INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

CAMPUS MARECHAL DEODORO

PRODUTO

PATENTE DA PRODUÇÃO DE BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FINOS DE RESÍDUO CERÂMICO PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Laila Moreira Bacurau

Ronny Francisco Marques de Souza

Sheyla Karolina Justino Marques

MARECHAL DEODORO – AL

2021

Laila Moreira Bacurau

Ronny Francisco Marques de Souza

Sheyla Karolina Justino Marques

PATENTE DA PRODUÇÃO DE BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FINOS DE RESÍDUO CERÂMICO PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Produto técnico originado da dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTEC / IFAL (Modalidade Mestrado Profissional) pela primeira autora.

Linha de pesquisa: Tecnologias Ambientais.

MARECHAL DEODORO – AL

2021

Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
***Campus* Marechal Deodoro**
Biblioteca Dorival Apratto

B131p

Bacurau, Laila Moreira.

Patente da produção de bloco intertravado de concreto autoadensável com adição de finos de resíduo cerâmico provenientes da construção civil / Laila Moreira Bacurau, Ronnny Francisco Marques de Souza, Sheyla Karolina Justino Marques. – 2021.

28 f. : il., col.

1 CD-ROM : 1,15 megabytes (PDF) ; 4 ¾ pol. ; caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Inclui bibliografia e figuras.

Produto Educacional – Patente – Originado da Dissertação: Análise da viabilidade técnica do concreto autoadensável com adição de finos de subproduto cerâmico para produção de blocos intertravados (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2021.

1. Resíduos de construção e demolição. 2. Resíduo cerâmico. 3. Concreto autoadensável. 4. Pavimento intertravado. I. Título. II. Souza, Ronny Francisco Marques de. III. Marques, SheylaKarolina Justino.

CDD: 690

Andreia Gomes de Azevedo
Bibliotecária – CRB-4/216

SUMÁRIO

Página

1. **DESCRIÇÃO** 4
2. **RELEVÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA** 4
3. **ADERÊNCIA** 4
4. **IMPACTO** 4
5. **APLICABILIDADE** 5
6. **INOVAÇÃO** 5
7. **COMPLEXIBILIDADE** 6
8. **O PRODUTO** 6
9. **REFERÊNCIAS** 27

1. DESCRIÇÃO

A presente invenção, trata-se da produção de blocos intertravados utilizando o Concreto Autoadensável (CAA) com adição de finos cerâmicos, com intuito de não necessitar de equipamentos de adensamento ou prensagem utilizados na fabricação desse produto. Neste contexto, surgiu a ideia de se utilizar o resíduo cerâmico em substituição parcial ao agregado miúdo, visto que esse material finamente moído além de apresentar grande área específica e, assim poder evitar segregação dos insumos do CAA, a incorporação deste resíduo dentro da própria cadeia geradora, retornando como matéria-prima ao processo produtivo, atribui valor e finalidade técnica a esse material.

2. RELEVÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA

Os aspectos de relevância social e econômica podem ser demonstrados, dentre outros aspectos, pela utilização de um passivo ambiental (resíduo cerâmico) como matéria-prima dentro da própria cadeia geradora, atribuindo valor e finalidade técnica a esse material, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, muitas vezes causado pela deposição inadequada desses resíduos. Não menos importante, esse processo produtivo gera economia de energia elétrica na etapa de vibração e prensagem desse material, por não necessitar de equipamentos de adensamento para a produção dos blocos intertravados, como mesa vibratória ou vibroprensa, além de não demandar alto investimento inicial na compra desses maquinários.

3. ADERÊNCIA

Com relação a aderência, o produto está em total concordância com a proposta da linha de pesquisa na qual se insere, uma vez que seu objetivo é testar materiais, inovar na forma de produção e gerar tecnologia, mediante a utilização de um subproduto da construção civil, visando o uso responsável dos recursos naturais.

4. IMPACTO

Avaliando o aspecto motivador da elaboração do produto, é possível compreender sua relevância e aplicabilidade, posto que o mesmo foi elaborado com a finalidade de solucionar uma demanda ambiental em relação aos impactos ambientais acarretados pelos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). O setor da Construção Civil se comporta como grande gerador

de impactos ambientais, tanto pelo consumo de recursos naturais, quanto pela grande geração de resíduos. Os insumos utilizados na Construção Civil, como os agregados, têm se tornado cada vez mais escassos, resultando no encarecimento da produção, devido aos altos custos com os transportes. Por outro lado, esta indústria é grande geradora de resíduos que poderiam ser utilizados no próprio setor, minimizando a exploração dos insumos naturais e a quantidade de entulho, além de se obter considerável economia ao se utilizar agregados reciclados, em virtude desses serem até 40% mais baratos que os naturais (DA SILVA; PIMENTEL, 2019).

5. APLICABILIDADE

O objetivo principal do produto é apresentar uma metodologia para produção de blocos intertravados com concreto autoadensável e com adição de finos de resíduo cerâmico provenientes da Construção Civil, podendo assim ser replicada em locais que tenham a mesma demanda.

Esta pesquisa pode ainda ser utilizada como base para projetos governamentais, privados ou de associações e cooperativas de reciclagem de resíduos da Construção Civil, através da qualificação e suporte para fabricação dos blocos intertravados de CAA com inserção de finos cerâmicos. As empresas de materiais de construção poderiam disponibilizar estes resíduos, que são encaminhados para o aterro da cidade, para associações e empresas que tenham interesse na fabricação do produto, ou até mesmo, poderão participar do processo de produção desses blocos, seja para comercialização ou para utilização como tecnologia social em construções na comunidade, entendendo que esta reutilização ajudará a minimizar os impactos ambientais do descarte inadequado, e até diminuir os custos com a adequado destinação desses resíduos.

6. INOVAÇÃO

A inovação do processo está na utilização do concreto autoandesável com finos de subproduto cerâmico na produção de blocos intertravados. Como diferencial do processo produtivo, tem-se a dispensa de equipamentos de vibração ou prensagem deste produto, visto que foi utilizado o CAA e, que este tem a capacidade de preencher os vazios das formas apenas com o efeito da gravidade (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2015). Por não necessitar de equipamentos de adensamento para a produção dos blocos intertravados, como mesa vibratória ou vibroprensa, esse processo produtivo gera economia de energia elétrica na etapa de vibração

e prensagem desse produto, além de não demandar alto investimento inicial na compra desses maquinários.

