

III-146 – APLICAÇÃO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ EM BLOCOS CERÂMICOS

Cristiane Michelin⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ).

Rebecca Iva Carreiro Simonetti do Pillar

Engenheira Civil e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ).

Mauro Leandro Menegotto

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Doutor em Geotecnia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Adjunto do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Chapecó.

Rosiléa Gracia França

Engenhara Civil pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestre em Engenharia Oceânica (Área: Qualidade ambiental) pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Doutora em Engenharia Civil (Área: Saneamento e Ambiente) pela Universidade Estadual de Campinas. Professora Adjunta e Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Chapecó.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sete de Setembro, 598 - Centro - Arvoredo - SC - CEP: 89778-000 - Brasil - Tel: (49) 3356-0007 / (49) 9991-0256 - e-mail: crismiche@unochapeco.edu.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a possibilidade da aplicação da Cinza de Casca de Arroz (CCA) na confecção de blocos cerâmicos de vedação com seis furos, como alternativa sustentável para a disposição final deste resíduo e a diminuição da extração da argila. Primeiramente, foram caracterizadas fisicamente as duas argilas utilizadas comumente na fábrica de blocos cerâmicos parceira deste projeto. Também, foram encaminhadas amostras destas argilas para um laboratório especializado a fim de analisar suas propriedades químicas e mineralógicas. Posteriormente, foram produzidos blocos cerâmicos contendo apenas as argilas em cinco proporções diferentes, com o objetivo de descobrir qual a mistura que apresentaria as melhores características físicas e mecânicas nos blocos confeccionados com argila A e/ou argila B, para assim utilizá-la como base para incorporação de CCA. A melhor proporção encontrada foi a de 75% de argila A e 25% de argila B. Assim, foram ensaiadas mais quatro misturas com incorporação da CCA, as quais possuíam a presença do resíduo nas proporções de 5%, 10%, 20% e 40%. Tanto os blocos confeccionados apenas com argila como os com CCA e argila foram analisados em laboratório conforme a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Verificou-se que é possível a utilização de CCA em blocos cerâmicos de seis furos até a proporção de 40% de incorporação deste resíduo, destacando-se que o melhor resultado foi com a incorporação de 10% de CCA, o qual apresentou uma resistência média de 3,58 MPa, a qual é maior que o dobro do valor mínimo de 1,5 MPa exigido pela norma.

PALAVRAS-CHAVE: Bloco cerâmico, cinza de casca de arroz, sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Com as inúmeras agressões ao meio ambiente resultante das atividades antropogênicas do mundo moderno, cria-se cada vez mais necessidade de um destino correto dos resíduos descartados na natureza. A inovação, através da incorporação de resíduos em novos produtos, tem sido uma boa solução para minimizar os problemas ambientais. A aplicação de resíduos em massa cerâmica está sendo amplamente estudado, podendo se transformar em grandes oportunidades, caso seja comprovado seu desempenho. Esse processo reduz consideravelmente o descarte de materiais na natureza e diminui os impactos decorrentes da extração de matéria-prima para a fabricação de novos materiais. Dentre os produtos utilizados na substituição parcial da matéria prima na indústria cerâmica encontram-se os resíduos de tratamento de água e esgoto, cinzas, resíduos da construção civil, entre outros.

Conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2011), o Brasil está entre os dez principais produtores mundiais de arroz, com cerca de 11 milhões de toneladas para um consumo de 11,7 milhões de toneladas base casca. Sendo esta utilizada como forma de substrato na agricultura, como fonte de energia devido ao seu poder calorífico e como material alternativo na indústria da construção civil.

Na queima completa, cerca de 20% da casca de arroz é convertida em cinza, a qual ainda é considerada um resíduo agroindustrial sem destinação certa, sendo simplesmente descartada ou lançada em aterros, o que gera problemas ambientais, tais como poluição de mananciais de água, do ar e do solo (POUEY, 2006).

Pouey (2006), afirma que devido ao seu alto teor de sílica, a cinza de casca de arroz encontra várias aplicações na construção civil, como na fabricação de tijolos prensados na indústria cerâmica.

Possamai, Kuhn e Hotza (2001) observam que a cinza de casca de arroz (CCA) possui teores superiores a 90% de sílica, podendo ser usada como componente principal de massa cerâmica na produção de refratários silicosos ácidos. Estes refratários a base de sílica possuem boas propriedades, como alta resistência mecânica em temperaturas elevadas maior que os tijolos a base de argila.

