

O CONCRETO SUSTENTÁVEL BRASILEIRO

THE BRAZILIAN SUSTAINABLE CONCRETE

DIAS, Aniel de Melo

Mestrando em Engenharia Civil, Aluno e Professor Voluntário no CEFET-MG
E-mail: anieldias@globocom

SILVA, Thiago José Vieira

Mestrando em Engenharia Civil, Aluno do CEFET-MG
E-mail: vieira.thiago@gmail.com

POGGIALI, Flávia Spitale Jacques

Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Professora no CEFET-MG
E-mail: flaviaspitale@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento de um país está diretamente vinculado ao crescimento de sua infraestrutura urbana, logo, como o concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo, o crescimento de uma nação é indissolúvel da produção e consumo deste material. Em suma, o concreto compõe-se de cimento, água, agregados e aditivos. Particularizando alguns dados relativos ao cimento, no Brasil, entre 2005 e 2012, o consumo de cimento cresceu cerca de 80%. O alarmante é que, para cada tonelada de clínquer produzido, são lançadas uma tonelada de CO₂ na atmosfera. O grande contraponto do consumo de concreto relaciona-se aos impactos ambientais proporcionados pela sua utilização. Associadamente a este cenário, a produção de resíduos, seja na indústria da construção ou em outros setores industriais, mostra-se um grande empecilho para alcançar o alvo da sustentabilidade. A busca por um material mais sustentável tornou-se o foco de muitas pesquisas no Brasil, e assim surge o concreto sustentável como aquele que compreende as demandas de sustentabilidade do meio ambiente. As principais iniciativas destes pesquisadores relacionam-se com a substituição/adição de agregados e aglomerantes do processo produtivo do concreto convencional por materiais complementares, tais como: cinzas de casca de arroz e bagaço de cana de açúcar, areia de britagem (pó de pedra) e agregados reciclados de sua própria indústria. Diante do exposto, este artigo tem como objetivo apresentar estudos realizados no meio científico brasileiro que tratam da incorporação de materiais complementares na produção de concreto, substituindo agregados ou aglomerantes, visando uma maior consciência ambiental e minimização de impactos. Como metodologia de pesquisa, optou-se pela revisão narrativa que proporciona grande amplitude descritiva e discursiva do “estado da arte” do assunto com contextualização e ponto de vista teórico.

Palavras-chave: Concreto Sustentável. Resíduos. Inovação

ABSTRACT

The development of a country is directly linked to the growth of its urban infrastructure, so as concrete is one of the most consumed materials in the world, the growth of a nation is indissoluble of the production and consumption of this material. In short, the concrete consists of cement, water, aggregates and additives. Particularly in Brazil, between 2005 and 2012, cement consumption increased by about 80%. What is alarming is that for every tonne of clinker produced, one tonne of CO₂ is released into the atmosphere. The great counterpoint of concrete consumption is related to the environmental impacts provided by its use. In this scenario, the production of waste, whether in the construction industry or in other industrial sectors, is a major obstacle to achieving sustainability. The search for a more sustainable material has become the focus of much research in Brazil, and thus emerges the sustainable concrete as one that understands the demands of sustainability of the environment. The main initiatives of these researchers are related to the substitution / addition of aggregates and binders of the production process of conventional concrete, by complementary materials such as: rice husk ashes and sugar cane bagasse, crushing sand) And recycled aggregates from their own industry. In view of the above, this article aims to present studies carried out in the Brazilian scientific environment that deal with the incorporation of complementary materials in the production of concrete, replacing aggregates or binders, aiming at greater environmental awareness and minimization of impacts. As a research methodology, we opted for the narrative revision that provides a great descriptive and discursive amplitude of the “state of the art” of the subject with contextualization and theoretical point of view.

