

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE “CLASSE A” DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO
DE CONCRETOS**

RECOVERY OF “CLASS A” WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION IN CONCRETE PRODUCTION

Cristiane Carine Dos Santos e Vinícius André Wolmuth

RESUMO

A quantidade de resíduos gerados pela construção civil têm preocupado autoridades e incentivado a buscar soluções para reutilização destes materiais. Uma alternativa estudada é a incorporação deste material junto aos concretos. Assim para contribuir e alavancar ainda mais o conhecimento sobre o assunto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de estudar as propriedades de concretos fabricados com um agregado graúdo reciclado e a adição da cinza de casca de arroz como material pozolânico. Para a produção dos concretos foram utilizadas cinco substituições mais um concreto de referência, as substituições são tanto de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado (25% e 50%) como de cimento por cinza de casca de arroz (20%). A partir dos resultados obtidos verificou-se que as consistências e o módulo de elasticidade dos concretos com agregados reciclados são mais baixos em comparação ao concreto de referência, mesmo comportamento da resistência à compressão axial, porém esta apresenta valores muito próximos ao de referência, sendo em um dos concretos, até ultrapassado. Sendo assim, através do estudo realizado, os ensaios permitiram concluir que é viável a utilização do agregado graúdo reciclado e da cinza de casca de arroz para a produção de concretos.

Palavras-Chave: Resíduos de construção e demolição. Concreto. Reciclagem.

ABSTRACT

The amount of waste generated by the construction industry has worried authorities and encouraged to seek solutions to reuse these materials. One alternative studied is the incorporation of this material in the concretes. In order to contribute to and further leverage knowledge on the subject, this work was developed with the objective of studying the properties of concrete made with a recycled aggregate and the addition of rice husk ash as pozzolanic material. For the production of the concretes, five substitutions plus one reference concrete were used, the substitutions being both of natural bulk aggregate by recycled aggregate (25% and 50%) and of cement per bark ash (20%). From the results obtained it was verified that the consistencies and the modulus of elasticity of the concrete with recycled aggregates are lower in comparison to the reference concrete, same behavior of the resistance to the axial compression, but this presents values very close to the reference, being in one of the concrete, until exceeded. Thus, through the study carried out, the tests allowed to conclude that the use of recycled aggregate and rice husk ash is feasible for the production of concretes.

Keywords: Construction waste and demolition. Concrete. Recycling.

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE “CLASSE A” DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS

RESUMO: A quantidade de resíduos gerados pela construção civil têm preocupado autoridades e incentivado a buscar soluções para reutilização destes materiais. Uma alternativa estudada é a incorporação deste material junto aos concretos. Assim para contribuir e alavancar ainda mais o conhecimento sobre o assunto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de estudar as propriedades de concretos fabricados com um agregado graúdo reciclado e a adição da cinza de casca de arroz como material pozolânico. Para a produção dos concretos foram utilizadas cinco substituições mais um concreto de referência, as substituições são tanto de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado (25% e 50%) como de cimento por cinza de casca de arroz (20%). A partir dos resultados obtidos verificou-se que as consistências e o módulo de elasticidade dos concretos com agregados reciclados são mais baixos em comparação ao concreto de referência, mesmo comportamento da resistência à compressão axial, porém esta apresenta valores muito próximos ao de referência, sendo em um dos concretos, até ultrapassado. Sendo assim, através do estudo realizado, os ensaios permitiram concluir que é viável a utilização do agregado graúdo reciclado e da cinza de casca de arroz para a produção de concretos.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição. Concreto. Reciclagem.

ABSTRACT: The amount of waste generated by the construction industry has worried authorities and encouraged to seek solutions to reuse these materials. One alternative studied is the incorporation of this material in the concretes. In order to contribute to and further leverage knowledge on the subject, this work was developed with the objective of studying the properties of concrete made with a recycled aggregate and the addition of rice husk ash as pozzolanic material. For the production of the concretes, five substitutions plus one reference concrete were used, the substitutions being both of natural bulk aggregate by recycled aggregate (25% and 50%) and of cement per bark ash (20%). From the results obtained it was verified that the consistencies and the modulus of elasticity of the concrete with recycled aggregates are lower in comparison to the reference concrete, same behavior of the resistance to the axial compression, but this presents values very close to the reference, being in one of the concrete, until exceeded. Thus, through the study carried out, the tests allowed to conclude that the use of recycled aggregate and rice husk ash is feasible for the production of concretes.

Keywords: Construction waste and demolition. Concrete. Recycling.

INTRODUÇÃO

O homem ao longo de anos vem explorando os recursos naturais sem a mínima preocupação sobre as consequências ambientais provindos destes atos. A aparente ideia de que estes recursos fossem intermináveis mudou nos últimos anos, com a chegada da industrialização o crescimento quase que exponencial da população e o aumento do capitalismo desenfreado. Estes recursos estão se transformando cada vez mais escassos, em contrapartida há um aumento na produção de resíduos, que cada vez mais, se tornam um grande problema para a sociedade (REMBINSKI, 2012).

Com o rápido crescimento das cidades devido a uma urbanização frenética, ocorre por consequência um crescimento no setor construtivo e um aumento na geração de resíduos de construção e demolição (RCD), que já alcança números preocupantes (REMBINSKI, 2012).

Em cidades de países desenvolvidos, 20 a 30% de todo o fluxo de resíduos sólidos pertence à Indústria da Construção Civil (ICC), aumentado quando se trata de países subdesenvolvidos. No Brasil estes índices sobem para 41 a 70% do total de resíduos sólidos urbanos (RSU) (BRASILEIRO, 2013).

Quando se fala em produção de resíduos e consumo de recursos naturais, a ICC preocupa autoridades envolvidas com a sustentabilidade e o meio acadêmico ligado a este tipo de pesquisa (NUNES, 2007). Em nosso país, dificilmente há um critério definido e seguido para a deposição dos RCD's, devido a uma falta eminente de espaço físico e um gerenciamento ainda primitivo com pouco planejamento e gestão estratégica, e ausência de políticas que levem a um tratamento eficaz destes materiais e seu decorrente reaproveitamento (MORAES, 2008).