Assim, o presente trabalho pretende analisar a aplicação da CCA na confecção de blocos cerâmicos confeccionados com argilas comumente utilizadas na cidade de Chapecó (SC) e região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho foram coletadas amostras de duas argilas com características distintas utilizadas por uma fábrica localizada na cidade de Chapecó (SC), sendo denominadas neste estudo como argilas A e B. As argilas foram caracterizadas como objetivo conhecer suas propriedades tecnológicas e verificar qual seria a melhor proporção de argila a ser misturada à CCA para os blocos cerâmicos.

As argilas utilizadas na confecção dos blocos foram cedidas pela olaria parceira do projeto, a qual utiliza em torno de 1000 a 1200 toneladas de argila por mês para fabricar 300 mil peças. Nesta olaria são utilizados dois tipos de argila sendo uma extraída das margens do Rio Uruguai, denominada de argila A, e a outra retirada de um açude desativado, denominada de argila B.

A caracterização física das argilas foi realizada no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) e a caracterização química, mineralógica e física da curva de gresificação das amostras de argila foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais (LDCM) de Criciúma (SC).

A confecção dos blocos deu-se em duas etapas. Na primeira foram confeccionados blocos com diferentes proporções apenas de argila A e/ou argila B, para determinar a melhor mistura das argilas para futuramente utilizar esta proporção ótima com a CCA, que seria a segunda etapa de fabricação de blocos. As cinco proporções ensaiadas apenas com as argilas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Proporções de argilas A e B nos blocos confeccionados apenas com argila.

Denominação da Mistura	Proporção de argila A	Proporção de argila B
I	100%	-
II	-	100%
III	50%	50%
IV	75%	25%
V	25%	75%

Para a caracterização física dos blocos e a análise dos resultados foram utilizadas as normas: Norma Brasileira (NBR) 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Segundo estas normas, cada composição de blocos necessitaria ter no mínimo 26 blocos para a realização satisfatória dos ensaios.

Como na indústria de cerâmica é ocupada grande proporção de argila, devido ao maquinário necessitar de um volume mínimo de material para poder operar normalmente e a medida seguida por eles é a concha da pá carregadeira, foram adotadas as seguintes medidas:

- Mistura I – uma concha de argila A;
- Mistura II – uma concha de argila B;
- Mistura III – uma concha de cada uma das argilas;
- Mistura V – três conchas da argila A e uma concha da argila B;
- Mistura IV – uma concha da argila A e três conchas da argila B.

O procedimento de fabricação dos blocos foi realizado conforme a maneira tradicional utilizada pela fábrica.

Após cozidos, os blocos foram transportados até o laboratório, onde foi feita uma inspeção sendo separados apenas 26 blocos para cada proporção analisada.

Todas as misturas foram submetidas às seguintes análises:

- Identificação do fabricante e do bloco – neste quesito todos os blocos devem ter descritos, com no mínimo, 5 mm de reentrância, o nome da empresa e as dimensões do bloco;
- Características visuais – devem ser analisadas as trincas, deformações, quebras, uniformidade de cor e fissuras;
- Características geométricas – foram realizadas com auxílio do paquímetro, sendo realizada medição de uma das paredes externas, planeza das faces, flecha (F), desvio em relação ao esquadro (D), medidas das faces em relação à altura, a largura e comprimento;
- Características físicas (quanto ao índice de absorção de água – AA): para esta análise, os blocos ficaram em estufa até peso constante e posteriormente são submersos em água por 24 horas, sendo então verificado seu peso úmido, e então foi feita comparação entre peso seco e úmido;
- Características mecânicas – os blocos foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão.

Dentre as cinco proporções realizadas apenas com argila, a proporção que apresentou os melhores resultados foi a proporção que possuía 75% de argila A e 25% de argila B, a qual foi então escolhida para servir como base para a incorporação de CCA.

A CCA foi misturada a esta proporção de argila na ordem de 5%, 10%, 20% e 40%, com o objetivo de determinar qual o maior percentual de CCA que pode ser incorporado nos blocos cerâmicos de vedação e que esteja em conformidade com as normas vigentes.

Como a CCA é um material leve e muito volumoso, com cerca de 0,08 g/cm³, a dosagem foi feita em litros para facilitar no momento da confecção dos blocos com a cinza e as argilas.