7. COMPLEXIBILIDADE

Com relação ao nível de complexidade para elaboração do produto, pode-se considerar a necessidade de conhecimento específico quanto aos blocos para pavimentos intertravados, os RCDs e o CAA. Além disso, foi necessário aplicar normas específicas para ensaios dos blocos intertravados e dos concretos autoadensáveis produzidos.

8. O PRODUTO

A seguir serão apresentados os documentos necessários para reivindicação de patente.

8.1 Formulário de Patente

INFORMAÇÕES SOBRE A PATENTE
1 - Título do Invento*:* Produção de bloco intertravado de concreto autoadensável com adição de finos de resíduo cerâmico provenientes da Construção Civil
2 - Palavras-chave técnicas relacionadas ao presente invento:

PALAVRAS-CHAVES	
PORTUGUÊS	**INGLÊS**
1. RESÍDUO DE CONTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	1. CONSTRUCTION AND DEMOLITION BYPRODUCTS
2. RESÍDUO CERÂMICO	2. CERAMIC BYPRODUCT
3. REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS	3. WASTE REUSE
4. CONCRETO AUTOADENSÁVEL	4. SELF-COMPACTING CONCRETE
5. BLOCO DE PAVIMENTAÇÃO	5. PAVER BLOCK
6. PAVIMENTO INTERTRAVADO	6. INTERLOCKED FLOOR

3- Descreva objetivamente o campo de invenção: Bloco de pavimento intertravado produzido com concreto autoandesável com adição de finos de resíduo cerâmico provenientes da Construção Civil.

4 - Descrição detalhada do invento

Esta pesquisa avaliou a viabilidade técnica dos blocos para pavimento intertravado, produzidos com Concretos Autoadensáveis (CAA) desenvolvidos com a inserção de finos de resíduo cerâmico da Construção Civil. Para caracterização físico-química do objeto de estudo, foram realizados ensaios de Fluorescência de Raios X (FRX), Difração de Raios X (DRX), ação pozolânica e massa específica do resíduo cerâmico e para caracterização física dos agregados, foram efetuados ensaios de granulometria, absorção de água e massa específica. Durante o desenvolvimento dos corpos de prova, o resíduo cerâmico proveniente de revestimento da Construção Civil, foi submetido a processo de trituração utilizando moinhos de bolas e substituiu parcialmente a areia nos seguintes percentuais em massa: 0%, 5%, 10%, 15% e 20%. Posteriormente foram realizados os estudos de dosagens dos concretos utilizando o método de dosagem proposto por Tutikian e Dal Molin em 2007, para cada percentual de substituição do agregado miúdo por resíduo cerâmico, análises qualitativas de todos os concretos autoadensáveis produzidos através dos ensaios *V-funnel* 5min, *Slump Flow* e *L-box*, e, por fim, foram moldados os corpos de provas. Os blocos produzidos foram submetidos a ensaios tecnológicos para mensuração de suas propriedades físicas e mecânicas, como absorção de água, análise dimensional e visual, e resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 91 dias. Foi comprovada a viabilidade técnica da incorporação do subproduto cerâmico da Construção Civil no desenvolvimento de blocos de pavimento intertravado de CAA, em formulações com percentuais de até 15% e de traço 1:3, sem restrições, pois atendeu a todos os parâmetros normativos estudados. Os traços dos concretos autoandensáveis produzidos, podem ser visualizados na Tabela 01:

Tabela 01 – Traços dos CAA para cada família e tratamento

Classe	Tratamento	Traço Unitário (1: brita : areia : cer.)	Cimento (kg)	Brita (kg)	Areia (kg)	Cerâmica (kg)	Água (kg)	Aditivo (%)
01:03	T1	(1 : 1,65 : 1,35 : 0)	13,75	22,69	18,56	0,00	6,19	0,34%
01:03	T2	(1 : 1,65 : 1,28 : 0,07)	15,00	24,75	19,24	1,01	6,75	0,48%
01:03	T3	(1 : 1,65 : 1,22 : 0,14)	14,25	23,51	17,31	1,92	6,41	0,43%
01:03	T4	(1 : 1,65 : 1,15 : 0,20)	14,25	23,51	16,35	2,89	6,41	0,51%
01:03	T5	(1 : 1,65 : 1,08 : 0,27)	14,96	24,69	16,16	4,04	6,73	0,60%
01:04	T1	(1 : 2,20 : 1,80 : 0)	11,00	24,20	19,80	0,00	4,95	0,88%
01:04	T2	(1 : 2,20 : 1,71 : 0,09)	11,00	24,20	18,81	0,99	4,95	0,88%
01:04	T3	(1 : 2,20 : 1,62 : 0,18)	12,10	26,62	19,60	2,18	5,45	0,91%
01:04	T4	(1 : 2,20 : 1,53 : 0,27)	11,00	24,20	16,83	2,97	4,95	0,95%
01:04	T5	(1 : 2,20 : 1,44 : 0,36)	11,00	24,20	15,84	3,96	4,95	1,10%

Fonte: Elaborado pela autora.

5 - Diário de Laboratório:

- Coleta dos resíduos cerâmicos em loja do ramo de materiais de construção, em maceió-AL;

- Trituração do resíduo cerâmico com auxílio do moinho de bolas;

- Homogeneização dos grãos através de peneiramento manual;

- Análises DRX, FRX, massa específica e ação pozolânica do resíduo cerâmico;

- Análises físicas dos agregados, a saber granulometria, massa específica e absorção de água;

- Dosagem dos CAA usando o método de Tutukian e Dal Molin, 2007;

- Determinação da melhor proporção dos agregados a serem utilizados nos concretos;

- Produção de blocos de pavimento utilizando concreto convencional e traços 1:2; 1:3 e 1:4;

- Escolhas das famílias de concreto a serem utilizadas para produção dos CAA;

- Determinação da relação de água/cimento dos CAA;

- Preparação dos CAA com substituição parcial da areia por resíduo cerâmico beneficiado e traços 1:3 e 1:4;

- Ensaios para controle de trabalhabilidade nos CAA produzidos: *Slump flow*, *L-Box* e *V-Funnel* 5 min;

- Determinação do percentual de aditivo superplastificante dos CAA;

- Confecção dos corpos de prova;

- Inspeção visual e análise dimensional dos blocos;

- Ensaio de resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 91 dias;

- Ensaio de absorção de água.