Conforme a Resolução CONAMA nº 307/02 (CONAMA, 2002), que indica procedimentos, padrões e especificações para o controle dos resíduos da construção civil (RCC), a acomodação dos RCD's deve ser feita em aterros sanitários especiais. Segundo Mariano (2008) o problema se agrava quando somente 17,32% dos municípios brasileiros têm aterros sanitários e 9,66% possuem aterros de resíduos especiais para a deposição dos RCD's desta forma grande parte desses resíduos é disposta indevidamente. Em decorrência dessa resolução alguns municípios conceberam decretos que regulamentam Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, isto porque esta resolução estabelece que é de responsabilidade dos municípios a criação, implantação e acompanhamento das diretrizes especificadas nos decretos municipais. Esses decretos tornam obrigatório aos geradores a gestão, englobando reciclagem, reaproveitamento e destinação de resíduos (REMBISKI, 2011).

Os trabalhos associados à reutilização dos RCD's no Brasil ainda estão numa fase inicial se contrastados com trabalhos apresentados nos Estados Unidos e em países europeus. A carência de leis de âmbito federal, estadual e municipal, e de órgãos, que dispusessem a obrigação sobre o assunto também colaborou para esse atraso (SILVA, 2004). Com o desenvolvimento do setor da ICC nos últimos tempos, tornou-se necessário o estudo do emprego de materiais singulares como alternativa em relação aos materiais naturais empregados, estendendo desta maneira o ciclo de vida dos materiais naturais da ICC conhecidos, uma vez que as concentrações de recursos naturais são finitas (ARAÚJO, 2015).

1.1 JUSTIFICATIVA

As obras da ICC produzem quantidades relevantes de resíduos. Estes são causadores de inúmeros problemas ao meio ambiente e a administração pública municipal. Objetivando vantagens ambientais, sociais e econômicas, a reutilização do RCD tem despertado interesses em diversas esferas da sociedade, principalmente pesquisadores alavancados pela importância social e econômica do assunto. Estes volumes considerados de entulho geram custos extras a administração pública, custos estes de transporte aos locais adequados, de preparo dos mesmos para recebimento dos RCD's e de manutenção e reforma em sistemas de saneamento básico, devido à dispensa destes materiais em locais inadequados (NUNES, 2007).

Outra dificuldade que a construção civil enfrenta é a escassez de matéria-prima, uma delas é a de agregados para a produção de concretos. Materiais para a confecção de concretos estruturais ou não, como a pedra brita procedente das jazidas naturais e a areia de rio, estão cada vez mais em falta, além do mais, a extração destas matérias-primas são um problema ambiental (JOHN, 2000).

Em diversas áreas urbanas a disponibilidade de agregados naturais com adequadas características está cada vez mais crítica, além de um custo de transporte cada vez maior

devido ao distanciamento entre os depósitos dos materiais naturais e os locais das novas construções (PINTO, 1999).

Quando examinados e tratados de forma correta os RCD's podem ter uma vasta área de utilidades. Segundo Nunes (2007), depois que o agregado tenha sido britado, peneirado e descontaminado se necessário, o mesmo pode ser aproveitado em diversas aplicações na própria ICC, como material de aterro e parte constituinte de concretos menos resistentes.

De acordo com Araújo (2015), o emprego de concretos com agregados reutilizados demonstra relevante aptidão. O longo desafio é criar uma política de utilização desses resíduos em grande proporção, viabilizando, assim, uma contenção de custos e um planejamento tático de sua elaboração, de acordo com os materiais acessíveis e as carências de cada localidade.

Assim sendo, o presente trabalho visa avaliar as propriedades mecânicas básicas do uso do agregado reciclado de classe A em substituição parcial do agregado graúdo e o uso de pozolanas (cinza de casca de arroz) em substituição parcial ao cimento na produção de concreto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto está presente em quase todos os tipos de obras relacionadas à construção civil, isso o torna um dos materiais mais largamente usado e consumido no mundo, só ficando atrás da água segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013). Ainda segundo a ABCP (2013) estima-se que anualmente é consumido 11 bilhões de toneladas de concreto, o que dá, aproximadamente, um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano. No Brasil, o concreto que saiu de centrais dosadoras foi em torno de 51 milhões de metros cúbicos em 2012.

Com toda esta produção e consumo de concreto, é de se esperar que em uma escala mundial, os impactos ambientais decorrentes dos processos de construção venham crescendo de forma exponencial, visto que a ICC está ligada direta e indiretamente ao consumo de uma grande quantidade de recursos naturais (água, madeira, minerais entre outros) geração e desperdício de um leque de materiais como: componentes cerâmicos, argamassa, concreto, telhas, acarretando em uma preocupação ambiental para a destinação ambientalmente correta desses mesmos resíduos (ARAÚJO, 2015).

2.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A definição de RCD é motivo de divergência, não só em relação à amplitude das frações constituintes, como também quanto às atividades geradoras dessas frações (ANGULO, 2000).

Quanto à definição, para a execução deste trabalho utilizou-se a Resolução CONAMA nº 307/02, que trata os resíduos comumente chamados de entulhos de obra todo o material proveniente de reformas, construções e demolições tais como: tijolos, blocos cerâmicos, gesso, argamassa, madeiras entre outros (CONAMA, 2002).

A Resolução 307/02 classifica os resíduos da construção civil em quatro classes, indicando também as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais, o presente estudo usa e analisa apenas materiais relacionados na Classe A da resolução que são os componentes cerâmicos, argamassas e concretos.

2.1.1 Fontes geradoras e estimativas quantitativas das frações de RCD

Em um período não muito distante, no Brasil, seria muito difícil estimar a quantidade gerada de RCD. Hoje devido a informações providas de pesquisas recentes e do interesse pelo assunto, já se tem uma estimativa bem mais precisa principalmente nos grandes centros urbanos. Porém cidades de pequeno porte ainda são pobres de informações (NUNES, 2007).

De acordo com Pinto (1999), os RCD's podem ser provenientes de material de obras viárias, de edificação, de escavação, limpeza de terrenos, construção e renovação de obras.

Devido a diversos fatores (materiais disponíveis, diferentes tecnologias construtivas entre outros), ocorre a variação da composição dos RCD's. Em construções americanas, por exemplo, observa-se um uso elevado de madeira e gesso, aumentando significativamente sua composição nos resíduos finais, diferente do Brasil, onde se tem um predomínio de argamassas e materiais cerâmicos (REMBISKI, 2011).