Keywords: Sustainable Concrete. Waste. Innovation.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais consumidos do mundo, visto que o desenvolvimento de um país está diretamente vinculado ao crescimento de sua infraestrutura urbana. Segundo a Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP) trata-se de um material construtivo bastante utilizado, podendo ser encontrado em várias tipologias construtivas, desde pequenas residências a obras de arte especiais, com consumo anual estimado em 11 bilhões de toneladas (PEDROSO, 2009).

Segundo Battagin (2009), o concreto define-se como um material homogêneo resultante da mistura de cimento, água, agregados miúdos e graúdos, além de outros componentes minoritários, como, por exemplo, aditivos químicos ou minerais. Suas principais propriedades relacionam-se ao desempenho físico, químico e mecânico da pasta de cimento, seja em estado fresco ou endurecida, o que remete à significância da indústria cimenteira e do consumo de água para a fabricação deste material.

No Brasil, entre 2005 e 2012, o crescimento do consumo de cimento, principal componente do concreto, superou 80%. (ABCP, 2013). De acordo com o Sindicato Nacional

da Indústria do Cimento (SNIC) foi vendido, no país, mais de 17 milhões de toneladas de cimento no primeiro quadrimestre de 2017 (SNIC, 2017).

O maior contraponto ao desenvolvimento econômico propiciado pelo crescimento da escala produtiva da indústria cimenteira diz respeito aos impactos ambientais proporcionados pela produção do cimento, principalmente na etapa de clínquerização, em que se concentram os maiores impactos pelo alto consumo de energia e emissão de CO₂ na atmosfera (MAURY, 2012). Corroborando com as ideias de Maury (2012), Metha (1999) relata que, para cada tonelada de clínquer produzido, são lançados uma tonelada de CO₂ na atmosfera.

A produção do concreto também impacta negativamente o meio ambiente através de consumo significativo de recursos não renováveis, como os agregados, por exemplo (JOHN, 2000). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2014), a indústria da construção civil é o setor que mais consome recursos naturais do país, além de ser responsável por gerar mais de 50% do total de resíduos sólidos, outro grande revés para o setor.

Objetivando reduzir o consumo dos recursos naturais e mitigar a geração de resíduos, várias pesquisas têm sido realizadas em todo o país, visando sua utilização em substituição a agregados e aglomerantes no processo produtivo do concreto. Alguns resultados sinalizam que esse tipo de concreto é considerado um material mais sustentável, contribuindo para a minimização dos impactos gerados pelo setor. Como proposta de valor, além desse benefício, busca-se uma vantagem econômica, pois, atualmente, o custo financeiro de alguns resíduos é inferior ao custo do material retirado do meio ambiente (FERNANDES, 2014).

Diante disso, o trabalho tem como objetivo apresentar estudos realizados no meio científico brasileiro que trata da incorporação de materiais complementares na produção de concreto, substituindo agregados ou aglomerantes que compõem o material, visando uma maior consciência ambiental e minimização de impactos.

Trata-se de uma revisão narrativa, que, segundo Rother (2007), é uma publicação de grande amplitude, apropriada para a descrição e discussão do desenvolvimento ou “estado da arte” de um assunto específico, com contextualização e ponto de vista teórico. Possui papel fundamental na educação continuada, permitindo a atualização do conhecimento do leitor sobre o tema em discussão.

2. O CONCRETO

Com o objetivo de obter um material eficiente para a construção, o concreto foi

desenvolvido e obteve sucesso no mercado devido à sua facilidade de conformação e significativa resistência à compressão (CARVALHO, 2008).

Segundo Pedroso (2009), o concreto é uma pedra artificial que pode ser moldada. Em seu estado fresco, é um composto plástico e, em estado endurecido, apresenta propriedades similares às de rochas naturais. Duas características corroboram para a disseminação de seu uso na construção civil: resistência à água e plasticidade.

