C. K. Geotechnical Properties of a Chemically Stabilized Soil from Malaysia with Rice Husk, Ash as an Additive. *Geotechnical and Geological Engineering*, v.10, n. 2, p. 117-134, Amsterdam, 1992.

BATISTON, E. R. Estudo exploratório dos efeitos de nanotubos de carbono em matrizes de cimento Portland. 91 f (dissertação de mestrado) - Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil – PPGEC. Universidade Federal De Santa Catarina – UFSC, 2007.

BEZERRA, I. M. T. et al. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v. 15, n. 6, p 639-645, 2011. A utilização da Cinza da Casca de Arroz utilizada em argamassas de assentamento.

CINCOTTO, M. A. Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil. *A Construção*, São Paulo, v.1855, p 27-30, 1983.

CORDEIRO, G. C. Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2006.

FOLETO, HOFFMANN, SCOPEL, LIMA, JAHN; Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. Departamento de Engenharia Química, UFSM – RS. *Quim. Nova*, V. 28 N° 6, 2005, 1055-1060 pp.

GARCIA, E. [et al.], 2014. Resíduo de Cerâmica Vermelha (CRV): Uma alternativa como material Pozonânico. *Cerâmica Industrial*. Acessado em: 27 de Setembro de 2016. Disponível em <<http://ceramicaindustrial.org.br/pdf/v19n4/v19n4a05.pdf>>.

GASTALDINI, M. C. C.; IRION, C. A. O. Levantamento Sanitário da bacia do Rio Ibicuí – avaliação das cargas poluidoras atuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21° FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE SANEAMENTO AMBIENTAL. DESAFIO PARA O SÉCULO 21. 16 a 21 de setembro de 2001, João Pessoa - PB, 2001.

GIACOBBE, S. Estudo do comportamento físico-mecânico do concreto de cimento Portland com adição de borracha de pneus. 2008, 106 f. Dissertação (mestrado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, 2008.

GONÇALVES, G. E. et al. Síntese e caracterização de mulita utilizando sílica obtida da casca de arroz. *Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto*, v. 62, n. 3, set. 2009.

GONÇALVES, J. P., 2007. Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos. Ouro Preto, Minas Gerais.

HOFFMANN, R; JAHN, S. L; BAVARESCO, M; SARTORI, T. C. Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz; estado da arte. 2010. 14 p.

ITAMBÉ, 2016. Cimento Portland pozolânico Resistente a Sulfatos. Acessado em: 27 de Setembro de 2016. Disponível em<<http://www.cimentoitambe.com.br/produtos/cp-iv-32-rs/>>.

KANNING, R. C. Utilização da cinza de folha de bananeira como adição em argamassas de cimento Portland. 192 f (tese de doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PIPE. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2013.

MARIA, S. P. Estudo da adição de cinza de folha de bananeira em argamassas. (Trabalho de conclusão de curso) – Departamento acadêmico de Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

MEHTA, P. K. Rice husk ash – A unique supplementary cementing material. In: Advances in concrete technology. CANMET. Ottawa, 1992, p. 407-431.

MODRO, N.L.R.I. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. Revista Matéria v. 14, n. 1, pp. 725 – 736, 2009.

MILITO, J. A. de. Avaliação do desempenho de aglomerante à base de gesso com cimento Portland de alto forno e sílica ativa. 368 f (tese de doutorado) - Faculdade De Engenharia Civil, Arquitetura E Urbanismo. Universidade Estadual De Campinas, 2007.

PAIXÃO, Suelen O., 2013. Estudo Do Uso De Resíduo Cerâmico De Obras Como Agregado Miúdo Para A Fabricação De Argamassas Para Revestimento De Alvenarias. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ.

PAULA, M. O. Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PORTAL DO CONCRETO, 2016. Cimento Portland Pozolânico. Acessado em: 27 de Setembro de 2016. Disponível em<<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/cp4.html>>.

POUEY, M. T. F. Beneficiamento da casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico. 2006. 345 p.

PUGLIESI, NATALY. Cimento: diferentes tipos e aplicações. AECweb, disponível no link: http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes_11959_0_1 Acessado em 14/10/2016.

REZENDE, F. M, et al. Uso da cinza do bagaço da cana- de- açúcar em comento Portland como mecanismo de desenvolvimento limpo. 6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. Pouso Alegre, 2014.

ROMUALDOA, A. C. A. et al. Pneus Inservíveis como Agregados na Composição de Concreto para Calçadas de Borracha. In:INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION. 3., 2011, São Paulo. *Wokshop*. São Paulo, 2011.

SEGRE, N. C. Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento. 104 f. (tese de doutorado) – Instituto de química. Universidade Estadual de Campinas, 1999.

SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/28. Porto Alegre – RS, 2010.188 p.

SUKONTASUKKUL, P.; CHAIKAEW, C. Properties of concrete pedestrian block mixed with crumb rubber. *Construction and Building Materials*, n. 20, p. 450-457, 2006.

TASHIMA, M. M. (2004). Influência da granulometria da cinza de casca de arroz em concretos. Relatório de iniciação científica (Graduando em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Bolsista PIBIC – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Jorge Luis Akasaki.

VIEIRA, Andressa de A. P., 2005. Estudo do Aproveitamento de Resíduos de Cerâmica Vermelha como Substituição Pozolânica em Argamassas e Concretos. UFP. João Pessoa, Paraíba.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/10/2016

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.