

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ANDRÉ LUIS LOWE

**DOSAGEM E FABRICAÇÃO DE CONCRETO COM RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO
CIVIL PARA PRODUÇÃO DE PAVER DORMIDO**

CASCATEL – PR

2019

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ANDRÉ LUIS LOWE

**DOSAGEM E FABRICAÇÃO DE CONCRETO COM RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO
CIVIL PARA PRODUÇÃO DE PAVER DORMIDO**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professora Orientadora: Mestre, Engenheira Civil
Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres**

CASCADEL – PR

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que iluminou meu caminho durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Vilson Lowe e Cleomar Maffini Lowe, bem como minhas irmãs Jaqueline (em memória) e Katiane Lowe, pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis e, também, por compreenderem os meus momentos de ausência. A minha esposa Paula Cassiana Frohlich, por ser minha companheira há tantos anos e por ter acreditado em mim desde o princípio.

Aos meus familiares de modo geral, pela motivação.

A minha Orientadora Professora Mestre, Engenheira Civil Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres, pela orientação no desenvolvimento desta pesquisa.

À Faculdade Assis Gurgacz, por ter permitido o uso dos Laboratórios.

E a todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para o bom andamento deste trabalho.

RESUMO

Os pavers são blocos pré-moldados de concreto maciço que permitem a construção de pavimentos de pequenas, médias e grandes cargas. Além disso, apresentam boas características ecológicas como a permeabilização de água. A indústria de engenharia civil possui papel importante no que se refere ao impacto ambiental em decorrência da geração de resíduos obtidos de construção e demolição. Com o intuito de minimizar tal agressão ao meio ambiente, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de pavers utilizando em sua composição agregados reciclados oriundos dos resíduos de construção civil. Para tanto, elaborou-se um traço padrão que serviu de base para realização de diversas dosagens com diferentes porcentagens de substituição de agregados naturais por reciclados. Os traços utilizados foram 100% de agregado convencional (T01); 50% do pó de pedra natural pelo pó reaproveitado (T02); 50% do pedrisco natural por pedrisco reaproveitado (T03) e 100% dos agregados naturais por agregados reciclados (T04). O estudo mostrou que, na dosagem de 100% de material reciclado, a resistência do concreto reduziu 24,4% com a adição dos resíduos de construção e, com relação ao ensaio de absorção de água, pode-se observar um acréscimo de 27% quando comparado com a dosagem em que se utilizou 100% dos agregados naturais. Os valores encontrados quanto à resistência e absorção de água em ambas as dosagens com agregados reciclados não atenderam às exigências da norma regulamentadora NBR 9781 (ABNT, 2013).

Palavras chaves: agregados reciclados, agregados naturais, pavers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Via Ápia construída pelos Romanos.....	10
Figura 2 –Assentamento manual de pavimento intertravado.....	11
Figura 3 –Assentamento manual com auxílio de máquina.....	11
Figura 4 –Produção de paver pelo método de vibroprensa.....	14
Figura 5 – Produção de paver pelo método de peças viradas.....	15
Figura 6 – Processo de produção de paver dormido.....	15
Figura 7 – Curva granulométrica de agregado proveniente do processo de reciclagem.....	18
Figura 8 – Porcentagem de contaminantes encontrados nos resíduos de construção civil.....	19
Figura 9 – Agitador de peneiras.....	21
Figura 10 – Modelo de pavers utilizado com dimensões 10x20x6 cm.....	22
Figura 11 – Equipamento utilizado para moldagem dos pavers.....	23
Figura 12 – Processo de capeamento do paver.....	25
Figura 13 – Prensa hidráulica.....	25
Figura 14 – Ferramenta produzida para auxílio nos ensaios na prensa hidráulica	26
Figura 15 – Curva granulométrica da areia natural.....	27
Figura 16 – Curva granulométrica do pó de pedra.....	28
Figura 17 – Curva granulométrica pedrisco natural.....	29
Figura 18 – Curva granulométrica resíduo de construção civil coletado na peneira 9,5 mm.....	30
Figura 19 –Curva granulométrica resíduo de construção civil coletado na peneira 25mm.....	31
Figura 20 – Relações entre as curvas granulométricas.....	32
Figura 21 – Ilustração gráfica das tensões.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições experimentais para moldagem dos corpos de prova.....	24
Tabela 2 – Ensaio granulométrico da areia natural.....	27
Tabela 3 – Granulometria pó de pedra natural.....	28
Tabela 4 – Granulometria pedrisco natural.....	29
Tabela 5 – Granulometria resíduo de construção civil coletado na peneira 9,5 mm.....	30
Tabela 6 – Granulometria resíduo de construção civil coletado na peneira 25 mm.....	31
Tabela 7 – Resistências obtidas no sétimo dia de cura.....	32
Tabela 8 – Resistências obtidas no vigésimo oitavo dia de cura.....	33
Tabela 9 – Resultados obtidos no ensaio de absorção de água.....	34

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Absorção de água.....	29
--	----

SUMÁRIO

CAPITULO 1	11
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	1514
1.6 DELIMIAÇÃO DA PESQUISA	14
CAPITULO 2	15
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.1 Histórico sobre pavimentação	15
2.1.2 Blocos intertravados de concreto	16
2.1.3 Características dos blocos intertravados de concreto	189
2.1.4 Materiais utilizados na fabricação	18
2.1.4.1 Cimento Portland	18
2.1.4.2 Agregado Miúdo	20
2.1.4.3 Água	1820
2.1.5 Produção dos blocos	201
2.1.6 Blocos intertravados com resíduos de construção	21
CAPITULO 3	25
3.1 METODOLOGIA	25
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.2.1 Caracterização dos materiais	26
3.2.1.1 Agregados naturais	26
3.2.1.2 Cimento	27
3.2.1.3 Agregado reciclado	27
3.2.1.4 Água	27
3.2.2 Moldagem dos pavers	28
3.2.2.1 Dimensão dos pavers	28
3.2.2.2 Dosagens analisadas para produção de pavers	28
3.2.2.3 Produção e cura dos pavers	29
3.2.3 Métodos de ensaios	30
3.2.3.1 Resistência à compressão	30
3.2.3.2 Absorção de água	32

CAPITULO 4	33
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1.1 Resultados do ensaio de granulometria	33
4.1.2 Resistência à compressão	38
4.1.3 Absorção de água.....	40
CAPITULO 5	42
5.1 CONCLUSÃO.....	42
CAPITULO 6	43
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	43
REFERÊNCIAS	44

CAPITULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Os blocos de concreto intertravados, conhecidos popularmente como pavers, são blocos pré-moldados de concreto maciço, que permitem a construção de pavimentos de pequenas, médias e grandes cargas. O intertravamento entre elas possibilita a transferência de carga devido ao atrito nas paredes laterais do conjunto, resistindo aos movimentos de deslocamento individual, seja ele na vertical, na horizontal ou de rotação (FERNANDES, 2013).

Segundo Bittencourt (2012), o paver, além de ter boas características ecológicas, como por exemplo, a permeabilização de água, também possibilita a fabricação de diferentes modelos e cores, o que justifica a grande utilização na área da arquitetura, especificamente no desenvolvimento de projetos de paisagismo. Outra qualidade de pavimentos intertravados é a facilidade de manutenção.

Atualmente, a utilização de pavimentos pré-moldados vem crescendo em todo o mundo. Segundo Smith (2003), nos Estados Unidos, a cada cinco anos, dobra a quantidade de utilização deste método construtivo, considerando que, em 1980, existiam aproximadamente 4 milhões de metros quadrados de pavimentos e, no ano 2000, já atingiam a marca de 40 milhões. No Brasil, segundo ABCP (2009), o consumo de paver duplicou entre os anos de 2009 e 2012.

A indústria de engenharia civil apresenta responsabilidade no que se refere ao impacto ambiental (LEITE & SANTANA, 2019), tendo em vista que, além de outros fatores, gera uma quantidade considerável de resíduos de construção e demolição. Diante disso, a fim de minimizar as desvantagens das atividades desta indústria, estudos têm sido desenvolvidos com intuito de avaliar a viabilidade do uso de agregados reciclados em concretos (CHAN *et al.*, 2019; VERIAN *et al.*, 2018; BESSANI *et al.*, 2019).

A partir disso, verifica-se que a normativa NBR 9781 (ABNT, 1987) determina que o paver, quando para pavimentos que receberão solicitação de veículos comerciais, deve apresentar resistência maior ou igual a 35 MPa e, para locais que receberão um tráfego de veículos especiais, a resistência deve ser igual ou superior a 50 MPa. Com base nisso, pode-se afirmar que uma das principais preocupações das fábricas de pavers é a definição da dosagem do concreto.