Por fim, as composição feitas para aproximadamente 260 blocos de cada mistura estão presentes na Tabela 2, assim como também a denominação dada à cada mistura conforme o percentual de CCA incorporado.

Tabela 2: Quantidades dos materiais utilizados nos blocos com incorporação de CCA.

Mistura	Proporções com CCA	CCA (litros)	75% de argila A (litros)	25% de argila B (litros)
I – A	5%	15	281	101
II – A	10%	30	266	95
III – A	20%	61	236	85
IV - A	40%	121	177	64
Quantidade total		227	960	345

A fabricação das misturas com CCA foi feita de maneira análoga a fabricação dos blocos sem CCA, assim como ambos os blocos foram sujeitos as mesmas verificações descritas anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS

Na Tabela 3 são apresentados os valores obtidos para as Argilas A e B nos ensaios de limite de liquidez (LL) e de limite de plasticidade, com os seus respectivos Índices de Plasticidade (IP).

Tabela 3: Limites de consistência.

Material	Limite de Liquidez (%)	Limite de Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)
Amostra A	55,0	27,0	23,0
Amostra B	55,2	30,6	24,6

De acordo com Caputo (1978), a classificação dos solos baseada no IP quando este se encontra entre 1 a 7%, são ditos solos fracamente plásticos, de 7 a 15%, solos mediantemente plásticos, e maiores que 15% altamente plásticos. Com base nesta classificação, ambas as argilas apresentam características de solos altamente plásticos.

Na Tabela 4 é possível observar os valores da massa específica dos sólidos das argilas estudadas, assim como observar que a argila A apresenta uma massa específica ligeiramente maior que argila B.

Tabela 4: Massa específica dos sólidos (ρ_s , g/cm³) das argilas utilizadas

Material	ρ_s (g/cm ³)
Argila A	2,703
Argila B	2,665

A caracterização física pela determinação da curva de gresificação das argilas A e B são apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Pode-se observar que a argila A apresenta uma elevação na retração na queima em relação à argila B quando a temperatura fica superior a 900 °C, porém, a temperatura máxima de cozimento dos blocos é de 750 °C. Sendo que a absorção de água diminui a níveis perceptíveis conforme o aumento da temperatura em ambas as argilas, apesar da argila B absorver uma porcentagem de água superior da argila A.

Como pode ser também analisado que com o aumento da temperatura para a argila A, a resistência a flexão aumenta consideravelmente, o que não é observado na argila B. Isso é um fator muito importante, o que torna a argila A com maior resistência, menor retração na queima com temperatura até 900°C e menor absorção de água.

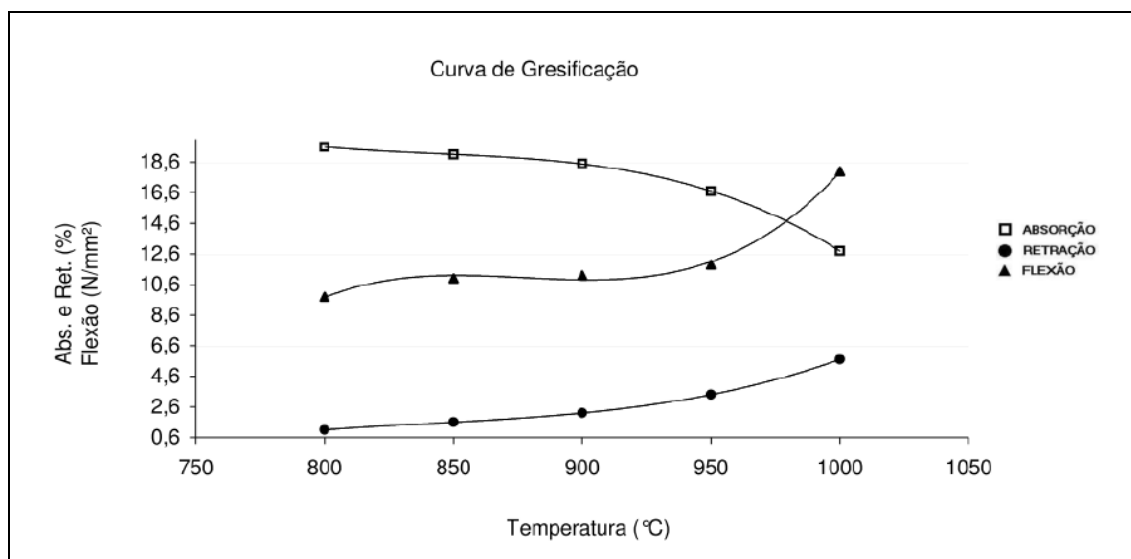


Figura 1: Curva de gresificação da argila A.