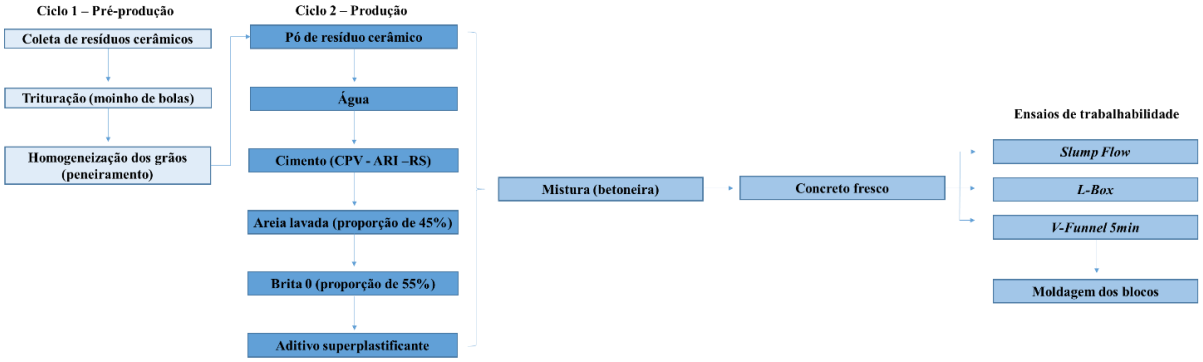
6 - Detalhe a inovação do presente invento: *(exemplo: através de desenho e/ou fluxograma)*

Como pode ser observada na Figura 1, a inovação do presente invento está relacionada ao processo produção dos blocos de pavimento intertravado.

Os blocos para pavimento intertravado, que são produtos empregados em larga escala na Construção Civil e possuem diversas vantagens quando comparados a outros pavimentos. Todavia, utilizam em sua produção o concreto tradicional e, portanto, necessitam de energia

externa para o seu adensamento, seja através de mesas vibratórias ou pela utilização de vibroprensas (FERNANDES, 2019). Logo, este trabalho se propõe utilizar CAA na produção dos blocos, uma vez que este tipo especial de concreto dispensa qualquer forma de adensamento, além de que necessita de maior quantidade de finos na sua composição para alcançar a trabalhabilidade adequada sem acarretar na segregação dos seus componentes, incorporando assim, resíduos como matéria prima.

Figura 1 – Fluxograma de produção dos blocos



Fonte: Elaborado pela autora.

7 - Problemas que o invento resolve:

Por não necessitar de equipamentos de adensamento para a produção dos blocos intertravados, como mesa vibratória ou vibroprensa, esse processo produtivo gera economia de energia elétrica na etapa de vibração e prensagem desse material, além de não demandar alto investimento inicial na compra desses maquinários. Não menos importante, a incorporação do resíduo, dentro da própria cadeia geradora, retornando como matéria-prima ao processo produtivo, atribui valor e finalidade técnica a esse material, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, muitas vezes causado pela deposição inadequada desses materiais.

8 - V*antagens do invento*

- Reutilização de um resíduo gerado pela Construção Civil;

- Redução da quantidade de areia natural utilizada nos concretos autoadensáveis;

- Novo processo produtivo dos blocos intertravados que não necessita de equipamentos de adensamento;

- Formulações com traço 1:3 e percentuais de substituição de até 15%, podem ser empregados sem restrições, pois atenderam a todos os parâmetros normativos estudados; - Aumento das resistências à compressão aos 91 dias em relação ao bloco de referência, para traço 1:3 e formulações de 10% e 15% de substituição.
9 - Desvantagens e/ou limitações do invento (se houver) - Redução da resistência à compressão aos 28 dias; - Necessidade da utilização de aditivo superplastificante; - Aumento da absorção de água pelos concretos com o acréscimo dos teores de substituição; - Resistência característica à compressão abaixo da normatizada para os concretos com 20% de substituição e traço 1:3; - Resistência característica à compressão abaixo da normatizada para os concretos com traço 1:4 com substituição.
10 - Uso presente e futuro do invento: - Bloco para pavimento intertravado para o tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha; - É importante destacar também que, os CAA produzidos obtiveram resistência à compressão aos 28 dias de idades consideradas adequadas para a sua utilização em elementos estruturais, tendo outras possibilidades de uso a serem exploradas com a utilização de subprodutos cerâmicos, como para fabricação de vigas, pilares, lajes, fundações, elementos pré-moldados, entre outros.
11 - Assinale, qual o estágio de desenvolvimento de seu invento com relação a comercialização?

Nível de Tecnologia		
BÁSICA		TRL1 : Pesquisa básica - princípios básicos ou testes preliminares de ideias
		TRL2: Pesquisa básica - conceitos de tecnologia ou aplicação formulado
		TRL3: P&D iniciada - estudos analíticos e laboratoriais para validação da tecnologia
INTERMEDIÁRIA	X	TRL4: Validação de componentes ou ensaio em ambiente de laboratório
		TRL5: Validação de componentes ou ensaio em ambiente relevante (simulado)
		TRL6: Modelo representativo do protótipo ou sistema é testado em um ambiente relevante (simulado)
AVANÇADA		TRL7: Demonstração de protótipo ou sistema em ambiente operacional (real)
		TRL8: A tecnologia foi comprovada para o trabalho em sua forma final e sob condiçoes esperadas
		TRL9: Aplicação real da tecnologia em sua forma final - pronta para comercialização

12 - Tipo da invenção

(X) Processo

( ) Produto

( ) Método

( ) Outro Qual?: _____

BUSCA BIBLIOGRÁFICA

N°	Pergunta	Sim	Não
1	Conhece outro invento com características similares?		X
2	Você possui outra patente depositada/concedida de um invento similar?		X

BUSCA PATENTÁRIA

Foi feita alguma busca de patentes? Em caso positivo, informe as patentes similares encontradas, e o diferencial do seu invento em relação às patentes e anexos.

Não.

EXPERIÊNCIA COM REGISTRO DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL

Nº.	Pergunta	Sim	Não
1	A presente invenção já foi revelada em algum evento científico ou tecnológico?		X
2	Esteve pessoalmente envolvido em outro processo de patente?		X

3	Há alguma proteção de propriedade intelectual aplicada a esta invenção?		X

Obs.: Se a resposta para a pergunta nº 1 for afirmativa, anexe cópia do trabalho (Exemplo: Apresentação em conferências, publicações científicas em revistas, comunicações informais, normas). Se a resposta para a pergunta nº 2 ou 3 for afirmativa, anexe o documento de concessão/depósito

APLICAÇÃO INDUSTRIAL

Nº.	Pergunta	Sim	Não
1	O presente invento já foi revelado ao setor produtivo?		X
2	Foi demonstrado interesse comercial?		X

Obs.: Se a resposta para a pergunta nº 1 for afirmativa, informe quando, onde, e que tipo de invento; Se a resposta para a pergunta nº 2 for afirmativa, informe nome, contato e telefone da empresa.