Portanto, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar blocos de concretos (pavers), utilizando substituição de diferentes dosagens de agregados convencionais por agregados reciclados num determinado traço, além de determinar a resistência à compressão e absorção de água destes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento mecânico de pavers produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduo de construção civil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a resistência à compressão em pavers frente a utilização dos resíduos de construção na dosagem do concreto, com as seguintes proporções: 50% de pó de pedra reaproveitado, 50 % do pedrisco reaproveitado, 50% e 100% do pó e do pedrisco reaproveitado;
- Analisar a porcentagem de absorção de água dos pavers produzidos em cada dosagem;
- Comparar os resultados obtidos com a especificações da norma NBR 9781.

1.3 JUSTIFICATIVA

A necessidade de se produzir mais com menos vem ganhando força nos últimos anos e é uma realidade de empresas que atuam no ramo de construção civil. A fim de obter a redução dos custos, estas acabam reduzindo o serviço de terceirização e optam por iniciar a produção de artefatos de cimento, os pavers. Contudo, uma das maiores preocupações das empresas é a definição do traço de concreto para a produção do paver.

Os pavers, conhecidos como blocos intertravados, são pré-fabricados para fins de diversas pavimentações, como por exemplo, estradas, calçadas e estacionamentos. Uma vez que o intertravamento é responsável por garantir a resistência do pavimento, perante o deslocamento individual do bloco em diferentes eixos (FIORITI, 2007).

Para garantir melhor qualidade nos blocos de concretos, bem como na utilização desse material, alguns requisitos normativos são pouco cumpridos, tais como: a resistência à compressão, absorção de água e as dimensões geométricas. Dessa forma, essas falhas na produção podem acarretar problemas no produto final, dentre eles: o risco à integridade estrutural da edificação, perdas por quebra, além do aumento de mão de obra e de argamassa de assentamento. Tudo isso acarreta em maiores custos para as empresas, bem como podem prejudicar a imagem do sistema construtivo das mesmas (GODINHO, 2009).

Devido à crescente demanda nas políticas públicas, verifica-se um aumento na exigência por produtos com maiores conformidades perante as normas de qualidade existentes e consumidores mais rigorosos em relação à aquisição de novos produtos de alta qualidade (DIAS *et al.*, 2016). Nesta perspectiva, aumenta-se também a busca por materiais alternativos que se apresentem como uma opção tecnológica e ecológica a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável. Para tanto, faz-se necessário reduzir os descartes no meio ambiente, para que se tenha uma redução nos resíduos obtidos através de restos da construção civil e demolição e, por conseguinte, melhorar o desenvolvimento de produtos na construção civil (BARBOSA *et al.*, 2013).

Portanto, o presente estudo tem como objetivo contribuir com o desenvolvimento de pavers com adição de agregados reciclados, a fim de definir uma dosagem que reutilize os resíduos de construção e que atenda às especificações da norma, contribuindo para redução do impacto ambiental.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O paver fabricado com agregado reciclado pode trazer melhorias da resistência à compressão e permeabilidade quando comparado ao paver fabricado com agregado convencional?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Os problemas relacionados à composição de pavers podem acarretar fragilidade do concreto e redução na vida útil do pavimento. Com isso, geram-se perdas para empresa, seja no retrabalho, na produção dos pavers, nos custos adicionais, podendo afetar negativamente a imagem da empresa.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limitou-se a produção de diferentes traços de concreto com agregado convencional e reciclado para produção de pavers, utilizando o processo dormido. A dosagem foi realizada na cidade de Santa Helena, Paraná.

O comportamento dos pavers foram avaliados a partir da dosagem de 5 traços, sendo 6 corpos de provas de cada traço para realização de ensaios de compressão e 3 de cada traço para o ensaio de absorção de água. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos e Construção Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz, localizado na cidade de Cascavel – Paraná.

CAPITULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Histórico sobre pavimentação

A melhora contínua é uma característica primordial do ser humano. Segundo Fioriti (2007), com a necessidade de vencer grandes distâncias para manter uma ligação entre povos distintos, o homem teve a necessidade de construir caminhos, como atalhos e estradas.

Segundo Cruz (2003), os povos Etruscos foram os pioneiros nas construções de estradas, direcionadas para transporte de cargas e pessoas. Estes construíram grandes distâncias de ruas com até quinze metros de largura. Além disso, foram os primeiros a se preocupar com o conforto da via, por tal motivo utilizavam materiais selecionados, para dar assim um acabamento plano à superfície. Para o desenvolvimento das estradas, os povos Etruscos utilizavam como material as pedras de mão e, para o acabamento, com o objetivo de se obter uma boa drenagem na via e de proporcionar mais segurança, quando a estrada estivesse com água em sua superfície, adicionava-se um material de caráter fino.

Os métodos construtivos utilizados pelos povos Etruscos foram herdados pelos povos Romanos, fato que contribuiu para a grande e rápida expansão de seu império. O povo romano conquistava muitos territórios e, por isso, estrategicamente construíam vias que interligavam o território conquistado ao império, objetivando mais rapidez para o deslocamento da tropa. (CRUZ, 2003).

Nas construções dos pavimentos romanos, eram utilizadas pedras talhadas manualmente que serviam de revestimento final. A via Ápia (Figura 01) é um dos caminhos mais importantes construídos pelos romanos que existe até os tempos de hoje. Esta via tinha uma extensão de aproximadamente 584 km e interligava Roma ao Sul da Itália, tendo como principal objetivo transportar provisões, tropas e armamentos (GODINHO, 2009).

Figura 01: Via Ápia construída pelos Romanos.



Fonte: Godinho (2009).

2.1.2 Blocos intertravados de concreto

Os blocos pré-fabricados maciços de concreto, conhecidos popularmente como pavers, são métodos desenvolvidos para construção de pavimentos trazendo diversas vantagens, tais como: a permeabilização de água e uniformidade dos blocos que compõem o pavimento (FIORITI, 2007). A construção destes pavimentos pode ser realizada de forma manual, conforme ilustrado na Figura 02, ou ainda de forma mecanizada, Figura 03, que consiste em criar um intertravamento entre os blocos com a finalidade de resistir os movimentos de deslocamento horizontal, rotacional e vertical.

Figura 02: Assentamento manual de pavimento intertravado.



Fonte: Maski (2018).

Figura 03: Assentamento de pavimento intertravado com auxílio de máquina.



Fonte: Line Arquitetura (2018).

De acordo com Medina & Motta (2005), os pavimentos intertravados se dividem em subleito, sub-base, base e revestimento. O subleito consiste no terreno a ser construído o pavimento; a camada complementar do subleito é responsável por reduzir as deformações do revestimento, são respectivamente a sub-base e a base. Por fim, o revestimento é o responsável por receber e distribuir, resistir e distribuir os carregamentos provenientes da ação dos tráfegos.

2.1.3 Características dos blocos intertravados de concreto

O processo de assentamento de blocos intertravados de concreto, além de ser fácil e rápido, permite que a via seja liberada de forma rápida para o tráfego no pavimento e, ainda, possui como característica positiva a praticidade da manutenção (WIEBBELLING, 2015).

A vida útil de um pavimento construído com blocos intertravados pode chegar a 25 anos, desde que sejam seguidos os requisitos básicos, tais como uma sub-base bem executada, um assentamento correto e blocos de qualidade (FIORITI, 2007). Outrossim, os pavers são produzidos para que se consiga atingir alta resistência à compressão, 35 MPa a 50 MPa (MEDEIROS, 2008).

Para Wiebbelling (2015), atualmente, os blocos são de grande importância para o cenário na construção civil, pois apresentam diversas vantagens, dentre elas: contribuir para drenagem urbana, possibilitar a reutilização de resíduos da construção civil em sua composição final. Ainda, para o autor, os pavers permitem uma elevada capacidade estrutural, além de possibilitar um ótimo valor paisagístico, uma vez que, é possível encontrar blocos, com diferentes formas e cores. Além disso, segundo Ary (2007), outro benefício que se destaca é o fato dos blocos apresentarem menor absorção do calor emitido pela radiação solar, contribuindo para amenizar o desconforto da elevada temperatura ambiente.

Pavimentos executados com esse método construtivo, além de não necessitar equipamentos sofisticados e mão de obra especializada, permitem fácil acesso a serviços subterrâneos. Ainda, caso ocorra recalque no subleito, sua reparação pode ser feita com facilidade e possibilita uma reconstrução sem deixar marcas de emendas (ARY, 2007).