A ASTM (American Society for Testing and Materials) define o concreto como um material compósito com matriz aglomerante e dispersos de diferentes naturezas. Os aglomerantes são caracterizados pela reação entre água e cimento. Já os agregados (material granular graúdo ou miúdo) seriam a fase dispersa: areia, pedregulhos, seixos, britas, escória, resíduos, sejam estes da construção civil ou de outros setores. Além da composição anteriormente descrita, substâncias aditivas podem ser incorporadas ao concreto em seu estado fresco com o objetivo de alterar as suas propriedades (PEDROSO, 2009).

Algumas tipologias do concreto usuais no mercado brasileiro merecem descrição. A primeira e mais comum tipologia é o concreto armado, que se trata da junção deste material com armaduras de aço, buscando maior eficiência mediante à esforços de tração. A evolução desta tipologia de concreto gerou o concreto protendido; neste são aplicadas tensões prévias de compressão nas regiões das peças que serão tracionadas com o intuito de redução das tensões de tração (PORTAL DO CONCRETO, 2017).

O concreto auto adensável, segundo o Portal do Concreto (2017), é um material de elevado abatimento, alta fluidez e grande trabalhabilidade; estas características estão vinculadas, convencionalmente, a adição de superplastificantes. Já o concreto de alto desempenho é aquele que normalmente recebe adições minerais, tais como sílica e metacaulium, que agem com a cal resultante do processo de hidratação do cimento, elevando, dessa forma, a sua resistência, durabilidade e impermeabilidade.

Ao longo dos anos, o potencial do concreto tem sido estudado continuamente. Dessa forma, aparecem os concretos especiais, desenvolvidos para aplicações específicas, o concreto com adições de fibras de aço, buscando a redução de fissurações; e em virtude da necessidade de menor utilização de recursos naturais e maior aproveitamento de subprodutos de vários setores industriais, surgem os concretos sustentáveis (PORTAL DO CONCRETO, 2017).

3. O CONCRETO SUSTENTÁVEL BRASILEIRO

Helene (2012) expõe que o setor da indústria do concreto já alcançou resultados expressivos no que tange a sustentabilidade do material, sendo os principais: a redução do consumo de matéria-prima, água e energia não renovável. Ressalta-se, também, a significativa redução das emissões de CO₂ na indústria cimenteira, colocando o Brasil no patamar de referência mundial em produção de cimentos com baixa emissão de CO₂.

Segundo Mehta (2008), aproximadamente 60% da massa de clínquer presente no cimento pode ser substituída por outros materiais. Considerando que o aquecimento global se dá em grande parte pela emissão de CO₂, e que 90% dessa emissão, na indústria do concreto ocorre na queima do clínquer no processo de fabricação do cimento, esta medida seria bastante significativa para atingir um índice mais satisfatório de sustentabilidade do material.

Outro impacto ambiental promovido pela indústria da construção civil é o grande volume de resíduos produzidos. Para a obtenção de um material ainda mais sustentável, a absorção de resíduos da construção na produção de concreto apresenta-se como uma solução bastante factível (MEHTA, 2008).

4. SUSTENTABILIDADE DO CONCRETO PELA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPLEMENTARES

Diante do contexto anteriormente levantado, o concreto sustentável precisa ser utilizado de forma eficiente e com controle de emissão de CO₂ na atmosfera, o que evidencia a necessidade de pesquisas que considerem a substituição de agregados e aglomerantes por materiais complementares (MEHTA, 2008).

Dentre os materiais complementares, citam-se as cinzas volantes ou pozolanas naturais, como cinzas de casca de arroz e cinzas de bagaço de cana; e como resíduos da construção civil, citam-se os agregados reciclados e pó de pedra.