Na ICC onde as empresas construtoras utilizam tecnologia construtiva convencional existem elevados valores de perdas de material, segundo Nunes (2007), em pesquisas sobre os desperdícios e perdas de materiais em execução de obras brasileiras, os valores variam entre 20 e 30% em relação à massa total de materiais utilizados.

Dentre os materiais gerados, componentes do RCD, estão inclusos: restos cerâmicos, argamassa, concreto, telhas, metais, tubos, plástico, papel, metais, vidros, madeiras, gesso, tintas, solventes, óleos e outros (CONAMA, 2007). Segundo Pinto (2005), 59% dos RCD são oriundos de reformas, ampliações e demolições, em que 20% provém de novas edificações e 21% por edificações novas acima de 300m². Estima-se que no Brasil 65% do material descartado é de origem mineral, 13% madeira, 8% plásticos e 14% outros materiais (LEAL, 2001).

2.1.2 Contexto do RCD na região de estudo

Através da homologação da Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010. A qual se refere à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), deixou de ser voluntário e passou a ser obrigatório aos estados e municípios a elaboração e a apresentação de seus Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para que possam firmar convênios e contratos com a União para repasse de recursos nos programas destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

Com a entrada em vigor da Lei, o Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES), juntamente com as prefeituras das regiões atendidas montaram o Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PRGIRS).

Nestes resíduos predominam materiais como restos de alvenaria, argamassa, concretos e asfalto, além do solo, todos designados como RCC classe A (reutilizáveis ou recicláveis), que correspondem a 80% da composição típica desse material (CIGRES, 2012). Ainda segundo a CIGRES (2012) a respeito da destinação dada ao RCC há poucas informações, sendo que na cidade de Frederico Westphalen - RS uma parte do resíduo é coletado pela prefeitura (proveniente de pequenos geradores) e outra parte por empresas terceirizadas, ambas responsáveis pela destinação final deste resíduo.

2.2 SOLUÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DO RCD

Na construção civil o RCD é utilizado de diferentes maneiras, tais como: na produção de agregados para o uso em concreto e argamassa, enchimento para preparação de terrenos, projetos de drenagens e pavimentação (PINTO, 1999).

A reciclagem do RCD e sua reutilização na própria construção civil como matéria-prima alternativa vêm se destacando cada vez mais em estudos de pesquisadores. Além de redução da extração de minerais das jazidas e de recursos naturais não renováveis, há também, a insuficiência de locais para a deposição desses resíduos, fazendo com que as distâncias entre os locais de geração do RCD e as áreas de disposição sejam cada vez maiores, elevando os custos de transporte (BRASILEIRO, 2013).

O RCD após ser reciclado é usado na produção de concretos com substituição total ou parcial em sua formulação por agregado natural. Porém, nesta substituição ocorre a influência direta na relação água/cimento (a/c) da mistura, devido a algumas propriedades do RCD como a maior porosidade, influenciando assim em ensaios, um deles o de abatimento do tronco de cone (ANGULO; FIGUEIREDO, 2011).

A utilização do resíduo de construção e demolição em agregados para o uso em concreto depende de uma caracterização sistemática, conhecendo o comportamento do material na mistura do concreto obtêm-se resultados melhores (LEITE, 2001).

2.3 USO DO MATERIAL RECICLADO COMO AGREGADO

Para a utilização do RCD reciclado, deve-se observar algumas propriedades básicas do material, como: classificação, composição, granulometria entre outras, tendo em vista que há diferenças indicadas na literatura entre os agregados naturais e os reciclados de RCD. Diferenças que influenciam desde as propriedades dos concretos em estado fresco como no estado endurecido (NUNES, 2007).

Ainda para Nunes (2007), a fase cerâmica encontrada nos RCD, por exemplo, devido aos processos sofridos durante sua produção possui uma microestrutura diferente dos demais materiais, que por conta disto possuem uma maior porosidade e afinidade com água proporcionando uma elevada absorção de água do material se comparado com partículas de rocha natural.

Agregados reciclados são mais porosos, possuem alta taxa de absorção de água, variação de 7% para agregados graúdos e de 12% para agregados miúdo em relação aos agregados naturais e valores em 5 a 10% menores de massa específica que é a relação entre a massa do agregado e seu volume (NUNES, 2007).

A absorção de água dos agregados reciclados é muito importante quando se estuda seu uso em concretos, pois esta taxa interfere diretamente na relação a/c final das misturas. Além do mais, se a absorção não for considerada haverá uma diminuição substancial da trabalhabilidade do material deixando o concreto muito seco (LEITE, 2001).

Ainda segundo Leite (2001), durante a produção do concreto com substituição de agregados naturais por RCD, existe a necessidade de se acrescentar uma quantidade a mais de água na mistura se comparado a traços com material natural. Mas esta quantidade deve ser apenas para compensar o valor absorvido pelos agregados, se os valores extrapolarem esta quantidade ocorrerá à perda de resistência do concreto. Compensar estes valores absorvidos é uma boa alternativa para corrigir problemas de trabalhabilidade do concreto sem perder resistência.

A trabalhabilidade pode ser considerada como uma das propriedades mais importantes do concreto no estado fresco, uma vez que exerce grande influência nas propriedades do concreto endurecido. Em seu estado fresco ela é importante para lançamentos nas formas,

adensamento, moldagens e acabamentos aceitáveis. De forma resumida uma boa trabalhabilidade resulta uma boa facilidade de manuseio do concreto, além de interferir em propriedades como a fluidez, segregação, coesão entre outras (NUNES, 2007).

Segundo Santos (2006), concretos com agregados reciclados de RCD desenvolvem menor índice de consistência que os compostos com agregados naturais de mesmo traço. Isto se deve a uma série de fatores como: a porosidade do agregado reciclado, que dessa forma absorve mais água, as formas mais angulares e a maior quantidade de finos presentes.

2.3.1 Resistência à compressão axial

A resistência mecânica é definida pela capacidade do material a suportar cargas, sem entrar em colapso (ANDRADE, TUTIKIAN, 2011) e segundo Santos (2016), serve de parâmetro para analisar outras propriedades do concreto, tais como, resistência à tração, módulo de elasticidade e durabilidade.

Assim como ocorre no concreto convencional, a resistência à compressão do concreto reciclado também é diretamente influenciada pela relação a/c. Quanto menor a relação a/c maior a resistência à compressão (SANTOS, 2016). Nunes (2007) cita que além da relação a/c outros fatores influenciam na resistência a compressão do concreto, são eles: adensamento, condições de cura do material e ainda as proporções de materiais utilizados na mistura.