2.1.4 Materiais utilizados na fabricação

Os materiais utilizados para a produção de blocos de concreto maciço são agregados miúdos e graúdos, água e cimento Portland (BITTENCOURT, 2012).

2.1.4.1 Cimento Portland

A respeito das peças de concreto para pavimentação, de acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013), independentemente do tipo de cimento utilizado para a fabricação dos blocos de concreto, a resistência do mesmo precisa atender às condições mínimas de tensão.

Geralmente as indústrias de artefatos optam por utilizar cimento com alta resistência inicial devido à necessidade de realizar a desforma o mais rápido possível.

O cimento é um dos materiais de suma importância para que se atinja a resistência mínima exigida em norma. Do mesmo modo, o processo de fabricação também é de significativa relevância para se obter uma peça que atenda às condições supracitadas (PETTERMANN, 2006).

Entretanto, existem diferentes fatores que podem dificultar a produção de blocos, como por exemplo, o consumo elevado de cimento no traço do concreto a ser utilizado, as próprias características do equipamento, além do tempo e o método de vibração, podendo acarretar elevada coesão. Em vista disso, enfatiza-se a necessidade de se ter um traço ideal, compatível com o método de produção escolhido (OLIVEIRA, 2004; PETTERMANN, 2006).

2.1.4.2 Agregado miúdo

Na produção de paver, podem ser utilizados alguns tipos de agregados, tais como: miúdos artificiais, pó de brita basalto e resultantes do processo de produção dos agregados graúdos. Todavia, estes últimos são menos utilizados, pois o formato dos grãos dificulta a moldagem dos blocos e, conseqüentemente, requer uma quantidade maior de pasta de cimento para produzir uma dosagem com uma maior trabalhabilidade (PETTERMANN, 2006).

De acordo com Oliveira (2004), os fabricantes de artefatos utilizam em seu concreto areia com um módulo de finura, podendo variar entre uma faixa de 2,5 a 3,2. O autor ainda cita que é preciso evitar areias grossas na argamassa, pois dificultam a compactação mediante a interferência entre os grãos.

2.1.4.2 Água

A água é considerada essencial para a produção do concreto. Trata-se de um componente que deve estar isento de quaisquer substâncias que possam prejudicar as reações responsáveis pela hidratação do concreto. A relação água-cimento na produção dos blocos deve estar de acordo com o processo executivo do paver para que não ocorra nenhuma discordância na estrutura do produto (BITTENCOURT, 2012).

2.1.5 Produção dos blocos

A fabricação dos blocos pré-moldados pode ser feita de três maneiras, uma delas, ocorre através de peças produzidas por vibro-prensas, conforme ilustrado na Figura 4. Neste caso, são peças produzidas com o auxílio de uma prensa hidráulica ou mecânica, em que se utiliza um concreto seco, pois a desforma é instantânea (WIEBBELLING, 2015).

Outra forma de fabricação ocorre por meio de peças viradas, em que as peças são produzidas a partir de um processo manual (Figura 05). Para sua produção, utiliza-se concreto plástico, que preenche formas em cima de uma mesa vibratória, responsável por realizar o adensamento do concreto. A desforma é realizada em uma placa plana e impermeável e executada logo após a moldagem (LEITE, 2015).

A terceira maneira de produção é realizada por peças dormidas (Figura 6), que, assim como as peças viradas, derivadas de um processo de produção realizado manualmente, consiste basicamente em preencher as formas plásticas com concreto mole, que permanece dentro da forma por pelo menos 24h antes de realizar a desmoldagem (LEITE, 2015).

Figura 4: Produção de paver pelo método de vibroprensa.



Fonte: Vibrafort (2018).

Figura 5: Produção de paver pelo método de peça virada.



Fonte: Pinrest (2018)

Figura 6: Processo de produção de paver dormido.



Fonte: Autor (2018)

2.1.6 Blocos intertravados com resíduos de construção

Segundo Bettencourt (2012), nos dias de hoje, há uma constante busca para solucionar os problemas ambientais, um desses problemas seria a destinação dos resíduos de construção civil. Uma solução cabível para este problema seria a reutilização dos minerais

inertes para produção de produtos reciclados. Contudo, de nada adianta realizar a reutilização dos materiais sem que estes sejam utilizados na construção civil.

Os resíduos são classificados em classe I e II, sendo, respectivamente, resíduos perigosos e não perigosos e subdivididos em A e B. A classe IIA refere-se aos resíduos não inertes, já os resíduos de construção civil, por sua vez, são enquadrados na classe IIB e considerados uma mistura de materiais não perigosos, inertes classificados, caracterizados por ter baixa degradação (NBR 10004, 2004).

De acordo com Zordan (2000), o resíduo da construção civil, proveniente de demolições é considerado o mais heterogêneo de todos os resíduos industriais. Na composição desses resíduos, encontram-se basicamente: argamassas, areia, cerâmica, concretos, madeira, metais, papéis, plástico, pedras e tijolos, sendo que os materiais mais presentes são os não minerais tais como: madeira, papel, plástico, metais e matéria orgânica.

Leite *et al*(2001) utilizaram agregados reciclados de concreto para produção de argamassa. O resíduo continha os seguintes materiais: blocos, tijolos, revestimentos, telhas, argamassa, concreto e pedras. No entanto, alguns materiais foram descartados como, madeiras, barras de aço, vidros, gesso e impurezas que pudessem dificultar o desenvolvimento do concreto. Por fim, os autores puderam concluir que, em relação às propriedades por eles analisadas, o agregado reciclado de concreto se mostrou um bom substituto do agregado natural para a produção de argamassa.

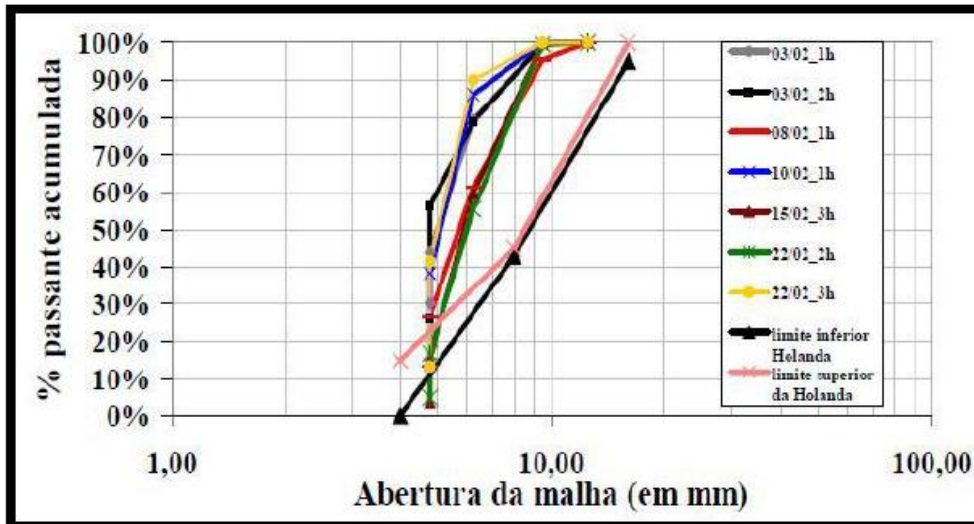
Conforme Carneiro (2001), a utilização do agregado reciclado na produção de concreto, assim como pavimentos, apresenta algumas vantagens, tais como melhorias no desempenho do concreto quando comparados com os agregados convencionais, quando utilizado um baixo consumo de cimento. Para Pires (2003), a utilização destes é vantajosa, devido à reutilização no próprio processo, ou na obtenção de produtos para o mesmo fim, uma vez que aproximadamente 90% do volume do material reciclado pode ser reutilizado.

O material reciclado é geralmente processado por um britador de mandíbula, sendo considerado uma mistura de agregado miúdo e gráudo, em que a porcentagem de cada agregado depende da granulometria da composição do entulho. Sua granulometria pode ser ajustada pela entrada do britador e pelo conjunto de peneira na saída do mesmo. Apesar de os materiais reciclados apresentarem uma superfície mais porosa e áspera, estudos confirmam a competência de seu uso na produção de subprodutos (PINTO, 2007; BITTENCOURT, 2012).