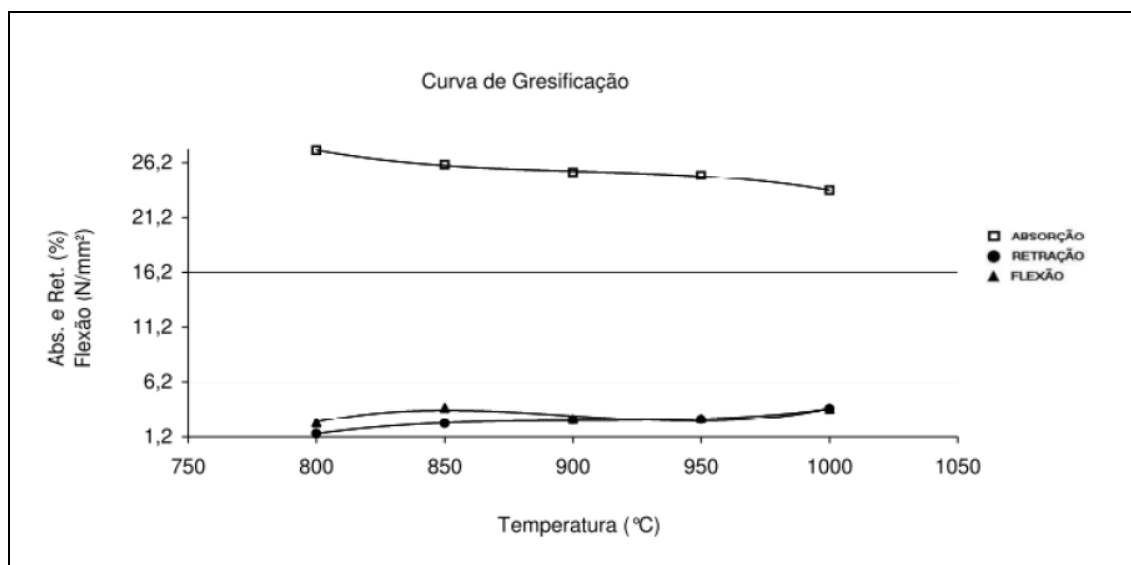


Figura 2: Curva de gresificação da argila B.

Tendo como referência a escala granulométrica da NBR 6502 (ABNT, 1995) e com base nos ensaios de análise granulométrica foram definidas as porcentagens dos materiais constituintes dos solos analisados, conforme Tabela 5, onde também está presente a classificação de ambas as argilas de acordo com as frações predominantes.

Tabela 5: Resultados da análise granulométrica das amostras.

Material	Argila (%)	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Classificação
Argila A	64,0	24,0	8,0	4,0	0,0	Argila Siltosa com vestígios de areia
Argila B	81,5	16,5	0,5	1,5	0,0	Argila Siltosa com vestígios de areia

Os resultados das análises químicas por fluorescência em raio-X e espectrometria de absorção atômica das argilas A e B são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados das análises químicas das argilas.

CCA (em Litros)	Argila A (%)	Argila B (%)
Al ₂ O ₃	14,48	25,23
CaO	0,52	0,15
Fe ₂ O ₃	14,76	6,89
K ₂ O	0,8	0,22
MgO	0,68	0,27
MnO	0,36	0,10
Na ₂ O	0,28	0,08
P ₂ O ₅	0,17	0,21
SiO ₂	57,76	50,44
TiO ₂	2,83	4,80
Perda ao fogo	7,36	11,59

Pode-se observar que a argila A possui, em evidência e por ordem de decrescente de quantidade, respectivamente, a presença de presença de óxido de silício (SiO₂), óxido de ferro (Fe₂O₃) e óxido de alumínio (Al₂O₃). A argila B possui, em evidência e por ordem de decrescente de quantidade, respectivamente, a presença de presença de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃. Conforme Más (2002, apud GRUN, 2007), o SiO₂ indica a

presença de silicatos e sílica livre. Assim como também o Fe_2O_3 diminui a plasticidade, reduz a retração e promove a secagem, logo, por possuir menos Fe_2O_3 , a argila B apresenta maior plasticidade que a argila A.