Segundo Araújo (2015), as características do agregado, como granulometria e textura também influem nas propriedades do concreto. Devido a uma formação de filme de água nas paredes dos agregados quando estes possuem grandes diâmetros característicos ou ainda formas lamelares, ocasionando o fenômeno de exsudação interna.

Porém segundo Leite (2001) vale ressaltar que em alguns estudos, devido à porosidade do material reciclado de RCD, houve uma diminuição na relação a/c do concreto causando desta forma um aumento nos valores de resistência a compressão.

2.3.2 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade do concreto é uma propriedade mecânica fundamental para o cálculo e avaliação das deformações máximas e tensões de projetos presentes em estruturas de concreto (MARTINS, 2008).

De acordo com Santos (2006), o módulo de elasticidade do concreto depende da porosidade de suas fases. Dessa forma, muitos comportamentos observados na resistência repetem-se no módulo de elasticidade. No caso do agregado, outros fatores também podem influenciar no módulo de elasticidade, como a dimensão máxima, forma, textura, granulometria e composição mineralógica.

Em seu trabalho, Nunes (2007), observou que na medida em se substitui o AGN por AGR ocorre um decréscimo nos valores do módulo de elasticidade dos concretos quanto maior for a substituição, e este valor é ainda mais discrepante quando ele trabalha com traços mais ricos como 1: 3,5.

Tenório (2007), mostra em seu estudo que para relação a/c baixa como 0,4 e 0,5 os AGR não tiveram efeito benéfico sobre o módulo de elasticidade, pois apresentaram valores mais baixos que os dos materiais de referência. Porém com uma relação a/c maior de 0,67 os AGR demonstraram um comportamento positivo com um módulo de elasticidade maior.

2.3.3 Cinza de casca de arroz (CCA) como material pozolânico

A cinza de casca de arroz é utilizada como material pozolânico para melhorar as características de concretos e argamassas com ela confeccionados, além da redução de custos

quando substituto parcial do cimento (DUART, 2008). Ainda segundo Duart (2008) a adição de pozolanas no cimento confere ao material as seguintes características: aumento da resistência mecânica tardia, diminuição do calor de hidratação, aumento da trabalhabilidade, aumento da resistência contra o ataque de ácidos.

Além de melhorar características tecnológicas do material as pozolanas possuem vantagens econômicas devido à redução no custo de fabricação do cimento e o aumento da vida útil das jazidas de calcário e argila.

3 METODOLOGIA

O programa experimental da pesquisa foi desenvolvido seguindo as instruções da ABNT, através dos seus textos normativos NBR, elaborando o planejamento das fases necessárias para a realização dos objetivos anunciados no presente estudo. O estudo das propriedades dos materiais utilizados e as formulações estão especificados detalhadamente na metodologia do programa experimental.

3.1 MATERIAIS

Os concretos moldados para referência são designados de concretos de referência (CR), e tem em sua constituição os seguintes materiais:

3.1.1 Cimento e CCA

No programa experimental foi utilizado Cimento Portland CPII-Z-32, produzido pela InterCement Brasil, da marca CAUÊ. As análises químicas, físicas e propriedades mecânicas do cimento utilizadas estão conforme a normalização brasileira. O material pozolânico escolhido para fazer parte da pesquisa é a Cinza de casca de arroz, material este, de procedência da Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda, da cidade de Alegrete – RS.

3.1.2 Agregado miúdo e Agregado graúdo natural (AGN)

Foi utilizada uma areia média quartzosa lavada de rio, material este, caracterizado segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009). O AGN utilizado para a elaboração dos corpos-de-prova (CP) foi à brita Basáltica, com faixa granulométrica correspondente a brita nº1. Na composição dos concretos com agregados graúdos reciclados (AGR) provenientes do RCD, foram utilizados os mesmos materiais, ocorrendo apenas à substituição em partes do AGN pelo AGR com granulometria correspondente e substituição do cimento pela CCA.

3.1.3 Água

Foi utilizado tanto na confecção dos CP's como na posterior imersão para cura do concreto, água potável proveniente da rede pública (CORSAN), empresa responsável pelo abastecimento de água na cidade de Frederico Westphalen - RS.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Definição da procedência, coleta e do beneficiamento do RCD

Os RCD's foram coletados em diferentes obras da cidade de Frederico Westphalen – RS, britados e destinados ao Laboratório de Materiais e Construção Civil da Universidade

Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), processados de forma a se obter uma dimensão máxima das partículas de 19 mm de acordo com a NBR NM 27 (ABNT, 2001).

3.2.2 Caracterização física dos agregados

As reduções das amostras para os ensaios de caracterização foram feitas através da NBR NM 27 (ABNT, 2001) para que a amostra não perca sua representatividade. Em seguida foram realizados os ensaios de determinação da composição granulométrica NBR NM 248 (ABNT, 2003) e determinação da massa específica e absorção de água NBR NM 53 (ABNT, 2003). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização física das amostras

Características Físicas	Areia	AGN	AGR
Módulo de finura	1,63	6,62	6,71
Dimensão máxima característica	--	19 mm	19 mm
Massa específica	2,594 kg/dm ³	2,9 kg/dm ³	2,27 kg/dm ³
Massa específica aparente	1,68 kg/dm ³	1,76 kg/dm ³	1,19 kg/dm ³
Teor de absorção de água	--	0,47 %	5,16 %

Fonte: autores.

3.2.3 Determinação dos traços para os concretos

O traço que foi utilizado é o 1:5 (cimento: areia e agregado natural/agregado reciclado) em massa, traço este utilizado por Tenório (2007) que após utilizar o método dos valores absolutos chegou a este traço médio, Santos (2006) também chegou ao mesmo traço pelo método de dosagem IPT/EPUSP (HELENE; TERZIAN, 1992), utilizando ainda um teor de argamassa de 0,54 o concreto de referência em massa se apresenta da seguinte forma: 1:2,24:2,76:0,6 (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água).

Santos (2006) e Tenório (2007) também realizaram estudos quanto à trabalhabilidade do concreto através de ensaios de abatimento e constataram, nos dois trabalhos, que uma relação a/c em torno de 0,60 atenderia o quesito trabalhabilidade do concreto, valor este que também foi adotado na metodologia.

