

## Efeitos da Incorporação de Diferentes Teores de Resíduos de Blocos Cerâmicos no Desempenho da Argamassas de Revestimento.

Beatriz de Paula Miranda<sup>1</sup>, Hélio da Silva Sousa Júnior<sup>2</sup>, Tiago Ferreira Campos Neto<sup>3</sup>

### Resumo

A necessidade de implementação de medidas sustentáveis no ramo da construção civil está se tornando cada vez maior, despertando o interesse de diversos pesquisadores acerca do tema. Esse projeto de pesquisa busca determinar o melhor teor de resíduos de obra oriundos de blocos cerâmicos a ser incorporados como agregado reciclado em argamassa para revestimento interno. Serão realizados ensaios nos estados fresco e endurecido com argamassas convencional e recicladas, a fim de se estabelecer um comparativo entre ambas e determinar sua viabilidade de utilização em canteiros de obra. As argamassas estudadas contém adição parcial (50%) e total (100%) de agregados reciclados, em substituição à areia natural da mistura. Foi possível concluir que a incorporação de blocos cerâmicos triturados a mistura melhora consideravelmente o desempenho geral da argamassa produzida. Comprovada a viabilidade técnica de utilização dessas argamassas recicladas em revestimento interno, fica clara a possibilidade de obras aplicarem o conceito de sustentabilidade, pois resultará em redução do consumo de recursos naturais, consequentemente reduzindo o impacto ambiental da construção civil.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Argamassa De Revestimento Interno. RCC. Blocos Cerâmicos.

### 1. Introdução

O termo sustentabilidade está vinculado a ideia de preservação e a atribuição de recursos que possibilite um total desenvolvimento econômico daqueles que crescem e lucram com o contemporâneo modelo financeiro, sendo seu principal discurso fundamentado na eficácia do controle do uso de recursos naturais. A visão desse conceito transpõe a perspectiva do natural e procura sistematizar o vínculo entre sociedade e natureza (ZANGALLI, 2013).

Além de ser agente da geração de empregos e lucro, a construção civil é conjuntamente responsável pelo surgimento em larga proporção de impactos ambientais, pela alteração na paisagem, pelo uso de recursos naturais, e essencialmente pela produção de resíduos (KARPINSK et al., 2009). Esse setor é um dos maiores consumidores de recursos naturais, como apresentado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> eng.beatrizmiranda@gmail.com, Graduanda em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-970 – Rio Verde – GO.

<sup>2</sup> engcivil.heliojunior@hotmail.com, Graduando em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-970 – Rio Verde – GO.

<sup>3</sup> tiagocampos@univ.edu.br. Professor Mestre, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-970 – Rio Verde – GO.

O Brasil gera por ano uma média de 31 milhões de toneladas de resíduos de construção civil, conforme a ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Dos resíduos originados nas obras, por volta de 90% são aptos a reciclagem e esse processo pode ser feito in loco. De acordo com Miranda (2005), o primeiro aparecimento desse processo em território nacional foi em meados dos anos 80 e 90. Através da implantação de moinhos no próprio canteiro de obras, com finalidade de fragmentar em granulometria aceitável para a sua utilização como agregado, técnica essa mais tarde aprimorada através de maquinários mais operativos. Conforme Lapa (2011), essa prática careceria de ser progressiva, como elemento constituinte da elaboração e efetuação de uma obra.

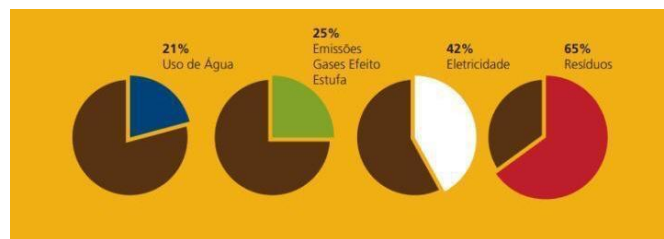


Figura 1 – Gráficos dos impactos da construção civil no Brasil  
Fonte: FEBRABAN (2010).

De acordo com a Figura 2 acima segue a ordem de execução. O chapisco é aplicado sem intervalo ou com intervalo de tempo, com o propósito de uniformizar a superfície em relação à filtração e aprimorar a aderência do revestimento. Já o emboço, é feito para cobrir e regulamentar a superfície da base com ou sem chapisco, de maneira que possibilite receber uma camada de reboco ou revestimento decorativo. O reboco é usado como cobertura do emboço e promove uma superfície que possa ganhar o revestimento final (GOMES, 2010).

A abordagem de medidas sustentáveis no meio da construção civil está se tornando cada vez mais necessária e imediata. A reutilização de resíduos vem sendo um dos caminhos propostos por pesquisadores de diversas áreas, tanto voltados a engenharia quanto para questões ambientais, com ênfase em amenizar os impactos gerados no meio externo.

A ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - em concordância com o Ministério do Meio Ambiente, e a lei brasileira nº 12.305/10, que impõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem como objetivo conceber metas marcantes que vão auxiliar para a anulação de lixões, criar um mecanismo de planificação nos padrões nacionais, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano, municipal, e decretar que os integrantes façam seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (CAMPANI, 2012).

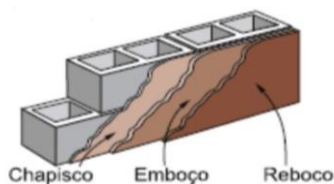


Figura 2 – Camadas dos revestimentos argamassados  
Fonte: GOMES (2010).