Na pesquisa realizada por Ângulo e John (2002), em uma usina de reciclagem em Santo André – SP, foram analisados os agregados gráudos provenientes do processo de reciclagem dos resíduos de construção civil. No estudo, foram coletadas amostras do

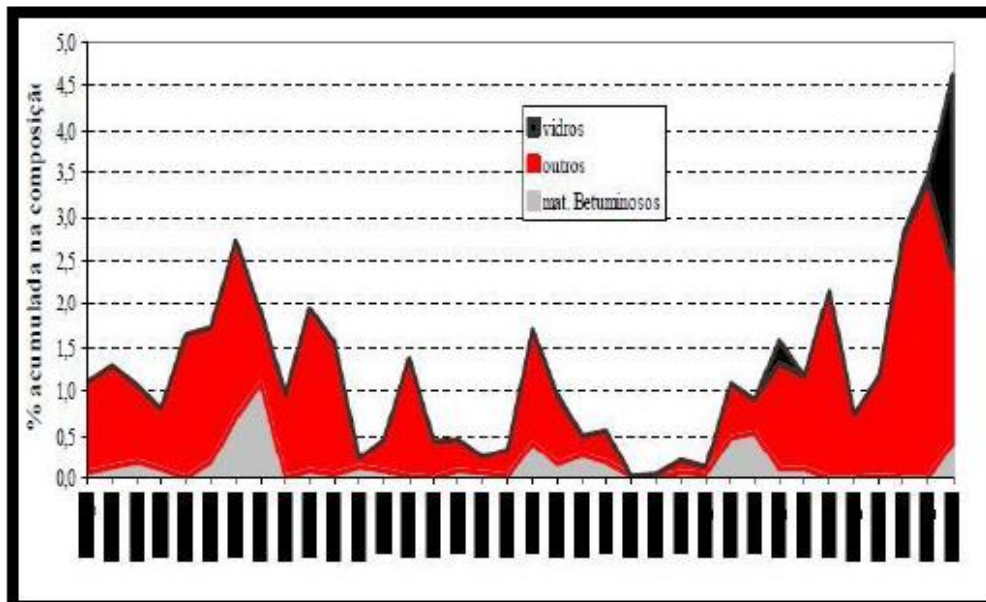
concreto, realizado ensaios laboratoriais, bem como definido a curva granulométrica do material. Todavia, concluíram que a curva se encontrava fora dos parâmetros permitidos para as normas holandesas de agregados (Figura 7). Outra análise realizada, com resultado negativo, foi em relação à determinação de quantidade de contaminantes (Figura 8).

Figura 7: Curva granulométrica de agregado proveniente de processo de reciclagem.



Fonte: Ângulo eJonh(2002).

Figura 8: Porcentagem de contaminantes encontrados nos resíduos de construção civil.



Fonte: Ângulo e Jonh(2002).

Segundo Bittencourt (2012), os agregados reciclados no Brasil não podem ser utilizados como agregados para concreto estrutural, pois os mesmos não atendem às normas de granulometria, massa específica, absorção de água, teor de contaminantes e matérias que se apresentam no estado de pó fino. Assim sendo, é necessário que as usinas de reciclagem tenham um controle mais rigoroso nesse processo.

CAPITULO 3

3.1METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente, foi necessária a realização de pesquisa para referencial teórico, baseada em livros, artigos acadêmicos, publicações e normas relacionadas ao tema.

Com vistas à obtenção de parâmetros que caracterizam os pavers produzidos com diferentes porcentagens de agregados reciclados, foram realizados os ensaios de resistência à compressão e absorção de água.

O programa experimental foi constituído basicamente das seguintes etapas:

- Caracterização dos materiais;
- Definição do traço utilizado na produção dos concretos;
- Definição da porcentagem de substituição de agregado reciclado para a produção dos concretos;
- Realização dos ensaios para avaliação das propriedades dos concretos estudados.

Frente aos objetivos, geral e específico, e delimitação da pesquisa, descreve-se a seguir o encaminhamento metodológico para o desenvolvimento dos experimentos, que foram realizados no Laboratório de Ensaio Mecânicos e Construção Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG, sendo que a produção dos pavers foi realizada em uma empresa privada da cidade de Santa Helena - PR.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização dos materiais

3.2.1.1 Agregados naturais

Para a produção dos corpos de prova, foram utilizados os agregados naturais areia, pedrisco e pó de pedra cedidos pela empresa. Vale ressaltar que a areia cedida é proveniente de uma jazida localizada na cidade de Guaíra- PR; já o pedrisco e o pó de pedra utilizados foram fornecidos por uma pedreira localizada na cidade de Santa Helena-PR.

Os agregados miúdo e graúdo foram caracterizados quanto as suas propriedades físicas com base na composição granulométrica de acordo com a NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003).

3.2.1.2 Cimento

O aglomerante utilizado na pesquisa foi o cimento Portland, do tipo CPV ARI, cujas características físicas e químicas obedecem às recomendações da NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT, 1991). Este cimento possui como característica principal uma elevada resistência inicial, que, segundo a NBR 7215 – Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão (ABNT, 1996), pode chegar ao terceiro dia de cura com uma resistência de até 24MPa, característica esta que faz com que este cimento seja o mais utilizado pelas indústrias de paver.

3.2.1.3 Agregado reciclado

O agregado reciclado utilizado é proveniente do resíduo de construção civil, fornecido por uma usina de reciclagem localizada na cidade de Cascavel – PR.

Os resíduos adquiridos na empresa para o desenvolvimento do estudo se encontravam moídos por um britador de mandíbula e também submetidos ao processo de peneiramento. Para o estudo, selecionou-se os resíduos obtidos nas peneiras com abertura de malha 9,5mm e da peneira 25mm.

Os agregados miúdo e graúdo foram caracterizados quanto as suas propriedades físicas com base na composição granulométrica seguindo as prescrições da NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003).

3.2.1.4 Água

A água utilizada na pesquisa para a produção do concreto foi proveniente da rede de abastecimento da cidade de Santa Helena/PR.

3.2.2 Moldagem dos pavers

Os pavers foram produzidos em uma empresa localizada na cidade de Santa Helena–PR e, em seguida, foram testados quanto à resistência a compressão e quanto à absorção de água. Sendo que, para cada um dos traços produzidos foram testados 6 corpos de provas para ensaio de compressão e 3 para absorção de água, totalizando 36 amostras.

3.2.2.1 Dimensão dos Pavers

A dimensão dos pavers foi considerada as já utilizadas pela empresa, conforme ilustrado na figura 10, com 10 cm de largura, 20 cm de comprimento e 6 cm de altura.

Figura 10: Modelo de pavers utilizado com dimensões 10x20x6 cm.



Fonte: Autor (2018)

3.2.2.2 Dosagens analisadas para a produção dos pavers

A produção dos blocos de concretos se baseou na substituição de certas quantidades dos agregados com base no traço utilizado pela empresa, sendo esse 1:1,48:1, 66:1,32 (Tabela 1). É pertinente enfatizar que este traço foi considerado o padrão a partir do qual foram realizadas comparações entre os resultados obtidos. A primeira dosagem realizada foi a mesma utilizada pela empresa com os agregados convencionais, considerado o traço padrão. As demais dosagens foram determinadas com base nas curvas granulométricas obtidas dos agregados testados (areia, pó de pedra, pedrisco, material reciclado 1 e 2).

Tendo em vista que o material reciclado 1 coincidiu com a granulometria do pó de pedra para a segunda dosagem, substituiu-se 50% do pó de pedra por 50% do material reciclado 1. Já para a terceira dosagem substituiu-se 50% do pedrisco por 50% do material reciclado 2, devido a semelhança granulométrica obtida das curvas. Por fim, na quarta dosagem, utilizou-se 100% do material reciclado 1 no lugar do pó e 100% do material 2 ao invés do pedrisco.

Diante disso, foi possível verificar e comparar as alterações nos resultados de resistência à compressão e absorção da água em relação ao traço com agregados convencional, possibilitando julgar possíveis influências que cada material e suas proporções tiveram sobre os testes analisados.

Tabela 1 - Condições experimentais para moldagem dos corpos de prova.

Corpo de prova	Materiais utilizados	Dosagem
1	Agregados convencionais	100%
2	Agregados convencionais e reciclados	Traço com 50% do pó reciclado
3	Agregados convencionais e reciclados	Traço com 50% do pedrisco reciclado
4	Agregados reciclados	Traço com 100% dos agregados reciclados

Fonte: Autor (2019).

3.2.2.3 Produção e cura dos pavers

Para a fabricação dos blocos de concreto, os materiais selecionados foram adicionados a um traço já determinado pela empresa. Os materiais agregados foram misturados com auxílio de uma betoneira (CSM) e, em seguida, foram moldados em formas plásticas e vibrados com o mesmo equipamento, desenvolvido pela própria empresa (Figura11).