FINANCIAMENTO DA PESQUISA

13 - O projeto foi financiado? ( ) sim (X) não

14 - Assinale o agente financiador do invento?

( ) CNPq ( ) CAPES ( )FINEP ( ) FAPEAL ( ) Empresa Qual? _____

15 - Número do contrato *(anexar cópia ou edital):*

16 - Contato no órgão:

17 - O órgão financiador foi informado do invento?

18 - Contrato via Fundação de Apoio ( ) sim ( ) não

19 - Teve suporte interno (Fomento Institucional para o desenvolvimento seja através de programa institucional ou do campus).

20 - Foi assinado um *Termo de Confidencialidade?* ( ) sim ( ) não

TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

21 - Especifique áreas de aplicação que possam utilizar esta tecnologia.

Este estudo demonstrou a viabilidade técnica da incorporação do subproduto cerâmico da Construção Civil no desenvolvimento de blocos de pavimento intertravado de CAA, em formulações com percentuais de até 15% e de traço 1:3, sem restrições, pois atendeu a todos os parâmetros normativos estudados. O aproveitamento dos agregados reciclados de cerâmica na confecção de peças para pavimento intertravado é alternativa para o reuso dos subprodutos gerados no setor da Construção Civil, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, muitas vezes causado pela deposição inadequada desses materiais.

É importante destacar também que, os CAA produzidos obtiveram resistência à compressão aos 28 dias de idades consideradas adequadas para a sua utilização em elementos estruturais, tendo outras possibilidades de uso a serem exploradas com a utilização de subprodutos cerâmicos, como para fabricação de vigas, pilares, lajes, fundações, elementos pré-moldados, entre outros.

22 - Dê sua opinião sobre a potencialidade de comercialização, incluindo sugestões a longo prazo

Esta pesquisa pode ainda ser utilizada como base para projetos governamentais, privados ou de associações e cooperativas de reciclagem de resíduos da Construção Civil, através da qualificação e suporte para fabricação dos blocos intertravados de CAA com inserção de finos cerâmicos. As empresas de materiais de construção poderiam disponibilizar estes resíduos, que são encaminhados para o aterro da cidade, para associações e empresas que tenham interesse na fabricação do produto, ou até mesmo, poderão participar do processo de produção desses blocos, seja para comercialização ou para utilização como tecnologia social em construções na comunidade, entendendo que esta reutilização ajudará a minimizar os impactos ambientais do descarte inadequado, e até diminuir os custos com a adequado destinação desses resíduos.

Declaro (amos) que todas as informações acima descritas são verdadeiras e concordo (amos) que, em caso de ser efetivado o depósito do pedido de patente, assumo(imos) o compromisso de não divulgar os resultados obtidos, sem a prévia anuência do NIT/IFAL.

Maceió, 01/09/2021

(Assinatura de todos os inventores com carimbo de identificação)

8.2 Relatório descritivo de patente

Relatório descritivo da patente de invenção para **"PRODUÇÃO DE BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FINOS DE RESÍDUO CERÂMICO PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL"**.

Campo da invenção

1. A presente invenção refere-se à produção de blocos para pavimento intertravado, utilizando o concreto autoadensável com adição de finos cerâmicos da construção civil, com intuito de não necessitar de equipamentos de adensamento utilizados na fabricação desse produto.
2. O uso de adições minerais provenientes de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) como componente do concreto, principalmente nos concretos autoadensáveis, tem crescido em vários países. Seu uso está relacionado a concretos com melhores desempenhos das propriedades no estado endurecido, além de serem ecologicamente corretos, visto que utilizam os RCDs que seriam dispostos no meio ambiente (BARROS, 2008).
3. O Concreto Autoadensável (CAA) possui a propriedade de preencher formas de estruturas de concreto armado, passando pelas armaduras sem ocorrência de bloqueios, utilizando para isto somente seu peso próprio, dispensando qualquer método de adensamento. Para tal, é necessário que este concreto tenha maior quantidade de finos na sua composição, para alcançar a trabalhabilidade adequada sem acarretar na segregação dos seus componentes (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2015).

4. Neste contexto, surgiu a ideia de se utilizar o resíduo cerâmico em substituição parcial ao agregado miúdo, uma vez que esse material finamente moído, além de apresentar grande área específica, segundo Castro *et al.* (2017) apresenta atividade pozolânica.
5. O concreto tradicional é utilizado para produção dos blocos para pavimento intertravado, que são produtos empregados em larga escala na Construção Civil e possuem diversas vantagens quando comparados a outros pavimentos. Todavia, ao se utilizar em sua produção o concreto convencional, esses materiais necessitam de energia externa para o seu adensamento, seja através de mesas vibratórias ou pela utilização de vibroprensas (FERNANDES, 2019).
6. Por todo o exposto, esta pesquisa propôs-se a produzir blocos para pavimentos intertravados, utilizando concreto autoadensável com adição de resíduo cerâmico proveniente da Construção Civil. A inovação no processo produtivo desses pré-moldados foi viabilizada, em virtude da não utilização de equipamento de adensamento.

Problemas a serem resolvidos

7. O setor da Construção Civil se comporta como grande gerador de impactos ambientais, tanto pelo consumo de recursos naturais, quanto pela modificação da paisagem e da grande geração de resíduos (KARPINSKI *et al*., 2009).
8. Oliveira *et al*. (2020) afirmam que os principais impactos ambientais relacionados aos resíduos de construção e demolição são aqueles associados às deposições irregulares, acarretando no conjunto de efeitos deteriorantes do ambiente local, que influenciam de forma negativa na qualidade de vida da população, comprometendo a paisagem, o solo e as águas superficiais e subterrâneas.
9. Os insumos utilizados na Construção Civil, como os agregados, têm se tornado cada vez mais escassos, resultando no encarecimento da produção, devido aos altos custos com os transportes. Por outro lado, esta indústria é grande geradora de resíduos que poderiam ser utilizados no próprio setor, minimizando a exploração dos insumos naturais e a quantidade de entulho, além de se obter considerável economia ao se utilizar agregados reciclados, uma vez que esses são até 40% mais baratos que os naturais (DA SILVA; PIMENTEL, 2019).
10. Apesar da grande geração de RCD no Brasil, pequena parte deste resíduo vem sendo reutilizado ou reciclado, a exemplo, tem sido empregado como base e sub-base para

pavimentação e como concretos sem função estrutural, aplicações que são normatizadas pela NBR 15116:2004 (ABNT, 2004).