O objetivo dessa pesquisa é analisar a viabilidade técnica de utilização de argamassa para revestimento interno com substituição de agregados por resíduos de construção civil. Realizou-se um comparativo entre a argamassa convencional e a argamassa com resíduos de construção civil (RCC), através dos resultados obtidos pelos ensaios laboratoriais devidamente normatizados, tornando assim possível a identificação do teor mais adequado de resíduo de bloco cerâmico adicionado a argamassa para fins de revestimento.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Etapas da execução

As etapas da execução da pesquisa serão representadas conforme a figura 3 abaixo:

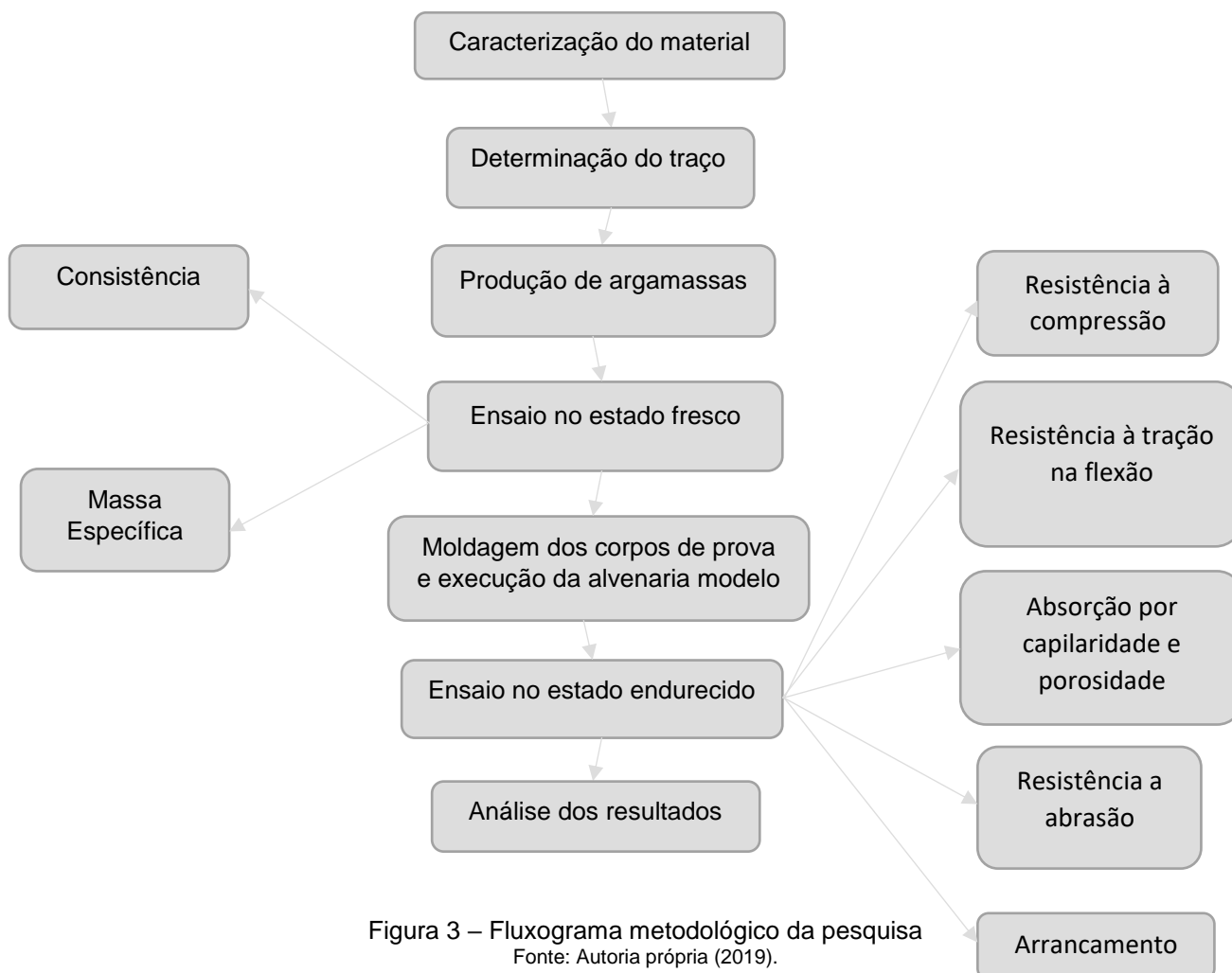


Figura 3 – Fluxograma metodológico da pesquisa  
Fonte: Autoria própria (2019).

## 2.2. Caracterização dos materiais

Utilizou-se o cimento Portland CP II-F-32, muito aplicado em argamassa para revestimento, por conter adição de fíler calcário que possibilita uma melhor trabalhabilidade da mistura, seguindo os critérios da NBR 16697 (ABNT, 2018). Para a caracterização desse componente foi feito ensaio de determinação de massa específica segundo NBR 16605 (ABNT, 2017), e o valor da finura conforme a norma NBR 16697 (ABNT, 2018), representado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Requisitos de finura mínimos para o cimento

Característica analisada	Limite normativo (%) (ABNT NBR 16697:2018)	Resultado de ensaio (%)
Finura (Resíduo na peneira 75 $\mu$ m)	$\leq 12,0$	6,548

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 2 – Determinação da massa específica do cimento

Característica analisada	Valor obtido em ensaio
Massa específica	3,054 g/cm <sup>3</sup>

Fonte: Autoria própria (2019).

Optou-se pela inserção de areia fina como agregado miúdo devido a sua granulometria ser compatível com requisitos necessários para a produção de argamassa para revestimento. Seguindo padrões estabelecidos pela NBR 7211 (ABNT, 2009), foram obtidos os seguintes dados apresentados no gráfico da Figura 4.