Figura 11: Equipamento utilizado para moldagem dos pavers.



Fonte: Autor (2019)

Dessa forma, 24 horas após a moldagem dos pavers, realizou-se a desmoldagem dos mesmos com auxílio de um equipamento disponibilizado pela empresa. Na sequência, os pavers foram mantidos num espaço reservado até atingir o tempo determinado de 7 e 28 dias para a realização dos ensaios.

3.2.3 Métodos de Ensaios

3.2.3.1 Resistência à compressão

Os ensaios de compressão foram realizados conforme a norma regulamentadora NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação: Especificação e método de ensaio (ABNT, 2013), a qual determina que os pavers devem ser analisados no sétimo e no vigésimo oitavo dia de cura.

A norma estabelece que seja feita um capeamento antes de realizar o ensaio de compressão, a fim de regularizar a superfície do paver para que não ocorra pontos com concentração de carga nos relevos da superfície. Com base nisso, a argamassa de capeamento utilizada foi constituída de apenas cimento e água, tal como ilustra a a Figura 12.

Figura 12: Processo de capeamento do paver.



Fonte: Autor (2018)

Com relação à realização do ensaio de compressão, a NBR 9781 (ABNT, 2013) prescreve que o paver deve estar saturado, sendo, portanto, necessário imergi-lo em um reservatório de água a 25°C por pelo menos 24 horas antes dos ensaios.

Os ensaios de compressão simples foram realizados em uma prensa hidráulica (CONTENTO/ Fábrica de produtos pavitest) com capacidade de até 100 toneladas, ilustrada na Figura 13.

Figura 13: Prensa hidráulica



Fonte: Autor (2019)

A norma regulamentadora especifica também que, para a execução dos ensaios, a área de contato com o paver deve ter 85 mm de diâmetro e, no mínimo, 20 mm de espessura. Em

vista disso, foi necessário produzir uma ferramenta (Figura 14) que atendesse às especificações da norma, uma vez que a prensa utilizada possui uma área de contato com diâmetro de 180mm.

Figura 14: Ferramenta produzida para auxílio nos ensaios na prensa hidráulica.



Fonte: Autor (2019)

Além disso, a NBR 9781 (ABNT, 2013) também considera que resistência à compressão dos pavers utilizados para tráfegos de pedestres, veículos leves e veículos comerciais não pode ser inferior a 35 MPa aos 28 dias de cura.

3.2.3.2 Absorção de água

Para o ensaio de absorção de água também foram adotados os requisitos da norma regulamentadora NBR 9781 (ABNT, 2013), a qual determina que os corpos de prova devem apresentar um valor médio menor ou igual a 6% de absorção de água. Nesta perspectiva, para determinação desse ensaio, foram separados 3 corpos de prova de cada dosagem analisada.

Os pavers foram submetidos à imersão em água por 24 horas, a fim de se obter a saturação dos mesmos. Em seguida, os pavers foram deixados em estufa com temperatura de 110 °C por 24 horas. A absorção de água foi calculada segundo a equação 1.

$$\% \text{ Absorção} = \frac{M1 - M2}{M2} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$M1$ = Média das massas do paver saturado

$M2$ = Média das massas do paver seco

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Resultados do ensaio de granulometria

Para a caracterização dos agregados já citados anteriormente, foi realizado o ensaio granulométrico segundo a norma regulamentadora NBR NM 248 (ABNT, 2003).

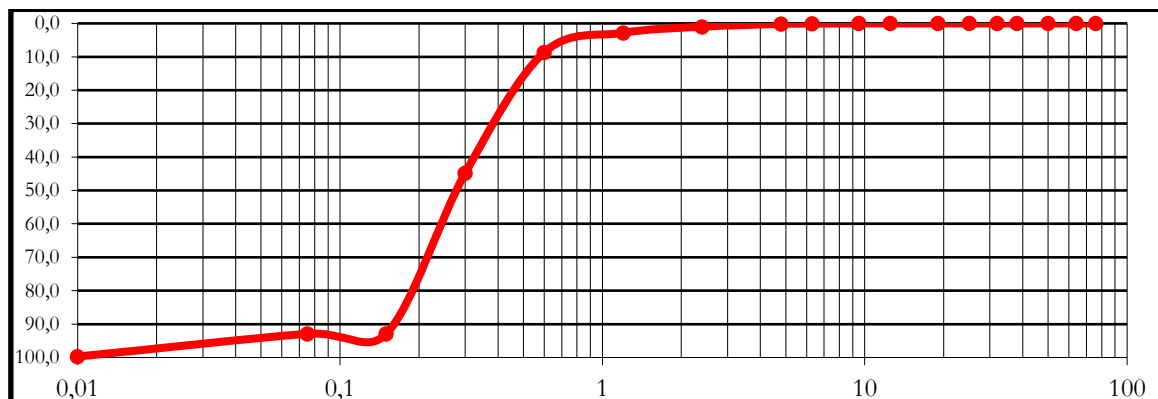
A Tabela 2 e a Figura 15 ilustram os resultados obtidos no ensaio realizado com a areia natural.

Tabela 2 – Ensaio granulométrico da areia natural.

Peneira (mm)	Areia Natural (01)		
	Massa (gr)	% Retida	%Acumulada
6,3	0,8	0,1	0,1
4,8	0,9	0,1	0,2
2,4	9,0	0,8	1,0
1,2	19,9	1,8	2,8
0,6	63,6	5,9	8,7
0,3	391,5	36,1	44,8
0,15	521,6	48,1	92,9
0,075	0,0	0	93
Fundo	73,7	7	100
Total	1084g		
Módulo de finura	1,50		
Dimensão Máxima	1,2 mm		

Fonte: Autor (2019)

Figura 15: Curva granulométrica da areia natural



Fonte: Autor (2019)

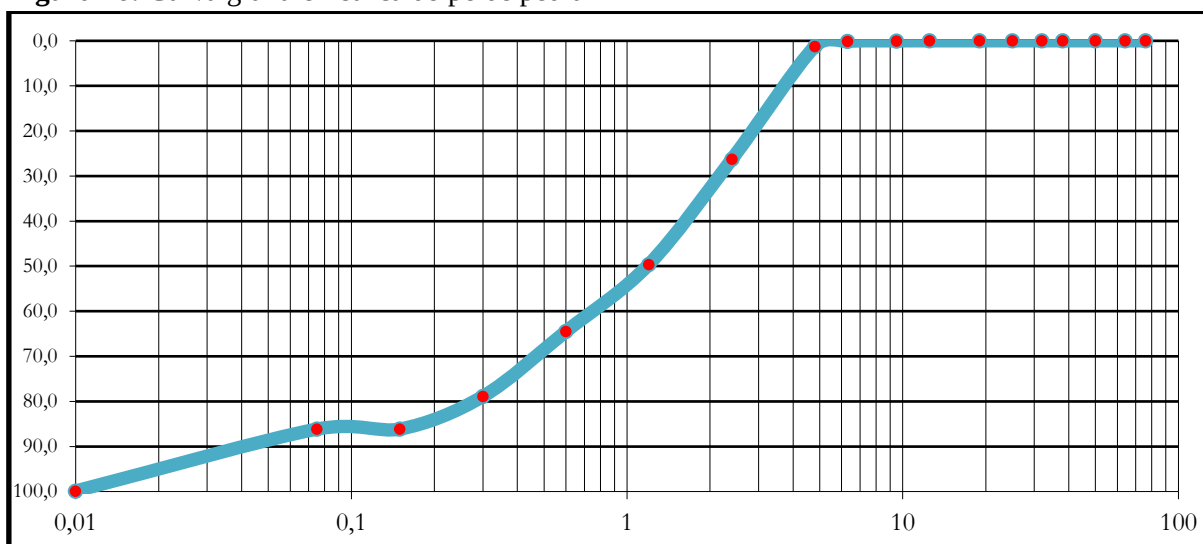
A Tabela 3 e a Figura 16 apresentam os resultados da caracterização do pó de pedra natural quanto a sua granulometria.

Tabela 3 – Granulometria pó de pedra natural.