11. Para produção dos blocos para pavimentos da forma convencional, é necessário a utilização de equipamentos para o seu adensamento.

Fundamentos da Invenção (Estado da técnica)

12. O foco na utilização dos RCDs, que está relacionado com a problemática pela qual passam muitas cidades brasileiras em relação à falta de locais adequados para a disposição dos resíduos gerados. Como o setor da Construção Civil é o que mais gera resíduos, as aplicações possíveis destes em materiais que seriam reinseridos no próprio setor são interessantes, no que diz respeito a minimizar o consumo de materiais naturais e estimular o desenvolvimento de novas tecnologias.
13. Têm sido desenvolvidas pesquisa no âmbito nacional visando à reciclagem de resíduos de construção e demolição. Estas versam sobre aplicações em concretos e argamassa, sendo os resíduos de diferentes tipos e originários de diferentes fases de uma edificação, apresentando resultados positivos.
14. O estudo sobre os concretos e seus tipos especiais tem passado por grandes avanços nos últimos anos, sendo o concreto autoadensável parte destas tecnologias. Esse é caracterizado pela redução de impactos ambientais por diminuir o consumo de energia elétrica e minimizar o impacto sonoro, por não necessitar de equipamentos de adensamento, e não menos importante, por incorporar resíduo como finos em sua composição.
15. Seria interessante produzir blocos para pavimento intertravado sem a necessidade de equipamentos específicos para sua vibração, dessa maneira, gerando economia de energia elétrica no seu adensamento, e sem a necessidade de alto investimento inicial na compra desses maquinários;
16. O concreto autoadensável é conhecido pelo seu alto potencial de incorporação de resíduos; uma vez que é inerente no seu processo produtivo a necessidade de maior quantidade de finos na sua composição, para assim, alcançar a trabalhabilidade adequada sem acarretar na segregação de seus insumos.
17. O CAA com incorporação de RCD já foi avaliada por diversos trabalhos científicos, como em algumas dissertações e teses, porém, nenhum deles resultou no seu uso como incorporação em bloco para pavimento intertravado:

- BERNARDO, K. S. M.: “Concreto autoadensável com agregado miúdo reciclado de concreto”;
- FIGUEIREDO, M. C.: “Avaliação do uso de fíler de resíduo de construção e demolição na produção de concreto autoadensável”;
- SANTOS, I. L.: “Uso de finos de resíduos de construção e demolição em concreto autoadensável”;
- SANTOS, R. F. C.; CASTRO, A. L.; GONÇALVES, K. M.: “Produção de concreto autoadensável incorporado com resíduo da indústria de cerâmica vermelha”.

18. Não foram encontradas anterioridades para invenção intitulada: “Produção de bloco intertravado de concreto autoadensável com adição de finos de resíduo cerâmico provenientes da Construção Civil”, destacando-se como principais características a utilização do resíduo cerâmico como matéria prima, em substituição a areia, e a utilização do CAA na fabricação dos blocos, sendo dispensada a necessidade de equipamentos adensadores no processo produtivo.

Breve descrição da invenção

19. Os blocos intertravados de concreto autoadensável com adição de finos de resíduo cerâmico apresentados para esta patente foram analisados tecnicamente de acordo com todos os parâmetros normativos da NBR 9781:2013 (ABNT, 2013). Todos os blocos produzidos foram submetidos aos ensaios de absorção de água, resistência mecânica à compressão, análise visual e dimensional.
20. Trata-se de blocos para pavimento intertravado para o tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, produzidos com CAA e inserção de finos de resíduo cerâmico que substituem parcialmente a areia.
21. Como diferencial do processo produtivo, tem-se a dispensa de equipamentos de vibração ou prensagem deste produto, visto que foi utilizado o concreto autoadensável e, que este tem a capacidade de preencher os vazios das formas apenas com o efeito da gravidade (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2015).
22. A utilização do resíduo cerâmico como fíler é uma alternativa interessante para o CAA, uma vez que este tipo de concreto exige elevado teor de finos e, a inserção deste insumo na mistura pode trazer benefícios tanto no estado fresco, como no estado endurecido. No estado fresco pode-se citar a possibilidade de alcançar alta fluidez sem a segregação

de seus componentes e, no estado endurecido, proporcionar maior empacotamento da mistura, originado pela menor quantidade de poros, e assim, tornando a microestrutura do concreto mais densa (KANELLOPOULOS; PETROU; IOANNOU, 2012).

Breve descrição das figuras e tabelas

23. A Figura 1 apresenta as peças coletadas de revestimentos cerâmicos que foram utilizadas neste estudo.
24. A Figura 2 demonstra o processo de beneficiamento do resíduo cerâmico: Figura 2a mostra o moinho de bolas utilizado na trituração; Figura 2b o peneiramento manual do resíduo cerâmico, visando a homogeneidade do material; Figura 2c o aspecto final do material beneficiado.
25. Na Figura 3 é possível observar fluxograma do método de dosagem dos concretos autoadensáveis produzidos.
26. O fluxograma do processo de pré-produção do bloco pode ser visualizado na Figura 4, podendo ser observadas as etapas de coleta, de trituração e de peneiramento do resíduo cerâmico.
27. O fluxograma do processo de produção do bloco pode ser visto na Figura 5. As etapas são: a mistura mecânica dos insumos do CAA, ensaios de trabalhabilidade no estado fresco e, por enfim, a realização da moldagem e cura dos corpos de prova.
28. A Figura 6 apresenta os blocos para pavimento intertravado produzidos.
29. Na Tabela 1 é possível observar os traços finais (unitário e em relação a quantidade de insumo utilizada) de cada família e tratamento, alcançados após os experimentos.

Descrição detalhada da invenção

A presente invenção utilizou, o resíduo de cerâmica provenientes de revestimentos que possuíam avaria em sua estrutura. Os subprodutos cerâmicos foram coletados na cidade de Maceió-AL, em loja do ramo de materiais de construção.