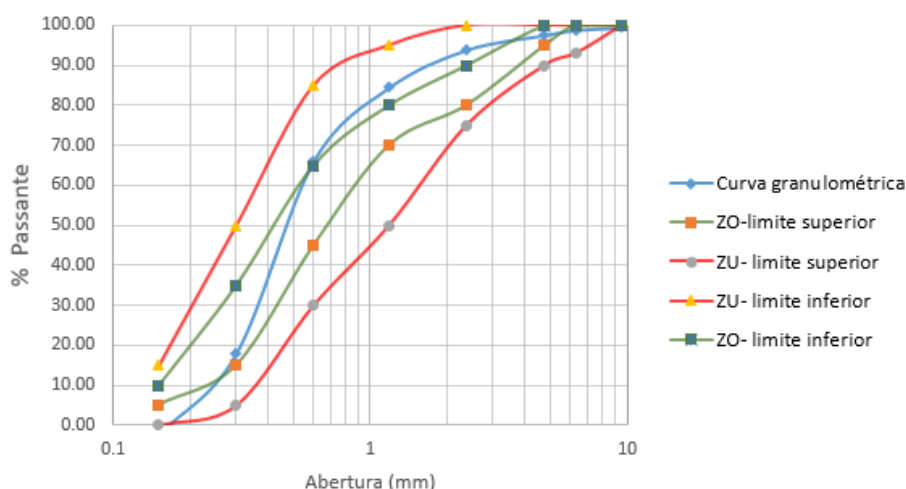


Figura 4 – Limites da distribuição granulométrica da areia

Fonte: Autoria própria (2019).

Sua massa específica e massa específica aparente foi determinada de acordo com a NBR NM 45 (ABNT, 2006), e massa unitária pela NBR NM 30 (ABNT, 2001), como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação da massa unitária e massa específica da areia

Característica analisada	Valor obtido em ensaio
Massa unitária	1564,614 kg/m <sup>3</sup>
Massa específica	2814,67 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Autoria própria (2019).

A determinação granulométrica do agregado miúdo reciclado oriundo de blocos cerâmicos triturados também foi realizada a partir dos parâmetros normativos definidos pela NBR 7211 (ABNT, 2009), alcançando-se os valores contidos no gráfico da Figura 5. A massa específica foi determinada de acordo com a NBR 16605 (ABNT, 2019) e o valor encontrado foi de 2,655 g/cm<sup>3</sup>.

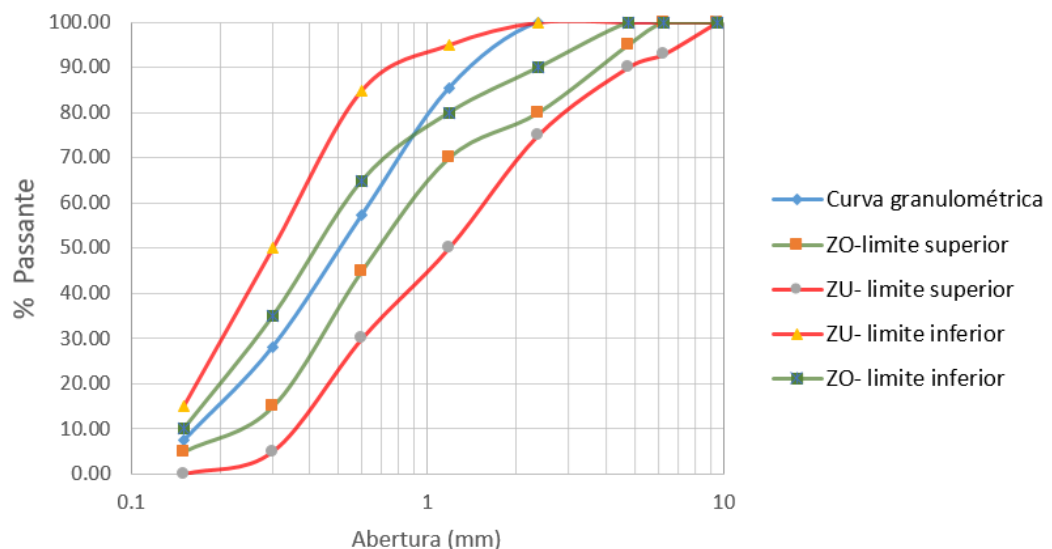


Figura 5 – Limites da distribuição granulométrica do agregado reciclado

Fonte: Autoria própria (2019).

A cal hidratada utilizada nos ensaios foi a CH – III, que melhora as propriedades de resistência mecânica e aderência da argamassa, sendo a mais usual na construção civil, que atende aos requisitos técnicos da norma NBR 7175 (ABNT, 2003), indicada para a preparação de diversos tipos de argamassas por sua ação como aglomerante e plastificante (Votorantim,

2014). A massa específica absoluta da cal de acordo com o fabricante varia de 2,08 a 2,34 g/cm<sup>3</sup>.

### 2.3. Determinação de traço

O traço a ser estudado é recomendado pela Votorantim Cimentos (2016), sendo que as proporções de cimento, cal e areia estão apresentadas na Tabela 4, enquanto que a relação água/cimento (a/c) será definida em função da consistência da mistura. As argamassas a serem executadas atenderão aos requisitos mínimos exigidos pela NT- 08(CBMGO, 2014). Abaixo estão apresentadas as misturas a serem preparadas:

- AR – argamassa de referência composta por cimento, cal, areia e água;
- ARCC I – argamassa composta por cimento, cal, areia, água e com substituição de 50% do agregado miúdo por RCC oriundo de blocos cerâmicos;
- ARCC II – argamassa composta por cimento, cal, água e com substituição de 100% de agregado miúdo por RCC oriundo de blocos cerâmicos.

Tabela 4 – Traços em consumos das argamassas de revestimentos internos

Traço	Cimento	Cal hidratada	Areia	RCC	Água
AR	0,255	0,51	1,53	-	0,45
ARCC I	0,255	0,51	0,765	0,765	0,72
ARCC II	0,255	0,51	-	1,53	1,01

Fonte: Autoria própria (2019).

### 2.4. Produção de argamassas

Para a produção de argamassa de cimento com cal foram seguidas as recomendações adotadas pelo fabricante NBR 16541(ABNT, 2016). Segundo a Votorantim Cimentos (2014), a cal hidratada não necessita de um preparo prévio, podendo ser utilizada de imediato sem necessidade de espera, nesse caso a argamassa foi preparada de forma usual.