Peneira (mm)	Pó de pedra		
	Massa (gr)	% Retida	%Acumulada
9,5	0,2	0,0	0,0
6,3	1,5	0,1	0,1
4,8	15,8	1,1	1,2
2,4	351,0	25,0	26,3
1,2	327,5	23,3	49,6
0,6	208,8	14,9	64,5
0,3	202,2	14,4	78,9
0,15	101,8	7,3	86,1
0,075	0,0	0,0	86,1
Fundo	192,7	13,7	100
Total		1403,1	
Modulo de Finura			3,07
Dimensão Máxima			4,8 mm

Fonte: Autor (2019)

Figura 16: Curva granulométrica do pó de pedra



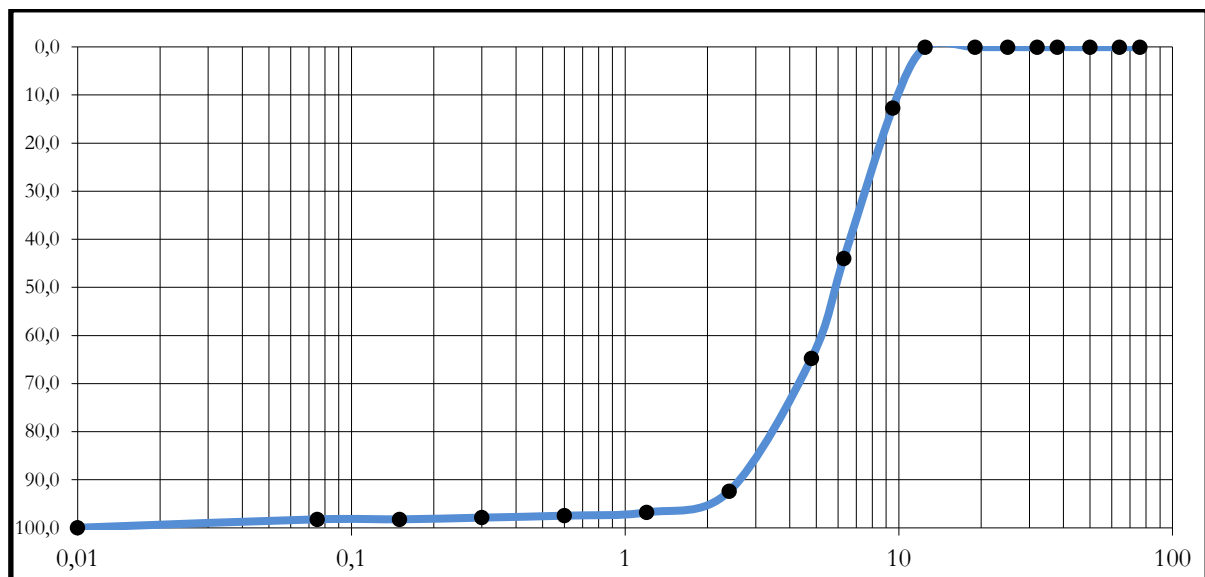
Fonte: Autor (2019)

A Tabela 4 e a Figura 17 apresentam os dados referentes à curva granulométrica do pedrisco natural.

Tabela 4 – Granulometria pedrisco natural

Peneira (mm)	Pedrisco natural		
	Massa (gr)	% Retida	%Acumulada
9,5	263,5	12,7	12,7
6,3	650,7	31,3	44,0
4,8	431,4	20,7	64,7
2,4	575,3	27,7	92,4
1,2	91,3	4,4	96,8
0,6	14,1	0,7	97,5
0,3	8,4	0,4	97,9
0,15	7,4	0,4	98,2
0,075	0,0	0,0	98,2
Fundo	36,4	1,8	100
Total	2080,1		
Modulo de Finura	5,6		
Dimensão Máxima	13 mm		

Fonte: Autor (2019)

Figura 17: Curva granulométrica pedrisco natural

Fonte: Autor (2019)

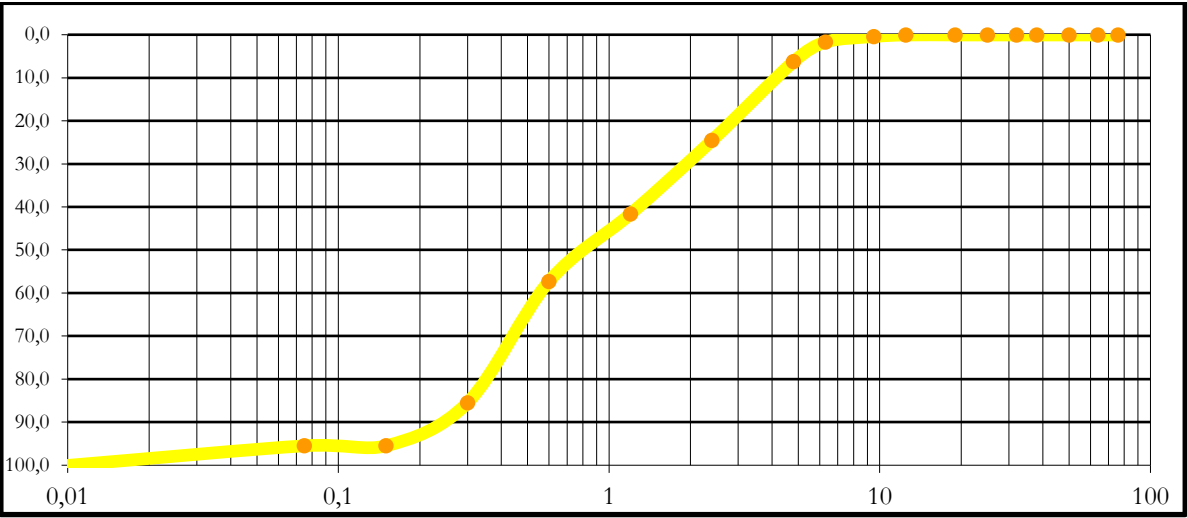
A Tabela 5 e a Figura 18 representam os resultados obtidos no ensaio de granulometria do agregado reciclado coletado na peneira com abertura de malha 9,5 mm.

Tabela 5 – Granulometria resíduo de construção civil coletado na peneira 9,5 mm

Peneira (mm)	Resíduo de construção civil 9,5mm		
	Massa (gr)	% Retida	%Acumulada
9,5	5,3	0,4	0,4
6,3	18,3	1,3	1,7
4,8	66,3	4,6	6,3
2,4	264,9	18,3	24,5
1,2	247,6	17,1	41,6
0,6	227,0	15,7	57,3
0,3	408,5	28,2	85,5
0,15	145,2	10,0	95,5
0,075	0,0	0,0	95,5
Fundo	66,0	4,6	100
Total		1449,4 g	
Modulo de Finura			3,11
Dimensão Máxima			6,3 mm

Fonte: Autor (2019)

Figura 18: Curva granulométrica resíduo de construção civil coletado na peneira 9,5mm



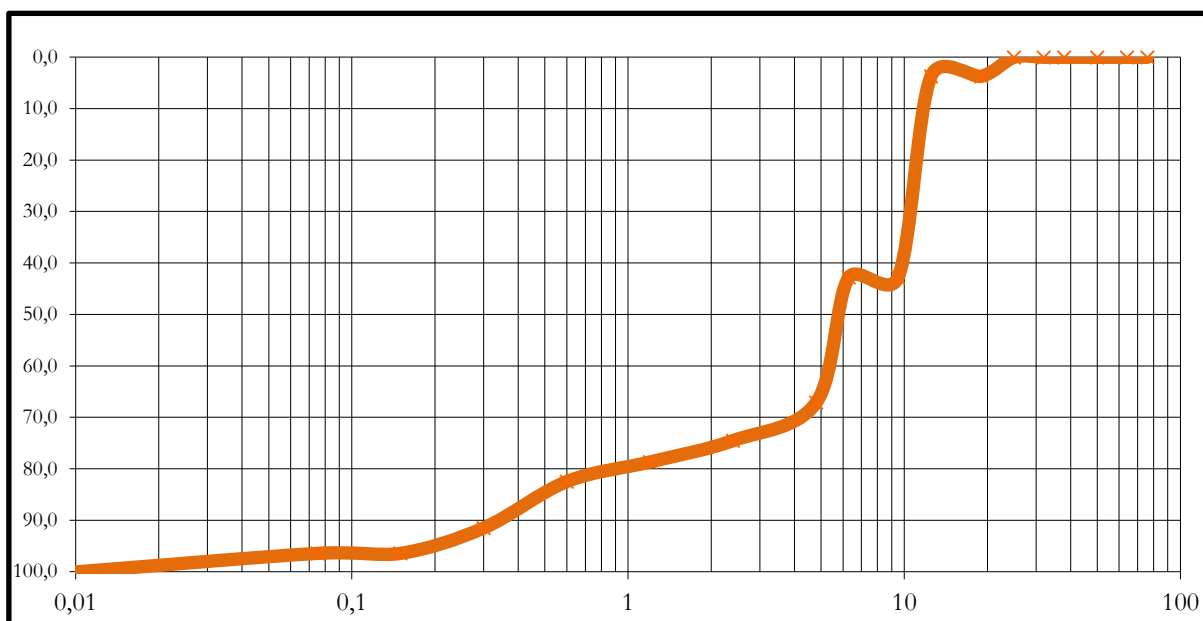
Fonte: Autor (2019)

A Tabela 6 e a Figura 19 referem-se ao ensaio de granulometria dos resíduos de construção civil coletados da peneira com abertura de malha de 25mm.