4.1 CINZAS VOLANTES E POZOLANAS NATURAIS

Santos (2006) relata que a utilização de materiais pozolânicos na produção de concretos e argamassas não é uma novidade. O concreto produzido convencionalmente, com cimento Portland, apresenta deficiências principalmente em relação a sua durabilidade. O uso da pozolana pode suprir estas deficiências, além de significar economia energética e redução do custo de produção da indústria cimenteira. Entre as principais pozolanas estudadas, a sílica

ativa (microsíllica) representa significativa importância sobre o desenvolvimento da tecnologia de materiais pozolânicos incorporados ao concreto. Também merecem destaque as cinzas volantes, bastante utilizadas em compostos à base de cimento Portland, melhorando, similarmente à sílica ativa, o desempenho da microestrutura de interface com os agregados.

Nas últimas décadas, várias pesquisas buscam fontes de obtenção de materiais pozolânicos que possam contribuir com as propriedades do concreto. As cinzas de casca de arroz vêm merecendo atenção especial por parte dos pesquisadores, haja vista que estudos já provaram que a sua reatividade é similar às propriedades da sílica ativa (SANTOS, 2006).

4.1.1. Cinzas de casca de arroz

As cinzas de casca de arroz são obtidas após sua queima para a geração de energia. Devido às suas propriedades pozolânicas, este material deixou de ser um subproduto agrícola e atualmente é absorvido pela indústria da construção civil, em substituição ao cimento (TASHIMA, 2012).

Cordeiro (2009) utilizou, em sua pesquisa, cinzas ultrafinas de casca de arroz em substituição ao cimento nas proporções de 10%, 15% e 20%. Foram observadas melhorias significativas nas propriedades do concreto, principalmente na resistência a compressão a 180 dias.

Utilizando as cinzas de casca de arroz obtidas por queima não controlada substituindo o cimento nas proporções de 5% e 10% (em massa) em concretos, Pereira (2015) observou um ganho de resistência à compressão de até 24% aos 28 dias em relação traços convencionais concretos convencionais.

Corroborando com os resultados dos ensaios de Cordeiro (2009) e Pereira (2015), Isaia (2010) estudou o comportamento de concretos com resistência à compressão entre 25 MPa e 40 MPa e observou que é viável a utilização de cinzas de casca de arroz naturais em substituição ao cimento na proporção de 15% para concretos estruturais.

É possível perceber que o desempenho do concreto com adições/substituições de cinzas de casca de arroz, além de melhorarem algumas propriedades do concreto, remediaram os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado deste resíduo no meio ambiente (ISAIA, 2010; CORDEIRO, 2009; PEREIRA, 2015; TASHIMA, 2012).

De maneira similar, alguns estudos, que serão apresentados abaixo, apresentam resultados de pesquisas realizadas com a adição/substituição de cinzas de bagaço de cana de

açúcar.

4.1.2. Cinzas de bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar é obtido após o beneficiamento da cana-de-açúcar. Esse subproduto é utilizado como combustível em caldeiras. No processo de combustão, que gera energia, obtém-se as cinzas que, geralmente, são depositadas nos solos, apesar de possuírem poucos nutrientes. Com o intuito de diminuir o descarte incorreto desses materiais, várias pesquisas consideram a possibilidade de adicionar as cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em concretos e argamassas (CASTRO, 2016).

Teodoro (2013) estudou concretos utilizando cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em substituição ao cimento na proporção de 5%, 10% e 15%. Os aspectos analisados foram o abatimento de tronco de cone e a resistência à compressão axial. Concluiu-se que a resistência a compressão na proporção de 5% obteve resultados semelhantes ao concreto de referência de traço convencional.

Utilizando as cinzas do bagaço de cana-de-açúcar também em substituição ao cimento, Delalibera (2014) fez uma análise da resistência a compressão em concretos nas proporções de 10%, 20% e 30%. O autor observou que os resultados de resistência dos concretos com proporção de 10% aos 28 dias mantiveram-se próximos às resistências do concreto sem adição de cinzas.

Silva (2016) realizou ensaios de resistência à compressão em concretos utilizando cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas proporções de 10%, 15%, 20% e 25% em substituição ao agregado miúdo. Foram observados resultados semelhantes ao concreto convencional de referência na resistência a compressão aos 28 dias.