A partir daí, foram utilizados as porcentagens correspondentes aos agregados reciclados (percentuais de substituição), com duas composições diferentes (25% e 50% de agregado reciclado) para o fator a/c empregado, mais o concreto de referência (cimento, brita e areia). Ainda foi realizada a substituição de 20% do cimento pela CCA no CR e nos concretos com substituição de agregados.

Desta forma, como mostra a Tabela, os concretos foram assim denominados.

Tabela 2. Traços utilizados e suas composições.

Traço	Composição
CR	Concreto de referência
CR + CCA	Concreto de referência com subst. de 20% de CCA. Concreto com 25% de AGR
CR 25 + CCA	CR com 25% de AGR e com subst. de 20% de CCA.
CR 50	Concreto com 50% de AGR.
CR 50 +CCA	CR com 50% de AGR e com subst. de 20% de CCA

Fonte: autores.

Como foi constatado na literatura que a alta absorção dos agregados reciclados pode atuar no sentido de diminuir a relação a/c efetiva da mistura e, desta forma, alterar de forma negativa a consistência do concreto, optou-se por um teor de compensação de água equivalente a 7% da massa do AGR, Santos (2006).

3.2.4 Produção dos concretos

A mistura dos materiais, para produção dos concretos se deu na ordem comumente usada, ou seja, primeiro a disposição dos agregados graúdos e parte da água na betoneira (em torno de 50%), em seguida o cimento, a areia e o excedente da água.

Moldou-se um total de 54 CP's, três de cada concreto para a resistência à compressão axial aos 7 dias, três para a resistência à compressão axial aos 28 dias e três para o módulo de elasticidade aos 28 dias de idade.

3.2.5 Execução dos ensaios nos concretos em seu estado fresco

Segundo Araújo (2015) a consistência do concreto é formada de dois elementos indispensáveis, um deles é a fluidez, que mostra a facilidade de mobilidade do material e o outro é a coesão, que traduz a resistência à exsudação ou à segregação. Foram executados ensaios para a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone NBR NM 67 (ABNT, 1998).

3.2.6 Moldagem e cura dos CP's

Os concretos foram moldados em CP's cilíndricos e metálicos de 10x20cm, o adensamento foi de forma manual. Após as primeiras 24 horas de cura ao ar, os materiais foram desmoldados de seus CP's, e estes foram acondicionados de forma há permanecerem submersos durante o período de cura de 7 e 28 dias de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003).

3.2.7 Execução dos ensaios nos concretos em seu estado endurecido

Em seu estado endurecido foram realizados ensaios de resistência à compressão axial, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 1994), um ensaio aos 07 dias e outro aos 28 dias de

idade do concreto, também aos 28 dias foi realizado a determinação do módulo de elasticidade segundo a NBR 8522 (ABNT, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

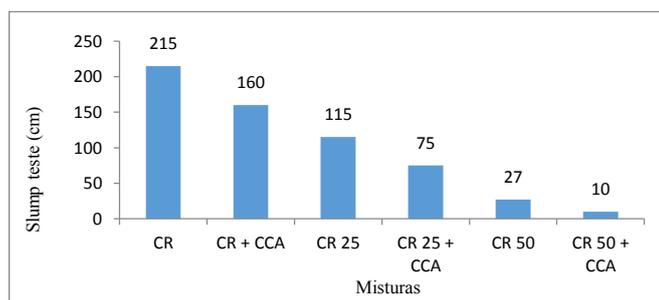
De acordo com o que foi apontado antecipadamente, desenvolveu-se um programa experimental para se avaliar as características tecnológicas dos concretos confeccionados com substituições de agregados graúdos por RCD's e substituições do cimento Portland das misturas por material pozolânico, neste caso a CCA. Dentro deste âmbito estudaram-se propriedades mecânicas e físicas como: trabalhabilidade, resistência à compressão axial e o módulo de elasticidade.

Na sequência são expostos os resultados colhidos nos ensaios realizados e sua respectiva análise e discussão.

4.1 CONSISTÊNCIAS ATRAVÉS DE ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

Em virtude de não se fixar durante a metodologia valores esperados para o abatimento e não se estipular que se trabalhe somente com concretos “normalmente trabalháveis”, são apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 1 as medidas dos abatimentos do tronco de cone para os concretos produzidos.

Fig. 1. Abatimento do tronco de cone.



Fonte: autores.

Através da análise da Fig. 1, observa-se que para um mesmo traço, apresentam-se tendências indiscutíveis quando se trata da perda de trabalhabilidade, no momento em que se tem um aumento no teor de substituição dos materiais, é claro, a drástica diminuição da trabalhabilidade do concreto, mesmo com adição de água para uma pequena compensação da quantidade absorvida.

A substituição do cimento pela CCA também apresentou uma elevada absorção de água ocasionando uma diminuição no abatimento.

O concreto (CR 50 + CCA) apresentou problemas quanto à moldagem, devido à falta de abatimento, ocorreram falhas na sua montagem e apresentaram um alto número de vazios.

Santos (2006) apresenta em sua pesquisa resultados muito semelhantes com aumento da substituição dos AGN pelos AGR e diminuição elevada de trabalhabilidade, o autor ainda comenta que fixando o valor da relação a/c e as proporções da mistura, a trabalhabilidade vai responder somente a forma, porosidade e textura dos agregados e sua distribuição granulométrica.

Leite (2001) estudou concretos produzidos AGR substituindo o AGN. Para um teor de substituição de 50 % somente do agregado graúdo, o concreto apresentou abatimento inicial

de 65 mm, enquanto seu CR, com 100 % de AGN, apresentou um abatimento inicial de 80 mm.

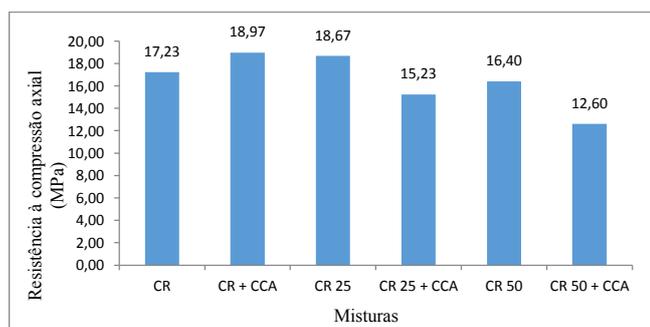
Em sua pesquisa, Tenório (2007), também observou um valor relativamente alto de perda de abatimento, o autor nota que as perdas ocorreram principalmente quando utilizava uma composição de AGR mais agregado miúdo reciclado na composição dos traços. Porém os valores não chegaram a prejudicar a moldagem dos CP's, devido à adição de aditivos superplastificantes, que tiveram que ser maiores que em outros traços.