30. Para a utilização do subproduto cerâmico como material fino na produção dos concretos autoadensáveis, foi necessário processo de moagem. Esse procedimento foi realizado com o auxílio do moinho de bolas.
31. Foi preciso realizar, posteriormente, o peneiramento manual do subproduto cerâmico para padronização da granulometria, em que se adotou o subproduto passante na peneira

de abertura de malha de 1,18 mm, com a finalidade de substituição parcial da areia na confecção dos corpos de prova.

32. O tipo de cimento utilizado para o desenvolvimento deste estudo foi o CP V ARI - RS da marca Mizu. De acordo com Fernandes (2019), esse é o tipo de cimento mais utilizado em fábricas que produzem blocos para pavimento intertravado, além de possuir propriedades satisfatórias para confecção de peças em pré-moldados de concreto.
33. Foram utilizados para a produção dos concretos autoadensáveis a brita 0, com diâmetro máximo de 12,5 mm. A brita possuía massa específica de 2,67 g/cm³ e absorção de água de 0,58%.
34. O agregado miúdo natural utilizado foi a areia lavada com diâmetro máximo de 1,2 mm e módulo de finura média de 1,66 mm, disponível para compra na região do Vale do São Francisco, na cidade de Juazeiro-BA. A areia possuía massa específica de 2,42g/cm³ e absorção de água de 0,22%.
35. Para a composição dos traços de concreto, foi utilizada água potável proveniente da rede de abastecimento público da concessionária EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento), no município de Juazeiro-BA.
36. Com o intuito de alcançar a alta fluidez necessária na mistura do CAA, sem modificar a relação de água/cimento, foi aplicado aditivo superplastificante à base de carboxilatos. O aditivo utilizado foi o MGlenium 51 da Basf.
37. Para esta pesquisa, o subproduto da cerâmica triturada, proveniente da cadeia da Construção Civil, substituiu, parcialmente, a areia nos concretos autoadensáveis, com percentuais em massa entre 0% e 20%, aumentando em 5% o percentual de substituição, para cada traço do CAA. Logo, foram confeccionados 5 tratamentos diferentes, para cada família de concreto.
38. Neste trabalho, foi utilizado para dosagem dos concretos o método de Tutikian e Dal Molin de 2007, por ser criado, especificamente, para concretos autoadensáveis. O estudo de dosagem, por este método, iniciou-se com a escolha dos materiais, que são os mesmos utilizados no concreto convencional, acrescido do aditivo superplastificante e, nesta pesquisa, do subproduto cerâmico.
39. O segundo passo foi determinar o esqueleto granular, com o objetivo de determinar a melhor proporção entre dois materiais, atentando para menor quantidade de vazios entre eles (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2015). De acordo com os autores, a mistura ideal, ou seja, com o menor índice de espaços entre o esqueleto granular, é alcançada encontrando

as proporções dos materiais que possuam a maior massa unitária compactada e o menor volume de vazios na mistura. Assim, foi possível constatar que o teor ideal da mistura, utilizando os agregados da presente pesquisa é de 55% de agregado graúdo e 45% de agregado miúdo, que foi a proporção adotada na produção de todos os concretos.

40. Dando continuidade, o CCA é obtido a partir do concreto convencional, ajustando seus componentes, até que este se torne autoadensável. Visto que os blocos de concreto para piso intertravado necessitam ter resistência característica à compressão mínima aos 28 dias de idade, decidiu-se estudar 3 traços diferentes de concretos convencionais e analisar quais deles mais se aproximariam da resistência requerida. Os traços produzidos foram: 1:2, 1:3 e 1:4.
41. Da análise dos resultados a resistência à compressão simples aos 28 dias de idade dos concretos convencionais (item 4.2.1 do Cap. 4), decidiu-se produzir blocos para pavimento intertravado com CCA com os traços 1:3 e 1:4.
42. A relação de água/cimento (a/c) foi fixada na produção dos concretos autoadensáveis. Para isto, utilizou-se a curva de Abrams, visando obter concretos com resistência à compressão aos 28 dias normatizada para o bloco de pavimento intertravado. Logo, os parâmetros de entrada foram a classe do cimento (CPV ARI 40 MPa) e a resistência à compressão pretendida aos 28 dias (40 MPa), com margem de segurança. Para a resistência visada e classe de cimento utilizada, a relação de a/c é 0,49, arredondou-se este valor para 0,45, com intuito de se alcançar resistência característica à compressão para os blocos produzidos, maior ou igual a normatizada pela NBR 9781:2013 (ABNT, 2013).
43. De posse dos traços das famílias 1:3 e 1:4, considerando a relação de agregados de 55% de agregado graúdo e 45% de agregado miúdo e, a relação de a/c definida em 0,45, buscou-se determinar o percentual de superplastificante a ser utilizado para cada classe e tratamento. Esta busca experimental foi realizada, observando a trabalhabilidade dos CCA produzidos, sendo esta medida através de ensaios a saber: a fluidez, habilidade passante e coesão, através dos ensaios *Slump flow*, *L-Box* e *V Funnel* 5 min, usando como parâmetro a NBR 15823:2017 (ABNT, 2017).
44. Após a qualificação dos concretos produzidos como autoadensável, procedeu-se com a fabricação dos blocos para pavimento intertravado, com vistas a avaliar, além das propriedades mecânicas, os aspectos visuais sobre o acabamento dos protótipos e as dimensões.

45. Foram produzidos corpos de provas utilizando formas germinadas de bloco para pavimento intertravado em formato retangular, com dimensões de 20 cm x 10 cm x 6 cm. Passadas 24 horas da moldagem dos corpos de provas, esses foram desmoldados e levados para o tanque de cura, onde permaneceram submersos em água até a realização dos ensaios físicos.