A utilização de cinza de bagaço de cana apresenta a sua maior vantagem pela redução de impactos ambientais por utilizar um subproduto da indústria agrícola que convencionalmente é descartado sem zelos com o meio ambiente. As resistências mecânicas medidas de concretos com adição de cinzas de bagaço de cana equiparam-se aos concretos convencionais de referência (SILVA, 2006; DELALIBERA, 2014; CASTRO, 2016; TEODORO, 2013).

4.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os processos de reciclagem dos resíduos da construção civil assumem papel fundamental para a sustentabilidade do setor, contribuindo com a redução de extração de matérias primas e conservação de um ambiente urbano saudável (ÂNGULO E JONH, 2002). Paralelamente, segundo Salles et.al (2010), o pó de pedra é um rejeito da extração das britas, agregado utilizado em abundância na indústria da construção, que fica subutilizado nos pátios das pedreiras sem correta destinação, causando relativos impactos ambientais.

A contextualização do cenário anterior direcionou a seleção dos estudos descritos a seguir com foco em concretos com adições/substituições de resíduos reciclados da indústria da construção e pó de pedra.

4.2.1. Agregados reciclados da construção civil

A reciclagem de resíduos da construção civil e a sua incorporação como fonte alternativa de matéria prima para a produção de concreto é hoje o grande desafio para pesquisas neste âmbito (LEITE, 2001).

Lima et.al (2004), em seu estudo, avaliaram as propriedades mecânicas de resistência à compressão axial e durabilidade de concretos com agregados reciclados. Utilizaram agregados em sua fração miúda e graúda em percentuais fixos de 0%, 50% e 100% de substituição; também variaram o fator de água/cimento de 0,40, 0,60 e 0,80.

Os resultados dos ensaios realizados mostraram que, em proporções convenientes, os agregados reciclados não afetam a resistência à compressão do concreto, tão pouco a sua durabilidade; no entanto, o beneficiamento do resíduo e sua caracterização é imprescindível para a adequada utilização como agregados para o concreto, o que limita um pouco a sua utilização.

Seguindo o raciocínio anterior sobre o beneficiamento dos agregados produzidos pela reciclagem de resíduos da construção e demolição para uso em concretos, Angulo e Jonh (2002) avaliaram a adequação de sua produção no Brasil. Em um estudo de caso, caracterizaram amostras de agregados provenientes da Central de Reciclagem de Santo André, no estado de São Paulo e, depois de avaliarem, 36 lotes de amostras, concluíram que nenhum desses apresentavam potencial para serem utilizados em concretos estruturais. Os resultados obtidos evidenciaram que o processo de produção de agregados provenientes da reciclagem de resíduos a construção civil carece de melhorias.

Os agregados reciclados são bastante heterogêneos no que tange às suas propriedades

físicas e mecânicas, o que dificulta a sua utilização confiável. Além disso, é sabido que a porosidade e absorção dos agregados influenciam significativamente as propriedades dos concretos, seja em seu estado fresco ou endurecido. Por esse motivo, Carrijo (2005), em sua pesquisa, adotou a metodologia de separação dos agregados por inspeção visual, agregados reciclados vermelhos ou agregados reciclados cinza, e após esta separação, classificou-os por faixas de densidade, buscando parametrizar a tipologia do material reciclado. Após moldagem dos corpos de prova, foram analisados os resultados referentes aos ensaios de resistência à compressão, módulo de elasticidade, massa específica, índice de vazios, porosidade e consumo de cimento. A metodologia de beneficiamento e segregação dos agregados reciclados adotada levaram à homogeneidade dos resultados obtidos por faixa de densidade o que validou o método adotado como procedimento confiável de classificação e caracterização os agregados para fabricação de concretos.