A argila B possui mais óxido de titânio (TiO_2) quando comparada com a argila A, acarretando em uma cor mais esbranquiçada para a argila B. Bitencourt (2004, apud GRUN, 2007) afirma que a perda ao fogo indica uma perda de material devido ao aumento de temperatura, onde este mostra basicamente o teor de matéria orgânica presente no material. Assim, foi possível verificar que a argila B possui maior perda de seu material através do aumento da temperatura que a argila A. Sendo assim a argila B possui maior quantidade de matéria orgânica quando comparada com a argila A.

As caracterizações mineralógicas das fases cristalinas por difração de raio-X das argilas A e B são apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7: Análise mineralógica da argila A.

Fase Identificada	Quantificação (%)
Quartzo	29,48
Caolinita	40,9
Hematita	0,5
Montmorilonita	29,11

Tabela 8: Análise mineralógica da argila B.

Fase Identificada	Quantificação (%)
Quartzo	16,85
Caolinita	67,63
Montmorilonita	15,45

Observa-se a presença de hematita na argila A o que lhe confere uma cor mais avermelha (GRUN, 2007). A caolinita esta presente em ambas as argilas, para este material, Resende (2005) afirma ser um dos argilominerais com maior presença nos solos tropicais. De acordo com Caputo (1978), as montmorilonitas são estruturalmente compostas de silício e alumínio, o que torna as argilas expansivas e inconstantes na presença de água.

CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CONFECCIONADOS APENAS COM ARGILA

Quanto à identificação dos blocos, todas as proporções analisadas apresentavam a identificação da empresa e as dimensões de fabricação, porém, com relação à necessidade de profundidade de 5 mm de reentrância dos dados descritos nos blocos, apenas as misturas IV e V atenderam satisfatoriamente esta recomendação.

Com relação à análise das características visuais foi necessária amostragem dupla para as cinco misturas, com 13 amostras para cada amostragem, sendo a identificada como melhor proporção a mistura IV.

Para a verificação das características geométricas foi realizada uma amostragem simples com 13 amostras, de cada proporção, sendo verificada a quantidade de blocos em desconformidade com as dimensões da padronizadas pela norma. Forem medidas as faces do bloco, a espessura das paredes externas e dos septos, o desvio em relação ao esquadro (D) e a planeza das faces ou Flecha (F). Nesta análise, as misturas que apresentaram os melhores resultados foram a I, IV e V.

Para determinação das características físicas dos blocos foram utilizadas seis amostras de cada proporção, para os quais foi determinado o índice de absorção de água (AA). Para as proporções I, II, III, IV e V foram encontrados os seguintes valores médios de AA de 18,6%, 24,8%, 22,0%, 20,3% e 22,7%, respectivamente. Deste modo, as misturas que apresentaram melhores resultados foram a I, III e IV, pois, conforme a norma, o índice de absorção d'água (AA) não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

Os resultados da caracterização mecânica foram obtidos através da determinação da resistência à compressão dos blocos em estado saturado. Para as proporções I, II, III, IV e V foram encontrados as resistências à compressão de 2,47 MPa, 1,72 MPa, 1,87 MPa, 2,36 MPa e 1,82 MPa, respectivamente. Nota-se que as

misturas I e IV apresentaram os maiores valores de resistência à compressão, verificando-se que uma presença de maior quantidade da argila A promove uma maior resistência ao bloco.

Acrescenta-se ainda que, considerando blocos desconformes quando existe a presença de três ou mais blocos com resistências abaixo de 1,5 MPa, foram consideradas em desconformidade as proporções II e V.

Tomando como base as verificações realizadas nos blocos confeccionados apenas com as argilas A e B foi possível a escolha da melhor proporção, para posterior fabricação dos blocos com argila e cinza de casca de arroz. A Tabela 9 mostra as proporções que se destacam de modo positivo em cada análise. Observa-se que a mistura IV foi a que atendeu satisfatoriamente todas as características analisadas.

Tabela 9: Proporções que se destacaram em cada análise realizada nos blocos feitos apenas com argila.

Proporção	Identificação do bloco	Características Visuais	Características Geométricas	Características Físicas	Características Mecânicas
I			X	X	X
II					
III	X			X	
IV	X	X	X	X	X
V			X		

CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CONFECCIONADOS COM ARGILA E CCA

As misturas confeccionadas com incorporação da CCA nas proporções de 5%, 10%, 20% e 40%, foram denominadas respectivamente como I-A, II-A, III-A e IV-A.