De acordo com Leite (2001), apesar dos resultados de abatimento ser muito menores dos concretos com substituições de AGN por AGR se comparados aos de referência, ele observa que no momento que estes são vibrados adquirem uma consistência satisfatória e apresentam-se bem moldáveis. Essa teoria vem reforçar o que é dito por Neville (2013), que o abatimento não mede a facilidade de adensamento do concreto. Assim, pode ser considerado que, independente dos valores de abatimento obtidos, na verdade a maior ou menor facilidade com que os mesmos podem ser adensados é o que pode ser considerado como parâmetro para definir e limitar seu uso.

4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

De acordo com Metha e Monteiro (1994), nos sólidos existe uma relação fundamental inversa, entre resistência e porosidade. Por consequência, no concreto, a porosidade de cada componente pode se tornar fator limitador da resistência. Nos concretos com AGN, em geral densos e resistentes, a porosidade da pasta de cimento endurecida, assim como a zona de transição entre a pasta e o agregado graúdo, é que atuam nesta propriedade. Porém, em se tratando de concretos com AGR, a porosidade do agregado pode intervir na resistência à compressão. A Fig. 2 nos mostra a resistência à compressão axial dos concretos aos 7 dias de idade.

Fig. 2. Resistência à compressão axial aos 7 dias.



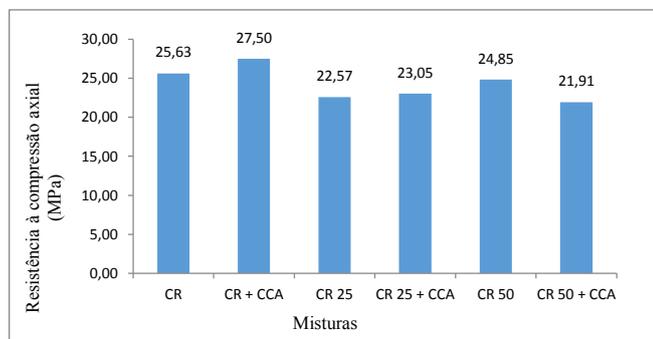
Fonte: autores.

Analisando os resultados apresentados no histograma da Fig. 2, pode-se ver que para o concreto de referência com substituição de cinza de casca de arroz (CR + CCA) ocorreu um acréscimo de resistência inicial de 10,09% em relação ao CR, outra mistura que também apresentou um acréscimo de resistência em relação ao CR foi o concreto (CR 25), o mesmo incrementou 8,36% de resistência sobre o CR.

O traço (CR 25 + CCA) apresentou um decréscimo de 11,60% da sua resistência em relação ao CR, o mesmo comportamento ocorreu com a mistura (CR 50) que foi 4,81% abaixo da resistência do CR, comportamento também observado com o traço (CR 50 + CCA) que foi de 26,87% menor que o CR.

Os resultados de resistência à compressão dos concretos aos 28 dias de idade são mostrados na Fig. 3.

Fig. 3. Resistência à compressão axial aos 28 dias.

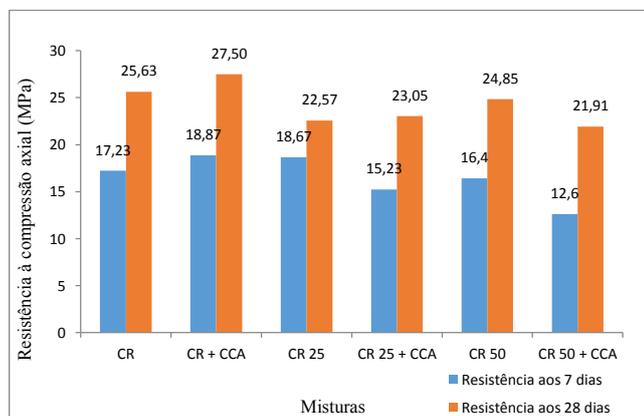


Fonte: autores.

A partir dos dados apresentados na Fig. 3, notamos uma similaridade com os concretos rompidos aos 7 dias, porem aos 28 dias apenas um dos traços superou em 7,30% a resistência do CR que foi o (CR + CCA). Os traços (CR 25), (CR 25 + CCA), (CR 50) e (CR 50 + CCA) demonstraram um decréscimo de resistência em relação ao CR com os respectivos valores, 11,94%, 10,07%, 3,04% e 14,51%.

A Fig. 4 apresenta a comparação do ganho de resistência à compressão axial entre os 7 e 28 dias.

Fig. 4. Comparação da resistência a compressão axial aos 7 e 28 dias.



Fonte: autores.

Santos (2006) quando estuda ganho de resistência para diferentes teores de AGR, relata que os maiores ganhos de resistência tardia (de 7 para 28 dias) são para concretos com teores de 50% de substituição do AGN pelo AGR. Este mesmo comportamento pode ser notado na Fig. 4 onde o CR apresenta um acréscimo de resistência de 8,4% e os concretos (CR 50) e (CR 50 + CCA) apresentam um ganho de 8,45% e 9,31% respectivamente.

Santos (2006) relata que em todas as idades e teores de substituição de AGN por AGR as resistências à compressão axial são menores que as alcançadas nos concretos de referência (para relações a/c inferiores a 0,85), se desconsiderarmos as misturas com substituições de CCA apenas um concreto teve resistência superior, o (CR 25) aos 7 dias.

Em seus estudos, Nunes (2007), utiliza diferentes teores de substituição do AGN por AGR, aos 28 dias o que melhor se aproxima ao concreto de referência é o concreto produzido com 25% de substituição, este concreto chega a 91% do valor médio relativo aos concretos de referência, valor encontrado bem próximo neste estudo (88,07%).

Tenorio (2007) também nos mostra valores de resistência mais baixo nos concretos com substituição do AGN pelo AGR, porem todos os valores muito próximos, a exceção é para a relação a/c 0,65 (sua maior relação a/c) que possui valores maiores ou iguais às resistências alcançadas pelos concretos de referência, ele justifica o fato ao AGR ter absorvido parte da água da mistura, diminuindo assim a relação a/c efetiva.