As argamassas foram preparadas no modo automático da argamassadeira Solocap, que atende todas a especificações da NBR NM 52 (ABNT, 2009) e NBR 7215 (ABNT, 2019). Primeiramente, foram misturados os materiais secos (cimento, cal, areia e/ou RCC) até a obtenção de homogeneidade. A água foi adicionada por partes, sendo 75% no processo com baixa velocidade, e 25% adicionados no intervalo de 30 segundos entre a velocidade baixa e alta do modo automático da argamassadeira.

## 2.5. Ensaio no estado fresco

A NBR 13276 (ABNT, 2016) determina o índice de consistência da argamassa a ser produzida. A consistência a ser fixada foi de  $250 \pm 10$  mm, conforme mostra a Figura 6. Já a massa específica foi realizada em concordância com a NBR 13278 (ABNT, 2005).



Figura 6 – Ensaio de consistência argamassa com 100% de RCC  
Fonte: Autoria própria (2019).

## 2.6 Moldagem dos corpos de prova e execução da alvenaria

As moldagens dos corpos de prova foram feitas de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 2019). Obedecer a essa norma garante por exemplo estanqueidade e facilidade na desforma, ajudando assim a obter um corpo de prova satisfatório. Foram moldados 36 corpos de provas com dimensões de 5x10cm, sendo 27 para ensaios de compressão, e 9 para o ensaio de porosidade. Moldaram-se também 18 corpos de prova prismáticos com dimensões de 4x4x16cm, sendo designados todos para o ensaio de resistência à tração na flexão. Utilizou-se os 9 corpos de prova rompidos aos 56 dias para a realização do ensaio de absorção por capilaridade.

Para levantar a alvenaria necessária para os ensaios de arrancamento e abrasão foram utilizados blocos cerâmicos de 8 furos com dimensões de 11,5x19x29cm. Em concordância com a NBR 13749 (ABNT, 2013), optou-se pela execução de um revestimento com 15 mm, sendo o chapisco de 5mm com traço 1:3 e o emboço de 10 mm. As etapas de execução da alvenaria e do revestimento foram realizadas de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Cronograma de execução do revestimento

<b>Etapa Primária</b>	<b>Dias corridos</b>	<b>Etapa secundária</b>	<b>Datas de execução</b>
Execução da alvenaria de vedação	≥ 14 dias	Início da execução do revestimento	09/agosto
Chapisco	≥ 3 dias	Emboço	23/agosto
Emboço	≥ 21dias	Reboco	02/setembro

Fonte: NBR 7200 (ABNT, 1998).

## 2.7. Ensaios no estado endurecido

Os corpos de prova foram submetidos a cura imersa em água até a idade de ensaio, conforme as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 2019).

O ensaio para a definição da resistência à tração na flexão foi feito de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005), através da aplicação de uma carga de 50 N/s uniformemente sem choque, com corpos de prova prismáticos. Foi usada a NBR 15259 (ABNT, 2005) para indicação da absorção de água, por meio da ascensão capilar da argamassa. Já NBR 9778 (ABNT, 2009) determinou o índice de vazios por imersão (porosidade).

O ensaio de resistência à abrasão foi executado por meio de um esclerômetro de reflexão. O tipo de precisão desejada foi de 0,90 N. m, utilizado para baixa resistências. Para uma melhor precisão do ensaio o esclerômetro deve ser aferido antes do ensaio ou a cada 300 impactos realizados, sendo esse ensaio realizado de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012).

Já o ensaio de arrancamento foi realizado de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2019), método que determina a resistência à tração de revestimentos da argamassa usada em obra ou em ensaios laboratoriais sobre substratos que sejam não metálicos. É sugerido que os ensaios venham a ser realizados após 56 dias da execução do emboço, tendo oito possíveis formas de ruptura, como mostra a Figura 7.



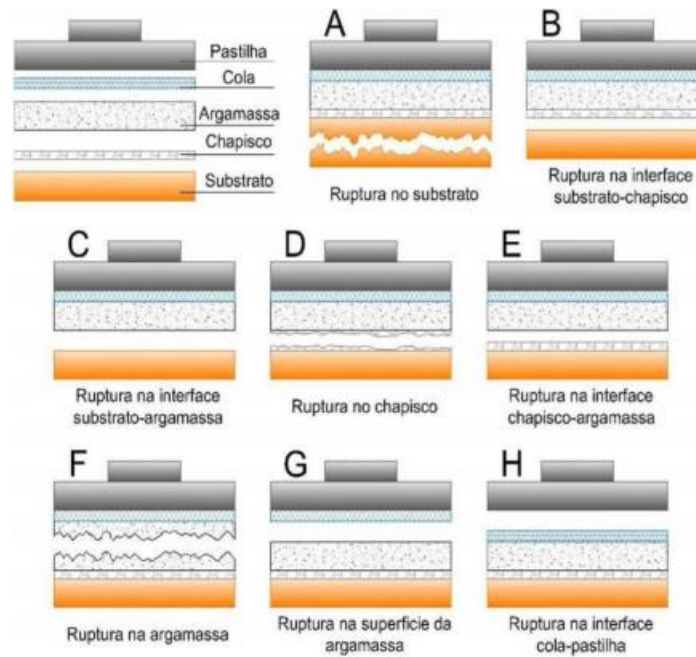


Figura 7 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento  
Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2019).

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Ensaio no estado fresco

A Tabela 6 apresenta valores referentes aos resultados obtidos nos ensaios de consistência e massa específica das argamassas.

Tabela 6 – Resultados no estado fresco

Traço	Quantidade total de água (ml)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Índice de consistência (mm)
AR	450	1,95	250
ARCC I	720	1,82	246
ARCC II	1010	1,75	248

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se a partir dos resultados apresentados no ensaio de índice de consistência, que o consumo de água no preparo da mistura foi mais elevado nas argamassas que apresentavam um maior teor de RCC incorporado a mesma. Isso ocorre devido a diferença das propriedades granulométricas existentes entre uma partícula individual de areia

comparada a do bloco cerâmico triturado. Como o traço de referência continha uma fração de finos menor que os demais traços, sua área específica é menor, e com isto a exigência de água para o índice de consistência diminui (LAPA, 2011).