Vantagens e benefícios

46. Este estudo demonstrou a viabilidade técnica da incorporação do subproduto cerâmico da Construção Civil no desenvolvimento de blocos de pavimento intertravado de CAA, em formulações com percentuais de até 15% e de traço 1:3, sem restrições, pois atendeu a todos os parâmetros normativos estudados. O aproveitamento dos agregados reciclados de cerâmica na confecção de peças para pavimento intertravado é alternativa para o reuso dos subprodutos gerados no setor da Construção Civil, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, muitas vezes causado pela deposição inadequada desses materiais.
47. É importante destacar também que, os CAA produzidos obtiveram resistência à compressão aos 28 dias de idades consideradas adequadas para a sua utilização em elementos estruturais, tendo outras possibilidades de uso a serem exploradas com a utilização de subprodutos cerâmicos, como para fabricação de vigas, pilares, lajes, fundações, elementos pré-moldados, entre outros.
48. Por não necessitar de equipamentos de adensamento para a produção dos blocos intertravados, como mesa vibratória ou vibroprensa, esse processo produtivo gera economia de energia elétrica na etapa de vibração e prensagem desse produto, além de não demandar alto investimento inicial na compra desses maquinários. Não menos importante, a incorporação do resíduo, dentro da própria cadeia geradora, retornando como matéria-prima ao processo produtivo, atribui valor e finalidade técnica a esse material, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, muitas vezes causado pela deposição inadequada desses materiais.

Reivindicações da patente

1) "**PRODUÇÃO DE BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FINOS DE RESÍDUO CERÂMICO PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL".** Caracterizado pelo processo de produção de blocos para piso intertravado para o tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, com teores de 0% a 15% de resíduo cerâmico em substituição a areia e traço do CAA de 1:3, sem restrições, pois atendeu a todos os parâmetros normativos da NBR 9781:2017 (ABNT, 2017). Foi utilizado o método de dosagem de Tutikian e Dal Molin, 2007, para produção dos concretos autoadensáveis.
2) A presente invenção, trata-se da produção de blocos intertravados utilizando o concreto autoadensável com adição de finos cerâmicos, com intuito de não necessitar de equipamentos de adensamento ou prensagem utilizados na fabricação desse produto. Neste contexto, surgiu a ideia de se utilizar o resíduo cerâmico em substituição parcial ao agregado miúdo, uma vez que esse material finamente moído, além de apresentar grande área específica e, assim poder evitar segregação dos insumos do CAA, a incorporação deste resíduo dentro da própria cadeia geradora, retornando como matéria-prima ao processo produtivo, atribui valor e finalidade técnica a esse material.

Figuras e Tabelas

Figura 1 - Subprodutos cerâmicos coletados

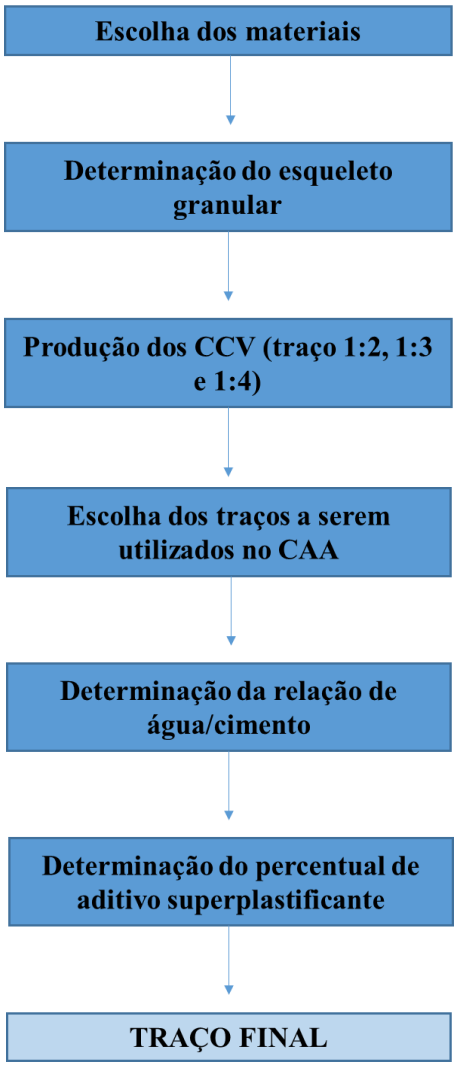
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2 - Processamento do subproduto cerâmico. (a) Moinho de bolas utilizado. (b) Peneiramento manual do subproduto cerâmico. (c) Aspecto final do subproduto cerâmico beneficiado.

(a) **(b)** **(c)**

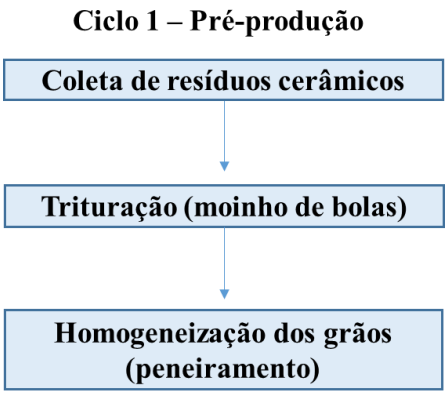
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3 - Fluxograma da dosagem do CCA produzido



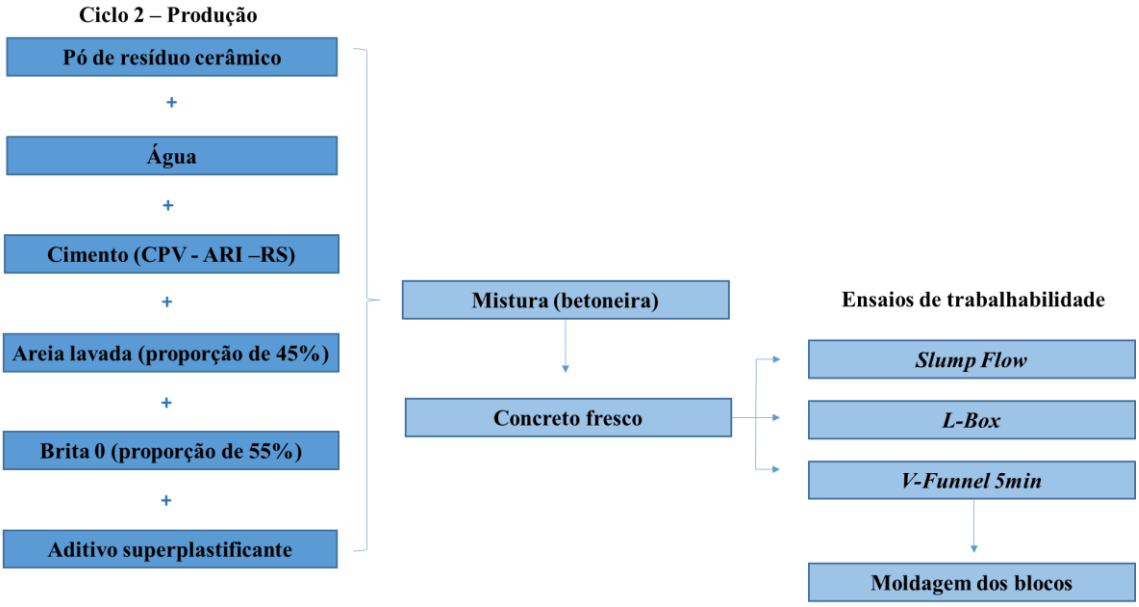
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 - Fluxograma de pré-produção dos blocos