A Tabela 3 nos traz uma análise comparativa entre as resistências médias obtidas aos 7 e 28 dias pelos concretos executados com agregados reciclados e o CR.

Tabela 3. Resistencia à compressão axial em relação ao CR com 28 dias

Idades	Amostras					
	CR	CR + CCA	CR 25	CR 25 + CCA	CR 50	CR 50 + CCA
7 dias	67,23%	73,62%	72,84%	59,42%	63,99%	49,16%
28 dias	100%	107,29%	88,06%	89,93%	96,96%	85,49%

Fonte: autores.

Na análise comparativa foi considerado como 100% o valor alusivo à resistência a compressão axial do concreto de referência aos 28 dias.

Os números mostram um bom desempenho do concreto (CR + CCA) que possui valores de resistência que superam o CR, outro número que nos chama a atenção é o ganho de resistência na amostra (CR 25 + CCA), que passa de 59,42% de resistência em relação ao CR para 89,93% aos 28 dias, evidenciando assim a ação da CCA como material responsável por um ganho considerável de resistência em longo prazo.

Santos (1997), comparou concretos utilizando substituições de 15% de cimento por CCA. Aos 7 dias os materiais de referência possuíam cerca de 15,14% a mais de resistência a compressão do que os com substituições, esta panorama muda drasticamente aos 28 dias e aos 90 dias, onde o concreto com substituição ultrapassa em 16,66% e 58,07% respectivamente a resistência do CR.

Isaia (2010) fez seus estudos direcionados a comparar diversos valores de substituição do cimento pela CCA e concluiu que teores de até 25% de substituição são viáveis economicamente e nos quesitos de resistência para a sua utilização.

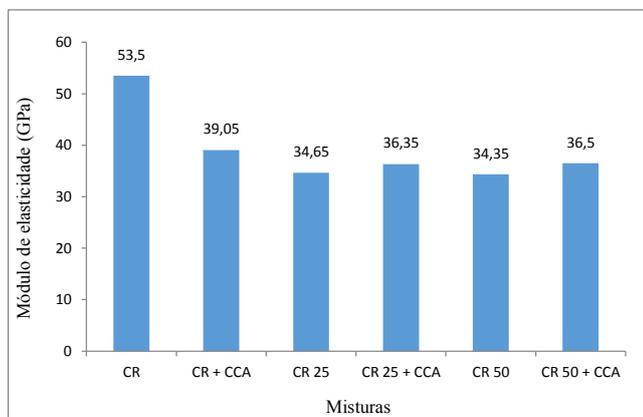
Trindade (2012) utilizando substituições de 15% de cimento por CCA encontrou resistências aos 28 dias superior em 6% em relação aos concretos de referência, e os valores aumentam ainda mais aos 91 dias de idade quando a resistência é superior em 11% aos concretos referentes.

4.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE

O módulo de elasticidade é uma expressão da rigidez do concreto no estado endurecido que é proporcionado pela hidratação do cimento presente, pelo travamento entre as partículas dos agregados devido à forma e às rugosidades dos grãos e pelo teor de material pulverulento (ARAUJO, 2015).

A Fig. 5 apresenta os resultados do ensaio de módulo de elasticidade para cada traço, respectivamente.

Fig. 5. Módulo de elasticidade aos 28 dias.



Fonte: autores.

Segundo o que foi citado anteriormente, diversas pesquisas (SILVA, 2004; TENORIO 2007; LEITE, 2001) apontam para uma diminuição do módulo de elasticidade nos concretos com agregado reciclado em relação aos concretos convencionais, uma vez que os materiais que compõem os resíduos são geralmente mais porosos que os agregados naturais.

Na Fig. 5, podemos observar que os valores de módulo de elasticidade dos concretos com substituições são bastante parecidos, o que se aproxima mais é o (CR + CCA) com 73% do valor do CR, as outras substituições variam todas em torno de 64,2 e 68,22% do módulo de elasticidade do CR.

Segundo Santos (2006), os resultados obtidos estão de acordo com a bibliografia que revelam diminuição de até 40 % nos módulos de deformação dos concretos com agregado reciclado, em relação aos concretos convencionais.

Nunes (2007) relata em seus estudos, que na medida em que se aumentaram os teores de substituição do RCD houve um decréscimo nos valores de módulo de deformação dos concretos. O mesmo é apresentado por Leite (2001), que além de citar o aumento dos teores de substituição, ainda justifica a diminuição do módulo de elasticidade devido à relação a/c superiores a 0,8.

Segundo Gonçalves (2001) o agregado graúdo é a fase que mais influência no módulo de elasticidade, materiais mais ásperos melhoram a ligação com a pasta de cimento, logo o módulo de elasticidade está relacionado ao tipo e quantidade de agregado graúdo que o concreto possui, e conforme aumenta o teor de substituição, ocorre uma diminuição no módulo de elasticidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado, os objetivos desta pesquisa foram de analisar as propriedades mecânicas básicas dos concretos produzidos com diferentes proporções de RCD e CCA, e desta forma colaborar e avançar no conhecimento do uso de agregados de resíduos de construção e demolição, para a produção de concretos. Para a realização dos objetivos foram avaliadas as propriedades físicas dos agregados, bem como a influência nas propriedades do concreto produzido, em seu estado fresco e em seu estado endurecido.

E, como parte conclusiva desse estudo de pesquisa, pode-se tirar de cada parte avaliada as seguintes considerações.

Observou-se que os concretos confeccionados com RCD e CCA possuem uma perda de consistência bastante elevada se comparado aos concretos convencionais, e esses valores aumentam na medida em que se aumenta o grau de substituição, essa característica ocorre devido à porosidade dos mesmos.

Entretanto, estes valores de perda de abatimento não comprometeram a trabalhabilidade dos concretos com até 25% de substituição do AGN pelo AGR e substituição de 20% do cimento pela CCA. Os concretos (CR 50) e (CR 50 + CCA) apresentaram algumas falhas de moldagem devido a sua perda de consistência, fator este que pode ser atendido com o uso de algum aditivo superplastificante presente no mercado.