Uma vez que a principal matéria prima na produção do bloco cerâmico seja a argila, o material gerado do mesmo carrega suas características de finura. Por ser um material mais fino que a areia natural, o agregado oriundo de RCC tem um volume maior, e conseqüentemente demanda uma quantidade maior de água. Logo, aumentando o teor de material pulverulento (agregado de RCC) em cada traço, é necessária uma maior quantidade de água de amassamento para alcançar o mesmo índice de consistência na mesa (GOMES, 2010).

Com relação a massa específica encontrada em cada argamassa estudada, pode-se constatar que houve uma diminuição gradativa desse valor à medida que o teor de incorporação de bloco cerâmico triturado aumentava. A areia natural usada no traço de referência tem massa específica ( $2,815 \text{ g/cm}^3$ ) maior que o agregado reciclado produzido ( $2,655 \text{ g/cm}^3$ ), o que justificaria os resultados encontrados referentes a massa específica das argamassas, uma vez que, foram utilizados a mesma quantidade de material para cada traço, só alterando o agregado.

### 3.2 Ensaio no estado endurecido

A Tabela 7 apresenta os resultados encontrados referentes ao ensaio de massa específica das argamassas no estado endurecido. Assim como a massa específica no estado fresco, os valores foram mais altos na argamassa referência, seguida pela argamassa com 50% de RCC, com massa específica 4,35% menor que a AR. Já a argamassa com 100% de RCC incorporado apresentou massa específica 13,04% a menos que a argamassa referência.

Tabela 7 – Resultados do ensaio de massa específica no estado endurecido das argamassas

Traço	Massa específica no estado endurecido
AR	$1,84 \text{ g/cm}^3$
ARCC I	$1,76 \text{ g/cm}^3$
ARCC II	$1,60 \text{ g/cm}^3$

Fonte: Autoria própria (2019).

Os valores encontrados com base nos ensaios realizados no estado endurecido estão indicados na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados encontrados em ensaios das argamassas no estado endurecido

Traço	Res. Compressão (MPa)	Res. Tração na flexão (MPa)	Coefficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Índice de vazios (%)	Arrancamento	Esclerometria (MPa)
AR	5,00	1,36	9,46	17,58	Não adequado	8,68
ARCC I	11,05	2,70	8,49	9,29	Não adequado	9,94
ARCC II	15,48	3,47	4,86	11, 28	Não adequado	10,15

Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 8 mostra os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, na qual são nítidas as diferenças de resistências apresentadas nas argamassas. A AR foi a mistura que teve desempenho inicial, aos sete dias, menos satisfatório se comparado a ARCC I, e principalmente a ARCC II, que apresentou resistência de 110, 78% superior. Isso pode ser explicado em função da maior quantidade de materiais finos presentes na mistura.

Outra possível explicação pode se fundar na composição química do bloco cerâmico, pois por ser feito de argila, pode conter sílica, tornando-se possível a reação desse componente com os produtos de hidratação do cimento. Entretanto, mais pesquisas sobre grau de reatividade pozolânicas deveriam ser realizadas para afirmar esta possibilidade.

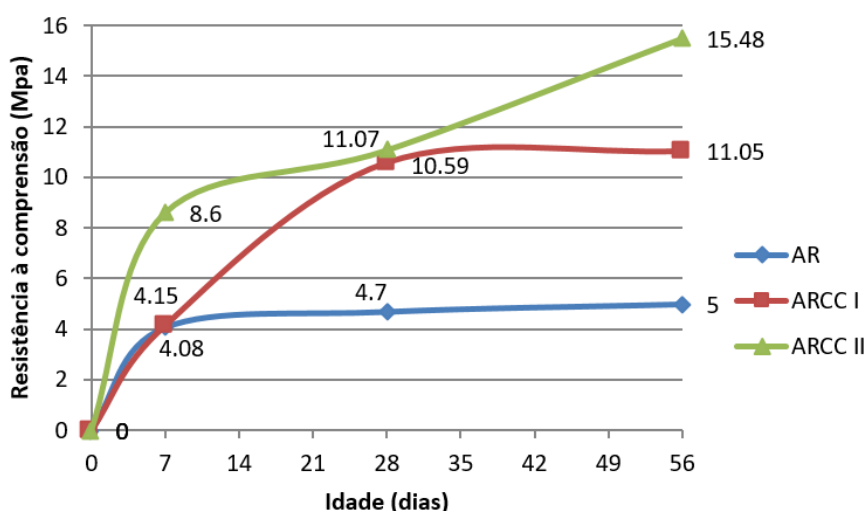


Figura 8 – Resultados encontrados do ensaio de compressão

Fonte: Autoria própria (2019).

A discrepância nos resultados foi ainda maior aos 28 dias. Enquanto a mistura AR teve ganho de apenas 14, 46% em relação a sua resistência obtida aos 7 dias, a ARCC I aumentou seu desempenho comparado a sua análise inicial em 155,18 %. A ARCC II não apresentou

uma evolução tão significativa quanto a ARCCI, com 28,72% a mais que o dado encontrado inicialmente (8,60 MPa), e vale ressaltar que foi mais que dobro da resistência encontrada das demais argamassas em estudo.

A mistura ARCC II continuou com resistência superior as demais misturas aos 56 dias, com cerca de 209,6 % a mais que a AR, nessa mesma idade de rompimento. A AR não teve ganho expressivo de resistência durante o ensaio, como mostra o gráfico da Figura 8, tendo como resistência à compressão final de 5,0 MPa, podendo ser classificada como P4. As argamassas com incorporação parcial e total de RCC adequaram-se a classificação P6, conforme a Tabela 9 retirada da NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 9 – Classificação das argamassas quanto a resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão (Mpa)	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	>8,0	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

Assim como no ensaio de resistência à compressão, os resultados apresentados no ensaio de resistência à tração na flexão foram menores nas misturas AR e ARCC I, como mostra a Figura 9. Aos 14 dias, a ARCC II manifestou ganho de resistência à tração na flexão de 373,81% se comparada a mistura AR (0,42 Mpa). Já a mistura ARCC I teve cerca de 302,38% de resistência a mais que a argamassa referência.