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo dos blocos



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6 - Blocos de CAA com resíduo cerâmico produzidos

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 1 - Traços finais dos CAA para cada família e tratamento

Classe	Tratamento	Traço Unitário (1: brita : areia : cer.)	Cimento (kg)	Brita (kg)	Areia (kg)	Cerâmica (kg)	Água (kg)	Aditivo (%)
01:03	T1	(1 : 1,65 : 1,35 : 0)	13,75	22,69	18,56	0,00	6,19	0,34%
01:03	T2	(1 : 1,65 : 1,28 : 0,07)	15,00	24,75	19,24	1,01	6,75	0,48%
01:03	T3	(1 : 1,65 : 1,22 : 0,14)	14,25	23,51	17,31	1,92	6,41	0,43%
01:03	T4	(1 : 1,65 : 1,15 : 0,20)	14,25	23,51	16,35	2,89	6,41	0,51%
01:03	T5	(1 : 1,65 : 1,08 : 0,27)	14,96	24,69	16,16	4,04	6,73	0,60%
01:04	T1	(1 : 2,20 : 1,80 : 0)	11,00	24,20	19,80	0,00	4,95	0,88%
01:04	T2	(1 : 2,20 : 1,71 : 0,09)	11,00	24,20	18,81	0,99	4,95	0,88%
01:04	T3	(1 : 2,20 : 1,62 : 0,18)	12,10	26,62	19,60	2,18	5,45	0,91%
01:04	T4	(1 : 2,20 : 1,53 : 0,27)	11,00	24,20	16,83	2,97	4,95	0,95%
01:04	T5	(1 : 2,20 : 1,44 : 0,36)	11,00	24,20	15,84	3,96	4,95	1,10%

Fonte: Elaborado pela autora.

Resumo

Patente de invenção para **“PRODUÇÃO DE BLOCO INTERTRAVADO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FINOS DE RESÍDUO CERÂMICO PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL”**. A presente invenção, trata-se da produção de blocos intertravados utilizando o concreto autoadensável com adição de finos cerâmicos, com intuito de não necessitar de equipamentos de adensamento utilizados na fabricação desse produto. O concreto tradicional é utilizado para produção dos blocos para pavimento intertravado, e, ao se utilizar este tipo de concreto, esses materiais necessitam de energia externa para o seu adensamento, seja através de mesas vibratórias ou pela utilização de vibroprensas (FERNANDES, 2019). Ao se utilizar o Concreto Autoadensável (CAA) na sua produção, que possui a propriedade de preencher formas sem ocorrência de bloqueios, utilizando para isto somente seu peso próprio, dispensa-se qualquer método de adensamento. Para tal, é necessário que este concreto tenha maior quantidade de finos na sua composição, para alcançar a trabalhabilidade adequada sem acarretar na segregação dos seus componentes (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2015). Neste contexto, surgiu a ideia de se utilizar o resíduo cerâmico em substituição parcial ao agregado miúdo, uma vez que esse material finamente moído, além de apresentar grande área específica, a incorporação deste resíduo dentro da própria cadeia geradora, retornando como matéria-prima ao processo produtivo, atribui valor e finalidade técnica a esse material. A partir deste estudo, foi demonstrada a viabilidade técnica da incorporação do resíduo cerâmico da Construção Civil, para produção dos blocos com CAA, em formulações com percentuais até 15% e de traço 1:3, sem restrições, pois atendeu a todos os parâmetros normativos da NBR 9781:2017 (ABNT, 2017). O uso dos agregados reciclados de cerâmica na confecção de peças para pavimento intertravado representa alternativa para o

aproveitamento dos resíduos gerados no setor da Construção Civil, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental, causado pela disposição inadequada desses materiais.

9. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio**, Rio de Janeiro, 2013.

_____.**NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos**, Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15823-1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco**, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15823-2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams**, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15823-4: Determinação da habilidade passante - Método da caixa L**, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15823-5: Determinação da viscosidade - Método do funil V**, Rio de Janeiro, 2017.

BARROS, P. G. S. **Avaliação das propriedades de durabilidade do Concreto Auto-adensável com resíduo de corte de mármore e granito**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, 2008.

BERNARDO, K. S. M. **Concreto autoadensável com agregado miúdo reciclado de concreto**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Tucuruí – PA, 129 f. 2019.

CASTRO, A. L.; GONÇALVES, K. M.; QUARCIONI; V. A. Caracterização de cimentos compostos com resíduo de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, 63, 2017, p 65-76.

DA SILVA, A. M. G; PIMENTEL, M. S. Logística reversa na construção civil: um estudo de caso sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil e sua reintegração na cadeia de valor. **Revista Fatec Zona Sul**. Vol 6, Núm 2, Ed. 21. Nov. 2019.

FERNANDES, I. **Blocos e Paver**s – Produção e Controle de Qualidade. 8 ed. Ribeirão Preto, Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda., 2019. 200p.

FIGUEIREDO, M. C. **Avaliação do uso de fíler de resíduo de construção e demolição na produção de concreto autoadensável**. 2019, 163f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2019.

KANELLOPOULOS, A; PETROU, M. F.; IOANNOU, I. Durability performance of self-compacting concrete. **Construction And Building Materials**, v. 37, p.320-325, dez. 2012. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.049.

KARPINSKI, L. A. *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil,** Uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163p.

OLIVEIRA, L. J. C. *et al.* Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.5, p.24447-24462 mai. 2020. ISSN 2525-8761.

SANTOS, I. L. **Uso de finos de resíduos de construção e demolição em concreto autoadensável**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construção e Infraestrutura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SANTOS, R. F. C.; CASTRO, A. L.; GONÇALVES, K. M. Produção de concreto autoadensável incorporado com resíduo da indústria de cerâmica vermelha. **Revista Matéria**, v.23, n.3, 2018.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. C. **Concreto Autoadensável**. 2ª Edição. São Paulo: PINI, 2015.