Posterior à análise dos resultados de resistência à compressão axial constatou-se que os concretos contendo AGR atingiram valores menores de resistência em relação ao de referência, porém não menores que 11,93% da resistência do CR. O concreto que teve a substituição de 20% do cimento pela CCA (CR + CCA), apresentou valores de resistência superiores aos 7 e aos 28 dias, a causa mais provável para este fato é a diminuição da relação a/c efetiva da mistura que pode ser observada pela perda de consistência.

Ainda sobre a resistência à compressão axial, os concretos com substituição de 20% do cimento pela CCA (CR 25 + CCA) e (CE 50 + CCA), apresentaram uma porcentagem alta de ganho de resistência dos 7 para os 28 dias, comprovante assim, a eficácia da CCA como material pozolânico.

No quesito módulo de elasticidade, todos os concretos, exceto ao de referência, apresentaram valores bastante semelhantes, entre 64,2% e 68,22% em relação ao valor alcançado pelo CR. Isto se deve em virtude dos AGR's e da CCA proporcionarem maior volume de pasta devido à elevada presença de material pulverulento, o qual favorece o aumento da porosidade na zona de transição, ocasionando assim um maior índice de vazios e consequentemente redução do módulo de elasticidade.

Concretos mais porosos e permeáveis tendem a serem menos duráveis por proporcionarem menor proteção à armadura contra agentes agressivos que possuem maior facilidade do contato com a armadura. No entanto, este fator não se torna limitante, visto que podemos tomar medidas precavidas na intenção de proteger o material de condições desfavoráveis.

A utilização de materiais alternativos como os AGR's em substituição aos AGN podem produzir concretos com boas propriedades mecânicas de tração, deformação e ainda uma boa consistência, ainda mais se administrados com matérias pozolânicos como a CCA.

Os resultados confirmativos admitem a utilização dos concretos com materiais reciclados, fomentando ainda mais órgãos governamentais, de pesquisa, do meio ambiente e a sociedade em geral na busca pela lapidação destas técnicas, que, com toda a certeza, promovem somente pontos positivos a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Jairo J. de O.; TUTIKIAN, Bernardo F. *Resistência mecânica do concreto*. Cap. 17. In: ISAIA, Geraldo C. (org.). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. 1. ed. 1. v. São Paulo: IBRACON, 2011.

ANGULO Sérgio C.; FIGUEIREDO Antonio D. de. *Concreto com agregados reciclados*. Cap. 47. In: ISAIA, Geraldo C. (org.). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. 2. ed. 2. v. São Paulo: IBRACON, 2011.

ANGULO. Sérgio C. *Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção de demolição reciclados*. 2000. 155 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ARAÚJO. Regina C. C. *Avaliação experimental de concretos sustentáveis utilizando RCD como agregado graúdo, resíduo de mármore como agregado miúdo e com adição de fibra sintética*. 2015. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto*. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acessado em: 12 de maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova*. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 8522: Concreto - Determinação do módulo elástico de elasticidade a compressão*. Rio de Janeiro: 2008.

_____. *NBR NM 27: Agregado - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório*. Rio de Janeiro, 2001.

_____. *NBR NM 53: Agregado Graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro: 2003.

_____. *NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.

_____. *NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

BRASILEIRO. Luzana L. *Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural no Concreto Asfáltico*. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. *Diretrizes, critérios e procedimento para a gestão dos resíduos da construção civil*. Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002. Brasília, 2002.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - CIGRES. *Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos*. Seberi, 2012.

DUART, Marcelo A. *Estudo da microestrutura do concreto com adição de cinza de casca de arroz residual sem processamento*. 2008. 134 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GONÇALVES, Rodrigo D. C. *Agregados reciclados de resíduos de concreto - Um novo material para dosagens estruturais*. 2001. 148 f. Dissertação (Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001.

HELENE, Paulo. R. L.; TERZIAN, Paulo. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo: Pini; Brasília: SENAI, 1992.

ISAIA, Geraldo C. et al. *Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural. Parte I: propriedades mecânicas e microestrutura*. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v.10, n.10, p. 121-137, 2010.

JOHN, Vanderley M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. 2000. 102 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEAL, Ubiratan. *Sobras que valem uma obra*. Técnica, São Paulo: 2001. Disponível em: <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/55/artigo285211-1.aspx>>. Acesso em: 05 de maio 2018.

LEITE, Mônica B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa Pós-graduação em engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARIANO, Leila S. *Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural: estudo de caso de uma obra com 4.000m²*. 2008 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

MARTINS, D. G. *Influência do Tamanho do Corpo de Prova no Resultado de Ensaio de Módulo de Deformação e Resistência à Compressão e suas Correlações para Concretos Produzidos em Goiânia - Go*. 2008.113 f. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Estrutura Propriedades e Materiais*. São Paulo: PINI, 1994. 573 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acessado em: 18 de maio de 2018.

MORAES, Leidiana D. *Aspectos relevantes da potencialidade e da aplicabilidade da reciclagem de resíduos sólidos na construção civil*. 2008. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Departamento de Tecnologia - DETEC, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Ijuí, 2008.

NEVILLE, A. M.; BROKS, J. J. *Tecnologia do concreto*. 2. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

NUNES, Wesley C. *Influência do agregado graúdo reciclado de resíduos da construção predial nas propriedades do concreto fresco e endurecido*. 2007. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2007.

PINTO, Tarcísio de P.; GONZÁLES, Juan L. R. (Coord.). *Manejo e gestão dos resíduos da construção civil. Manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios*. 194f. Brasília: CAIXA, 2005.

PINTO, Tarcísio P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. 1999. 200 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

REMBISKI, Fabrícia D. *Análise multimétodo de percepções de agentes intervenientes na pesquisa e no gerenciamento de agregados reciclados de resíduos da construção civil*. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

SANTOS, Ana A. M. *Concreto com agregado graúdo reciclado de concreto: dosagem e produção*. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santa, Bahia, 2016.

SANTOS, Deusair R. D. *Propriedades do concreto produzido com agregado graúdo reciclado de resíduos da etapa de produção de alvenarias*. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

SANTOS, Silvia. *Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos*. 1997. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

SILVA, Luiz R. A. *Utilização do entulho como agregado para a produção de concreto reciclado*. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

TENORIO, Jonathas J. L. *Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais*. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

TRINDADE, Fábio M. de O. *Propriedades mecânicas de concretos com diferentes cimentos portland e com cinza de casca de arroz natural e moída*. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.