Tabela 6 – Granulometria resíduo de construção civil coletado na peneira 25 mm

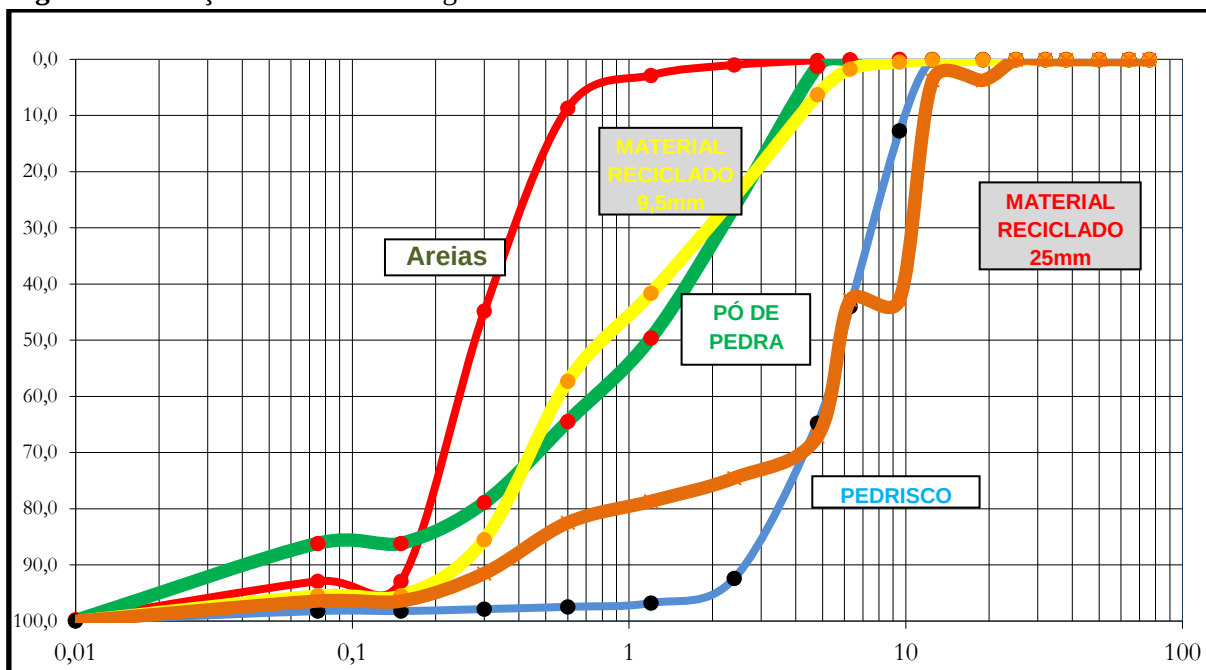
Peneira (mm)	Resíduo de construção civil 25mm		
	Massa (gr)	% Retida	%Acumulada
19	92,7	3,7	3,7
12,5	0,0	0,0	3,7
9,5	982,4	39,1	42,8
6,3	0,0	0,0	42,8
4,8	611,6	24,3	67,1
2,4	185,9	7,4	74,5
1,2	104,6	4,2	78,7
0,6	95,7	3,8	82,5
0,3	226,8	9,0	91,5
0,15	124,0	4,9	96,4
0,075	0,0	0,0	96,4
Fundo	90,6	3,6	100,0
Total		2514,2	
Modulo de Finura			5,37
Dimensão Máxima			12,5 mm

Fonte: Autor (2019)

Figura 19: Curva granulométrica resíduo de construção civil coletado na peneira 25mm

Fonte: Autor (2019)

Com base nos resultados obtidos, ilustrados nas tabelas e gráficos apresentados acima, especificamente no que tange às curvas granulométricas encontradas, foi possível observar que há uma semelhança granulométrica entre a curva do pó de pedra com o material coletado na peneira 9,5mm. Do mesmo modo, a curva do material coletado na peneira 25mm se assemelha com a granulometria do pedrisco, fato este pode ser observado na Figura 20.

Figura 20: Relações entre as curvas granulométricas

Fonte: Autor (2019)

4.1.2 Resistência à compressão

Conforme explicitado anteriormente, foram ensaiados 6 corpos de prova de cada dosagem realizada. Os resultados obtidos nas amostras testadas no sétimo dia de cura estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Resistências obtidas no sétimo dia de cura

CP	100% Agregados convencionais	Traço com 50% do pó reciclado	Traço com 50% do pedrisco reciclado	Traço com 100% dos agregados reciclados
	T 01	T 02	T 03	T 04
	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
1	19,4	13,4	12,5	12,9
2	24	14,5	13,6	14,1
3	24,4	15,8	11,1	15,7
4	22,1	17,4	10,4	16,9
5	22,4	16,9	12,1	13,5
6	26,4	14,9	11,5	12,8
Média	23,1	15,5	11,9	14,3

Fonte: Autor (2019)

Com base nos resultados acima, com relação às resistências obtidas no sétimo dia de cura, foi possível observar que houve uma redução de resistência com a utilização dos agregados reciclados, quando comparado ao concreto de referência, principalmente com o corpo de prova utilizando 50% do pedrisco reciclado, chegando até 48% inferior a dosagem com 100% dos agregados convencionais.

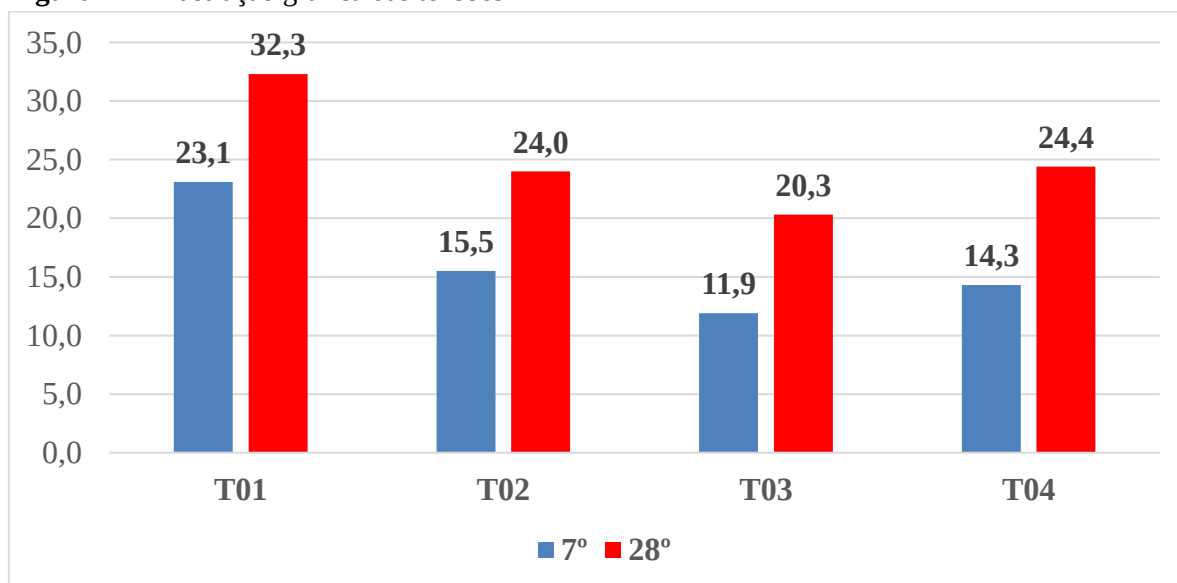
A Tabela 8, por sua vez, apresenta a resistência obtida no vigésimo oitavo dia de cura.