Tanto Lima et.al (2004), quanto Ângulo e Jonh (2002) e Carrijo (2005) creditaram aos agregados reciclados propriedades condizentes com a sua aplicação em misturas de concreto; no entanto, todas as pesquisas relativizaram sua utilização contundente com o beneficiamento adequado dos resíduos da construção para obtenção de resultados confiáveis.

4.2.2. Pó de Pedra

No Brasil a utilização de areia de britagem (pó de brita) vem crescendo, haja vista a escassez de recursos naturais em algumas regiões do país. Vantagens como economia e sustentabilidade podem ser atribuídas à utilização do pó de pedra em substituição da areia natural. A vantagem econômica relaciona-se ao seu valor unitário que é menor se comparado ao preço do concreto convencional (SILVA et. al, 2015).

Salles et.al (2010) analisou os efeitos da substituição da areia natural por pó de pedra nas proporções de 25%, 50%, 75% e 100% em massa. Foi adotada uma proporção de água/cimento de 0,70 e abatimento de tronco de cone de 50+- 10mm. Moldados os corpos de prova, foram obtidas as resistências à compressão com 7, 28 e 91 dias. Os principais resultados encontrados apontaram para um aumento significativo da resistência mecânica em relação ao concreto com areia natural, apesar da redução significativa da trabalhabilidade do material; vale ressaltar que quando a proporção de substituição de areia foi de 50%, a trabalhabilidade não se inferiorizou significativamente. Em relação a durabilidade, o pó de pedra, devido a presença de materiais pulverulentos, aumentou a compacidade do material e

reduziu a permeabilidade, tornando o material mais coeso.

A pesquisa realizada por Silva et.al (2015) demonstrou que a substituição parcial da areia natural por pó de brita é viável para concretos convencionais, desde que haja controle tecnológico eficaz. Este estudo avaliou o pó de brita com características físicas pertinentes à fabricação de concreto. Quanto a resistência à compressão simples, os concretos com pó de brita apresentaram valores satisfatórios em relação à referência. Em relação ao fator água/cimento, o pó de pedra apresentou maior necessidade de volume de água para atingir uma trabalhabilidade desejável; em compensação, sugere-se a utilização de aditivos superplastificantes. O estudo concluiu que os concretos fabricados com areia britada podem ser empregados no dia-a-dia, levando-se em consideração as propriedades estudadas.

A principal vantagem da utilização de pó de pedra relaciona-se ao seu aspecto ambiental, uma vez que o emprego deste material aproveita um subproduto da exploração de pedras e reduz os danos da causados pela extração indiscriminada de areia dos leitos dos rios. O pó de pedra apresenta características físicas e químicas condizentes à sua utilização enquanto agregado miúdo do concreto. A fração fina do pó de pedra possui influência direta sobre a trabalhabilidade do concreto. No que tange à resistência à compressão simples, o concreto apresentou acréscimo de resistência se comparado com a referência, chegando a um aumento de 66% aos 28 dias. De uma maneira geral, quando a areia foi 100% substituída por pó de pedra, o aumento de resistência compensou as condições desfavoráveis de cura. Sobre a trabalhabilidade, o concreto com pó de brita exige um maior volume de água para atingir o mesmo abatimento do concreto de referência, o que torna essencial a utilização de aditivos superplastificantes. A durabilidade desta tipologia de concreto apresenta menor permeabilidade, logo, maior compacidade e durabilidade quando comparados aos concretos com areia natural (MENOSSI, 2004).

Em conclusão sobre o pó de pedra como material complementar da mistura de concreto, este se apresentou como uma boa alternativa se comparada a areia natural, atendendo aos requisitos normativos referentes aos agregados miúdos, melhorando as propriedades físicas, químicas e mecânicas do concreto, além de contribuir para a minimização de impactos ambientais. Cabe somente a ressalva de que o concreto com pó de pedra exige um maior volume de água que pode ser suprida pela adição de substâncias plastificantes assegurando dessa maneira a sua trabalhabilidade (SILVA et. al, 2015; MENOSSI, 2004; SALLES et.al, 2010).