Na identificação dos blocos, todas as misturas confeccionadas com incorporação CCA apresentavam, a identificação da empresa e dimensão de fabricação, porém, com relação à necessidade de altura de 5 mm de reentrância dos dados descritos nos blocos, alguns blocos apresentavam desconformidade, conforme pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10: Número de blocos com CCA com menos de 5mm de altura de reentrância dos dados descritos nos mesmos.

Misturas	Proporção de cinza	Número total de amostras ensaiadas	Número de amostras sem pelo menos 5mm de reentrância
I - A	5%	13	4
II - A	10%	13	3
III - A	20%	13	6
IV - A	40%	13	6

Com relação à análise das características visuais, foi necessária amostragem dupla para as quatro proporções, com 13 amostras em cada amostragem, sendo que todas as novas misturas com CCA foram aceitas.

Na verificação das características geométricas foi necessária uma amostragem simples com 13 amostras, de cada proporção, sendo verificada a quantidade de blocos em desconformidade com as dimensões da norma. Com relação às análises deste quesito, todas as misturas foram aceitas.

Para as características físicas dos blocos foram necessárias seis amostras de cada proporção. Para todas as misturas feitas com CCA, em relação ao índice de absorção de água (AA) todos os blocos estavam em conformidade com as recomendações da norma. Apenas um bloco da mistura III-A apresentou índice de absorção de água maior que 22%, porém, como a norma permite aceitação do grupo quando este possui apenas um indivíduo fora da norma, esta mistura foi também aceita. Os valores médios de AA foram de 21,2%, 21,3%, 20,8% e 21,2%, respectivamente, para as misturas I-A, II-A, III-A e IV-A.

Quanto à caracterização mecânica, todos os blocos com incorporação de CCA atenderam às especificações da norma, pois apresentaram resistência à compressão superior a 1,5 MPa. Com relação a resistência à compressão média, a mistura que obteve o maior valor foi a II-A, ou seja, com 10% da incorporação da CCA, a qual apresentou 3,58 MPa. As demais misturas apresentaram uma resistência à compressão média de 2,95 MPa, 3,20 MPa e 2,62 MPa, respectivamente, para a I-A, III-A e IV-A.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram realizadas caracterizações químicas e físicas das argilas utilizadas na confecção dos blocos cerâmicos, nas quais foi observado que a argila A possuía características melhores quando comparadas à argila B, principalmente quanto à resistência mecânica.

Foram confeccionados blocos constituídos apenas por argilas, onde a composição que possuía 75% de argila A e 25% de argila B foi a que apresentou melhor resultado, em função da resistência fornecida pela argila A e a plasticidade fornecida pela argila B. Esta mistura serviu como base para a confecção dos blocos com incorporação de CCA, sendo utilizadas as proporções de 5, 10, 20 e 40 %.

Destaca-se que dentre as proporções confeccionadas com incorporação de CCA, a com 10% apresentou uma resistência de 3,58 MPa, sendo que a norma vigente exige no mínimo 1,5 MPa.

Logo, com esta pesquisa foi possível concluir que a incorporação de cinza de casa de arroz nas proporções de 5, 10, 20 e 40 % em blocos cerâmicos com função de vedação é viável tecnicamente, pois atendeu satisfatoriamente os critérios de identificação do fabricante, de características visuais, geométricas, físicas e mecânicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-3: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.
4. CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos solos e suas aplicações. 3. ed. ver. ampl. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978. 2 v.
5. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 22 de maio de 2011.
6. GRUN, Elayne. Caracterização de argilas provenientes de Canelinha/SC e estudo de formulações de massas cerâmicas. 2007. Dissertação. Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007.
7. POSSAMAI, V. D.; KUHN, I.; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. 2001. Florianópolis – SC. Quím. Nova vol.24 no.6 São Paulo Nov./Dec. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422001000600013&script=sci_arttext. Acesso em 10 de abril de 2011.
8. POUEY, M.T.F; Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vista a produção de cimento composto e/ou pozolânico. 2006. 345p. Tese. Doutorado em Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul.
9. RESENDE, Mauro et al. Mineralogia de Solos Brasileiros: Interpretação e Aplicações. Lavras: Editora UFLA, 2005.