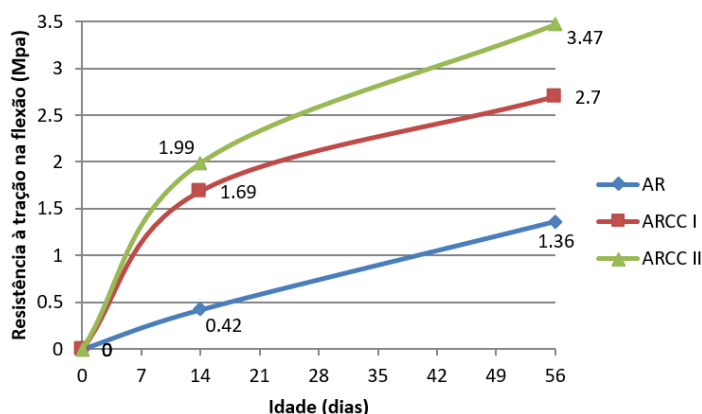


Figura 9– Resultados encontrados no ensaio de resistência à tração na flexão  
Fonte: Autoria própria (2019).

Foi mantida a disparidade nos resultados realizados aos 56 dias entre as três misturas, sendo que a mistura ARCC II permaneceu com desempenho mais alto que as demais

argamassas, por volta de 155,15% a mais que a AR, que continuou com resultados mais inferiores que as demais, classificando-a como R4, conforme a Tabela 10, retirada da NBR 13281 (ABNT, 2005). A mistura ARCC I foi classificada como R3, e a AR como R1.

Tabela 10 – Classificação das argamassas quanto a resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)	Método de ensaio
R1	$\leq 1,5$	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	$>3,5$	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

A absorção por capilaridade nos primeiros 10 minutos de ensaio se deu maior na mistura ARCC II, com diferença de 15,15% a mais da mistura AR, situação essa que mudou aos 90 minutos de ensaio, como ilustrado no gráfico da Figura 10.

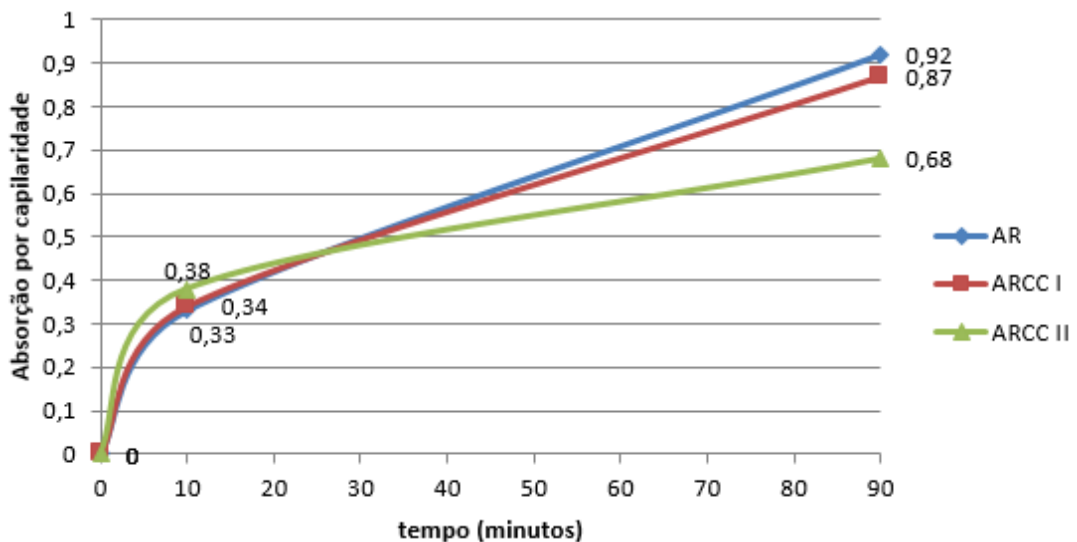


Figura 10 – Resultados encontrados no ensaio de absorção por capilaridade  
Fonte: Autoria própria (2019).

O coeficiente de capilaridade mostrou-se mais baixo na argamassa com 100% de incorporação de RCC, como visto na Figura 11, sendo ela 26,09% menor que a mistura AR. Isso explicaria seu comportamento perante os ensaios, apresentando melhores resultados que as outras argamassas.

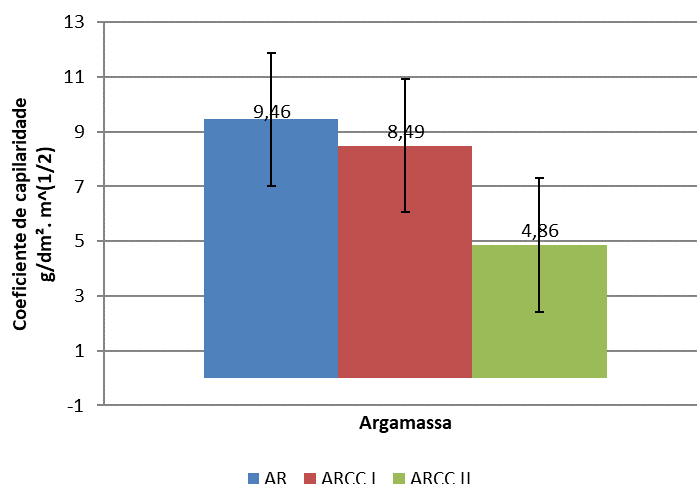


Figura 11 – Resultados referente ao coeficiente de capilaridade das argamassas  
Fonte: Autoria própria (2019).