5. CONCLUSÕES

A despeito da sustentabilidade, que visa à pormenorização dos impactos ambientais gerados por nosso modelo de vida, a indústria da construção civil trabalha assiduamente para alcançar resultados satisfatórios neste viés. Em se tratando de materiais de construção, o concreto é o material mais disseminado e utilizado no Brasil e no mundo, contudo os impactos ambientais gerados por este material preocupam os pesquisadores. Em sua composição, o concreto possui o cimento como definidor de suas propriedades. A indústria cimenteira, em seu processo de clínquerização, é grande contribuidora para a emissão de CO₂ na atmosfera. Logo, a redução do consumo de cimento contribui significativamente para alcançar índices de sustentabilidade satisfatórios. As cinzas volantes e pozolanas naturais possuem propriedades compatíveis com o cimento e sua utilização, enquanto adição/substituição do cimento, e está cada vez mais dissipada na indústria da construção. Como exemplo desta aceitação, citam-se as cinzas de casca de arroz e de bagaço de cana de açúcar, que, além de serem um resíduo da indústria agrícola, quando incorporados à mistura de concreto, permitem alcançar resultados satisfatórios relativos as propriedades físicas e mecânicas do material.

Outras tentativas de alcançar um resultado mais condizente com as demandas atuais do meio ambiente vinculam-se a utilização de resíduos da construção enquanto agregados reciclados, com ênfase na caracterização de suas propriedades e seu beneficiamento. Vale ressaltar que os resíduos da construção e demolição são um grande problema para o meio ambiente. Não obstante esta lógica de substituição de agregados, o pó de pedra, enquanto material substitutivo da areia natural, passa a ser uma possibilidade de redução de impactos ambientais.

Concluindo, o cenário nacional da construção civil retrata que seja pela redução de consumo de cimento, reciclagem de resíduos e/ou redução do consumo de recursos naturais, pesquisas encontram-se em desenvolvimento, há décadas, e os pesquisadores buscam alcançar o ideal para o Concreto Sustentável Brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. Imprensa, 28 de Agosto de 2013. Disponível em: [http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-](http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela)

cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/. Acessado em 1 de Junho de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto - preparo, controle e recebimento**. Rio de Janeiro, 2006.

BATTAGIN, A.F. **Uma breve história do cimento Portland**. Disponível em <[http:// www.abcp.org.br/basico_sobre_cimento/historia.shtml](http://www.abcp.org.br/basico_sobre_cimento/historia.shtml)>. Acessado em: 02 jun. 2016.

CARRIJO, Priscila Meirelles. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. São Paulo, 2005. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Departamento de Engenharia de Construção Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CARVALHO, J. D. N. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. Revista Tecnológica, Maringá, v. 17, p.95-112, 23 mar. 2008.

CASTRO, Tainara Rigotti; MARTINS, Carlos Humberto. **Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas**. Ambiente Construído, v. 16, n. 3, p. 137-151, 2016.

DELALIBERA, Rodrigo Gustavo. **Análise da viabilidade da utilização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 9, n. 3, 2014.

FERNANDES, Antônio Vitor Barbosa; AMORIM, José Ricardo Ribeiro. **Concreto sustentável aplicado na construção civil**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT, v. 2, n. 1, p. 79-104, 2014.

HELENE, Paulo. **Concreto sustentável. Ideia Sustentável**, jul. 2012. Disponível em: <<http://www.ideiasustentavel.com.br/2012/07/sustentabilidade-das-estruturas-de-concreto/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural**. Parte I: propriedades mecânicas e microestrutura. Ambiente Construído, v. 10, n. 1, p. 121-137, 2010.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo: Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil (Tese de livre Docência). São Paulo, 2000.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Rio Grande do Sul, 2001. 290p. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LIMA, Flávio B.; VIEIRA, Geilma L.; DAL MOLIN, Denise C. C. **Resistência e Durabilidade de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição**. Research Gate, n.19. jan 2004. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/242649199>. Acessado em 28 mai. 2017.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. *Sustentabilidade Em Debate*, v. 3, n. 1, p. 75–96, Brasília, 2012.

MENOSSEI, RÔMULO T. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. Ilha Solteira, 2004. 97p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

METHA, P.K. **Concreto sustentável** – Revista Técnica. Ed. 139, 2008. Disponível em: <http://technepini.com.br/engenharia-civil/139/concreto-sustentavel-287584-1.aspx>. Acessado em: 20 jun. 2017.

METHA, P.K., MONTEIRO, P.J.M.. **Concreto – estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, Ed. Pini, 1994.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Estudo técnico aborda a sustentabilidade na construção civil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agenciainformma?view=blog&id=585>. Acessado em: 01 jun. 2017.

PEDROSO, Fábio Luís. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. *Revista Concreto e Construções*. Ano XXXVII Jan. • Fev. • Mar. 2009. ISSN 1809-7197. São Paulo, SP. Disponível em: www.ibracon.org.br. Acessado em: 10 mai.2017.

PEREIRA, Adriana Maria. **Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz**. Rio de Janeiro, p. 227-238, 2015.

PINTO, T. P. **Gestão dos resíduos de construção e demolição em áreas urbanas – da ineficácia a um modelo de gestão sustentável**. In: *Reciclagem de Entulho para a produção*. Salvador: Editora da UFBA, 2001.

PORTAL DO CONCRETO. **Tipos de concreto e suas aplicações**. Disponível em <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/tipos.html>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

ROTHER, Edna Terezinha. **Revisão sistemática X revisão narrativa**. *Acta paul. enferm.* [online]. 2007, vol.20, n.2 [cited 2017-06-20], pp.v-vi. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010321002007000200001&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 05 mai. 2017.

SALLES, Flávio Moreira; TASHIMA, Mauro Mitsuchi; FAZZAN, João Victor; CAMACHO, Jefferson Sidney; AKASAKI, Jorge Luís; MELGUES, José Luiz Pinheiro; MENOSSEI, Rômulo Tadeu. **Pó de pedra: uma alternativa ou um complemento ao uso da areia na elaboração de misturas de concreto**. *HOLOS Environment*. V.10 n2, 2010. p. 209. ISSN:1519-8634 (ON-LINE).

SANTOS, Sílvia. **Produção e avaliação do uso de pozolana com baixo teor de carbono obtida da cinza de casca de arroz residual para concreto de alto desempenho**. Florianópolis, 2006, 267f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Curso de Pós-graduação em

Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, André Fontebassi Amorim. **Análise da utilização da cinza gerada a partir do processo de queima do bagaço da cana-de-açúcar na produção de concreto.** In: Congresso Mineiro de Engenharias e Arquitetura-CENAR. 2016.

SILVA, L. S., DEMETRIO, J. C. C., DEMETRIO, F. J. C. **Concreto Sustentável: Substituição da Areia Natural por Pó de Brita para Confecção de Concreto Simples.** Universidade Estadual do Maranhão, UEMA, São Luís - MA

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Vendas de cimento caem 10% no 1º quadrimestre de 2017.** Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdfresultado/Resultados%20Preliminares%20Abril%202017.pdf>. Acessado em: 1 jun. 2017.

TASHIMA, M. M. **Cinza de casca de arroz (CCA) altamente reativa: método de produção e atividade pozolânica.** Ambiente Construído, p. 151-163, 2012.

TEODORO, P. E. **Comportamento Físico Mecânico do Concreto Com Substituição de Cimento Portland Por Cinzas do Bagaço de Cana-de-Açúcar.** REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 6, n. 2, p. 22-27, 2013.