As argamassas são classificadas também quanto ao seu coeficiente de capilaridade, como mostra a Tabela 11, retirada da NBR 13281 (ABNT, 2005). Através dos dados encontrados representados na Figura 11, pode-se constatar que as misturas AR e ARCCI pertencem a classe C5, enquanto a ARCC II faz parte da classe C4.

Tabela 11 – Classificação das argamassas quanto o coeficiente de capilaridade

Classe	Coefficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> · min <sup>1/2</sup> )	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	>10,0	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

A Figura 12 apresenta o gráfico com os resultados obtidos a partir do ensaio de porosidade, relacionando seus índices de vazios com a absorção total das argamassas. A mistura ARCC I obteve o menor índice de vazios das três misturas, 47,16% a menos que a argamassa referência, o que pode ser explicado pela presença de dois agregados com granulometrias diferentes usados na fabricação da argamassa, gerando assim o efeito de empacotamento de grãos. A AR foi a mistura que apresentou maior índice de vazios, o que justifica seus resultados tão inferiores as demais misturas no ensaio de resistência à compressão.

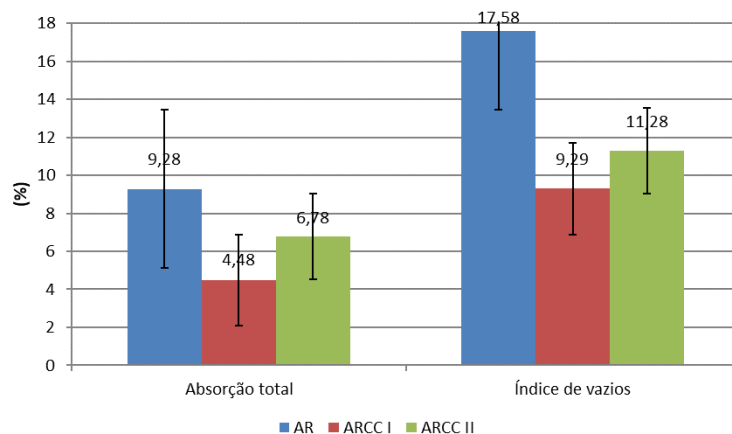


Figura 12 – Resultados encontrados no ensaio de porosidade  
Fonte: Autoria própria (2019).

As Tabelas 13 a 15 apresentam os resultados encontrados relativos ao ensaio arrancamento. As argamassas podem ser classificadas quanto a sua resistência potencial de aderência à tração ( $R_a$ ), de acordo com Tabela 12. Essa resistência não se apresentou adequada para a utilização em revestimento de paredes para ambientes internos em nenhuma das três argamassas, sendo classificadas de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005) como A1. Portanto, uma possível causa para a não adequação se encontra no processo executivo, como por exemplo, a energia de lançamento da mistura na alvenaria ou a falta de controle de umidade do substrato no momento de execução do emboço ou chapisco.

Tabela 12 – Classificação das argamassas quanto a resistência potencial de aderência à tração

Classe	Resistência potencial de aderência à tração (Mpa)	Método de ensaio
A1	< 0,20	ABNT NBR 15258
A2	≥ 0,20	
A3	≥ 0,30	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

Não obstante, o uso do RCC não é a causa da falta de aderência, pois mesmo a mistura AR não se apresentou adequada no que tange aos ensaios de aderência. Outro fator que pode ser modificado é a relação água/cimento, pois o excesso de água ocasionou fissuras em todas as paredes, com ocorrência maior nas argamassas com maior relação a/c, como mostra a Figura 13.



Figura 13 – Parede utilizada para os ensaios de arrancamento e esclerometria  
Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 13 – Resistência potencial de aderência à tração: Traço AR

Ensaio de Arrancamento NBR 13528 (ABNT 2019) AR											
Corpa de Prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Ra ≥ 0,20 Mpa	Forma de ruptura (%)						
n°	Área (mm <sup>2</sup> )				Sub	Sb/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg	Arg/Cola	Cola/Pastilha
1	1972	304	0,15	Não adequado					100		
2	1981	275	0,14	Não adequado				100			
3	1981	177	0,09	Não adequado				100			
4	1975	373	0,19	Não adequado				100			
5	1967	294	0,15	Não adequado		100					
6	1971	78	0,04	Não adequado				100			
7	1967	275	0,14	Não adequado					100		
8	1873	363	0,19	Não adequado					100		
9	1956	196	0,10	Não adequado				100			
10	2007	196	0,10	Não adequado					100		
11	1942	167	0,09	Não adequado						100	
12	1965	314	0,16	Não adequado			100				

Fonte: Autoria própria (2019)



Tabela 14 – Resistência potencial de aderência à tração: Traço ARCC I

Corpa de Prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Ra≥0,20 MPa	Forma de ruptura (%)							
n°	Área (mm²)				Sub	Sb/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg	Arg/Cola	Cola/Pastilha	
1	2011	167	0,08	Não adequado				100				
2	2014	147	0,07	Não adequado					100			
3	1996	167	0,08	Não adequado					100			
4	1997	373	0,19	Adequado				100				
5	2012	147	0,07	Não adequado				100				
6	1998	491	0,25	Adequado			100					
7	1970	441	0,22	Adequado				100				
8	2021	206	0,10	Não adequado				100				
9	1946	451	0,23	Adequado				100				
10	2027	324	0,16	Não adequado				100				
11	1981	334	0,17	Não adequado			100					
12	1969	304	0,15	Não adequado						100		

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 15 – Resistência potencial de aderência à tração: Traço ARCC II

Corpa de Prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Ra≥0,20 Mpa	Forma de ruptura (%)							
n°	Área (mm²)				Sub	Sb/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg	Arg/Cola	Cola/Pastilha	
1	2035	334	0,16	Não adequado				100				
2	2003	667	0,33	Adequado				100				
3	2019	490	0,24	Adequado				100				
4	1997	373	0,19	Não adequado				100				
5	2026	137	0,07	Não adequado					100			
6	2007	168	0,08	Não adequado		100						
7	2001	186	0,09	Não adequado			100					
8	2005	98	0,05	Não adequado				100				
9	1989	392	0,20	Adequado				100				
10	2016	383	0,19	Não adequado					100			
11	1997	412	0,21	Adequado			100					
12	2008	157	0,08	Não adequado				100				

Fonte: Autoria própria (2019).

As argamassas foram consideradas inadequadas pelo fator de resistência, porém tiveram bom desempenho se analisadas quanto às suas formas de ruptura, que em sua maioria ocorreram no chapisco e entre o chapisco e a argamassa. Pode-se observar que, as argamassas com RCC tiveram maior quantidade de amostras adequadas, se comparada a argamassa referência. Enquanto a mistura AR não obteve nenhuma amostra adequada, as misturas com ARCC I e ARCC II tiveram três e quatro amostras que conseguiram alcançar o parâmetro de adequação de aderência necessária estabelecida pela norma vigente, respectivamente. Esse problema de falta de adequação se deu devido a maneira como foi executado o chapisco.

A resistência à compressão superficial foi maior na mistura ARCC II, como já esperado ante aos resultados encontrados nos ensaios anteriores. Sua dureza se deu 16,94% superior à da argamassa referência. A mistura ARCC I também teve boa resistência, sendo ela 14,52% maior que a mistura AR, como mostra a Figura 14.

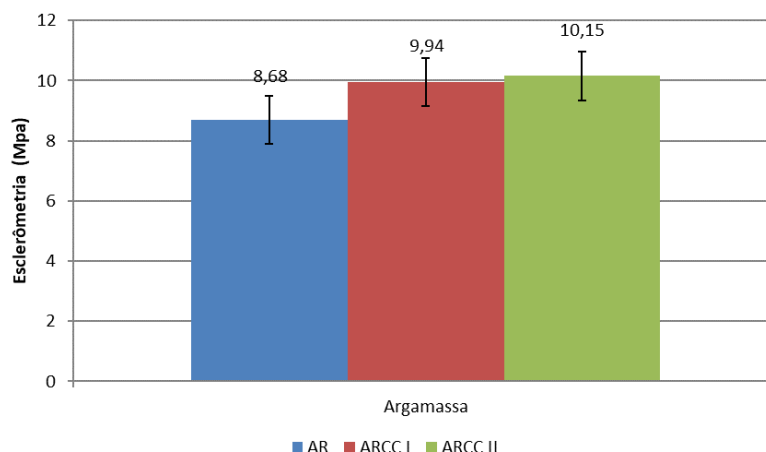


Figura 14 – Resultados encontrados no ensaio de esclerometria  
Fonte: Autoria própria (2019).

Por fim, as misturas podem ser classificadas de acordo com os resultados os ensaios de resistência à compressão (P), tração na flexão (R), coeficiente de capilaridade (C) e arrancamento (A), da seguinte maneira:

- AR: P4, R1, C5, A1.
- ARCC I: P6, R3, C5, A1.
- ARCC II: P6, R4, C4, A1.

#### 4. Conclusão

Por conseguinte, pode-se concluir que as argamassas com incorporação de blocos cerâmicos triturados podem ser empregadas na execução de revestimentos internos para

alvenarias, se mostrando mais eficiente que a argamassa para revestimentos convencional em vários aspectos. Assim, a partir desta pesquisa, entende-se que quanto maior o teor de RCC derivado de argila incorporado a mistura, melhor será seu desempenho, comprovando, portanto, sua viabilidade tecnológica para uso em obra. Diante dos fatos apresentados, é notória a contribuição desse estudo na busca de novos meios de amenizar os impactos causados pela construção civil e melhorar a qualidade do material que está sendo produzido, de maneira consciente e eficaz.

## Referências

ABRECON – **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição**. Disponível em: < <https://abrecon.org.br/>>. Acesso em: 5 abr. 2019.

ABRELPE – **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil”, 2011. AFFONSO (2005).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos -Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 16541:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 16605:** Cimento Portland e outras matérias em pó- determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 16697:** Cimento Portland - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 7175:** Cal Hidratada para argamassas- Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7200:** Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas –Procedimento Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211:** Agregados para concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2019.

\_\_\_\_\_. **NBR 7584:** Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 30:** Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45:** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 ago. 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fev. 1998;** e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

CAMPANI, B. D.; RAMOS, C. G. G. **Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de uma Empresa do Ramo de Construção Civil de Infraestrutura.** VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2012.

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE GOIÁS, NT- 08: **Resistencia Ao Fogo Dos Elementos de Construção**. Código do Corpo de Bombeiro de Goiás. Goiás, 2014.

FEBRABAN – **Comissão de Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 17º Café com Sustentabilidade, 2010.

GOMES, P.; FELIX, S.; SANTOS, M.; SILVA, K. **Propriedades de argamassas com agregados reciclados**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONGRESSO, 52. 2010, São Paulo. Anais... IBRACON, 16p. São Paulo, 2010.

KARPINSK, L.A.; PANDOLFO, A.; REINEHER.; R.; GUIMARÃES.; J.; PANDOLFO, L.; KUREK. J. **Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção Civil: Uma Abordagem Ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

LAPA, J. S. **Estudo de viabilidade técnica de utilização em argamassas do resíduo de construção oriundo do próprio canteiro de obra**. 2011 dissertação (Pós-graduação) – Escola de Engenharia de pós-graduação em construção civil de Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MAPA DA OBRA. Votorantim Cimentos 2016. **Chapisco, emboço e reboco garantem paredes lisas e planas**. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/chapisco-emboco-e-reboco-bem-feitos-garantem-paredes-lisas-e-planas/> Acesso em: 19 de maio de 2019.

MIRANDA, L. F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos Classe A da construção civil**. 2005. 439p. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.

VOTORANTIM. **Cal hidratada CH II Itaú**. Votorantim, 2014.

ZANGALLI JR, P. C. Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil / Urban Sustainability and Environmental Certifications in Construction. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, 31 out. 2013.