Tabela 8 – Resistências obtidas no vigésimo oitavo dia de cura

CP	100% Agregados convencionais	Traço com 50% do pó reciclado	Traço com 50% do pedrisco reciclado	Traço com 100% dos agregados reciclados
	T 01	T 02	T 03	T 04
	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
1	33,3	27,9	19,4	24,2
2	36,6	21,9	19,1	25,4
3	32,6	19,7	22,5	22,7
4	29,0	27,6	22,0	22,6
5	32,8	24,2	19,3	27,0
6	29,2	22,7	19,4	24,6
Média	32,3	24,0	20,3	24,4

Fonte: Autor (2019)

Figura 21 – Ilustração gráfica das tensões



Fonte: Autor (2019)

Com relação aos valores obtidos na Tabela 8, nota-se que, apesar de os agregados reciclados apresentarem certa quantidade de impurezas, estas não influenciaram de forma tão significativa nos resultados apresentados. Além disso, é possível verificar que nenhum traço atingiu os 35 MPa exigido pela norma NBR 9781 (ABNT, 2013). Contudo, observa-se que a dosagem com 100% dos agregados convencionais foi a que chegou mais próxima da norma, como esperado, mesmo apresentando 7,7 % de resistência abaixo do recomendado.

No que se refere à resistência à compressão obtidas nos pavers nas idades de 7 e 28 dias, observados nas tabelas 7 e 8, verificou-se a redução desta propriedade conforme a adição dos agregados, ou seja, quanto maior a adição menor a resistência à compressão. Mesmo os pavers não apresentando a resistência exigida pela norma, Bittencourt (2012) em estudo afirma que em solicitações de passeio públicos, essas resistências são inferiores a 15 MPa. Assim sendo, as resistências à compressão encontradas neste trabalho, mostraram-se intermediárias no que se refere à resistência estabelecida pela norma, bem como à solicitação de carga relacionadas especificamente aos pavimentos de passeios públicos, fato este que permite a utilização dos agregados reciclados para esta finalidade.

Gonçalves (2001) afirma que, quando se utiliza resíduos de boa qualidade, com uma resistência conhecida, a resistência do concreto reciclado é aproximadamente igual a do concreto original quando substituído 100%. Com base nisso, considera-se que a variação da resistência apresentada nas dosagens decorre dos resíduos utilizados, uma vez que estes foram provenientes da construção civil, sem definir sua resistência.

Ao comparar as dosagens, podemos verificar que o traço T05 foi o que mais se aproximou dos traços com agregados naturais (T01). Acredita-se que isso ocorreu devido à maior absorção de água do agregado reciclado, já que existe internamente uma redução na relação água/cimento, o que resulta em um melhoramento das suas propriedades (GONÇALVES, 2001). Ademais, outro fator refere-se ao efeito “Filler”, que, de acordo com Santos (2014), é ocasionado pela porção fina das partículas de resíduo, permitindo um melhor empacotamento com as partículas de cimento, logo, possibilita maior capacidade à microestrutura da mistura, ampliando sua resistência mecânica.

4.1.3 Absorção de água

O ensaio de absorção de água foi realizado quando a peça atingiu os 28 dias de cura. Para essa análise, foram ensaiados 3 corpos de prova de cada dosagem definida. Os resultados estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados obtidos no ensaio de absorção de água.

Tipos de Concreto	Massa (g)		Absorção de água (%)
	Massa Paver Úmido	Massa Paver seco	
T ₁	2880,50	2744,60	4,95
T ₂	2596,57	2432,20	6,76
T ₃	2763,87	2559,73	7,97
T ₄	2547,77	2385,87	6,79

T₁: 100% Agregados convencionais T₂: Traço com 50% do pó reciclado T₃: Traço com 50% do pedrisco reciclado T₄: Traço com 100% dos agregados reciclados

Fonte: Autor (2019)

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que, nos corpos de prova analisados, apenas o traço utilizando 100% dos agregados convencionais atendeu às solicitações da norma, tendo em vista que a mesma especifica que os blocos de concreto devem apresentar um valor de absorção de água médio menor ou igual a 6%.

É notável que se obteve maior absorção de água nos traços utilizando agregados reciclados, o que, segundo Vanacker (1996), se justifica devido a grande quantidade de pedaços de argamassa existente no material.

Ressalta-se que, os pavers utilizando 100% dos agregados reciclados apresentaram uma massa 13,1% inferior aos pavers utilizando 100% dos agregados.

Considerando que os resíduos sólidos produzidos durante a construção civil, assim como seu respectivo descarte apresentam-se como um dos problemas ambientais da atualidade, faz-se necessário estabelecer limites para este tipo de poluição. Em vista disso, tem se pensado em alternativas que diminuam o impacto ambiental, como o reaproveitamento desses resíduos. Nesta perspectiva, é pertinente enfatizar que a utilização de resíduos reciclados como matéria prima configura-se como uma alternativa promissora, já que, conforme demonstrado neste estudo, o traço com a substituição dos agregados naturais por 100% de agregados reciclados, apresentou resultados satisfatórios.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSÃO

Diante da produção dos pavers e ensaios desenvolvidos neste estudo, pode-se concluir que a substituição de agregados naturais por agregados reciclados pode ser uma alternativa viável, desde que sejam realizados os ensaios necessários, uma vez que, a utilização destes pode contribuir para a minimização do impacto ambiental causado pela indústria da construção civil em decorrência da grande quantidade de resíduos de construção e demolição produzidos por essas empresas.

Os traços com a substituição dos agregados miúdos (pó de pedra) e graúdos (pedrisco) proporcionaram uma redução na resistência à compressão dos blocos de 25,7%, 37,1% respectivamente, quando substituídos por agregados reciclados, na proporção de 50% do pó de pedra e 50% de pedrisco.

Em relação ao ensaio de absorção de água, verificou-se que, com a dosagem de 100% de material reciclado, os blocos apresentaram uma massa de 13,1% inferior aos produzidos com 100% de agregados convencionais. Em contrapartida, apresentaram uma absorção de água de aproximadamente 27% maior que dos agregados naturais.

Contudo, faz-se necessário enfatizar que, em ambos os ensaios realizados, nas dosagens com substituição de agregados reciclados, os resultados se apresentaram fora dos valores exigidos pela Norma NBR 9781 (ABNT, 2013).

Considerando que os valores de resistência e absorção de água obtidos nos ensaios não atingiram as especificações exigidas por norma, acredita-se que os agregados reciclados podem e têm uma tendência a serem utilizados para produção de blocos de concreto.

A utilização desses resíduos é de grande importância econômica, visto que o custo destes resíduos deverá ser menor quando comparado ao custo do material natural utilizado comumente para a produção de concreto, além de ser uma alternativa de contribuir para redução dos impactos ambientais.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para complementação deste trabalho são apresentadas as seguintes sugestões:

- Avaliar novos traços e novas porcentagens de substituição de resíduo de construção civil;
- Realizar produção de pavers por outros métodos, utilizando o mesmo traço de estudo;
- Realizar a análise econômica para a produção dos traços utilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

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

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ET-27. **Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. 4ª ed, São Paulo – SP, 1999.

ANGULO, S.C.; JOHN, V.M. **Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade**. ENTAC, Foz do Iguaçu-PR, 2002.

ARY, I. J. **Pavimento intertravado como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas – Estudo de Caso Guaiúba, CE**. 2007, 221 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

BARBOSA, M. B. A.M. PEREIRA, A. M. AKASAKI, J. L, FIORITI, C. F. FAZZAN, J.V. TASHIMA, M. M. BERNABEU, J. J. P. MELGES, J. L.P. **Impact strength and abrasion resistance of high strength concrete with rice husk ash and rubber tires**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 6, n. 5, p. 811-820, 2013.

BESSANI, M. GARCIA, J.C.D, MELONI, F. VOLPATTI, G. ZAMPANI, D. **Recycled coarse aggregates from pelletized unused concrete for a more sustainable concrete production**. *Journal of Cleaner Production*, p.424-432, 2019.

BITTENCORT, S. F. **Avaliação da resistência à compressão de pavimentos produzidos com agregados de resíduos de construção e areia de fundição**. 2012, 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação) - Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2012.

CARNEIRO, A. P; BURGOS, P. C. ALBERTE, E. P. V. Livro: **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. In: Projeto Entulho Bom. EDUFBA /Caixa Econômica Federal, Salvador, BA, 2001. p.190-227.

CARVALHO, M. D. **Associação Brasileira de Cimento Portland** – Estudo Técnico – Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto. São Paulo, junho de 1998.

CHAN, R. SANTANA, M. A. ODA, A. M. PANIGUEL, R. C. VIEIRA, L. B. FIGUEIREDO, A. D. GALO BARDES, I. **Analysis of potential use of fibre reinforced recycled aggregate concrete for sustainable pavements**. *Journal of Cleaner Production* 218, p. 183-191, 2019.

DIAS, S. M. F. **Proposição de uma matriz de indicadores de sustentabilidade em gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação em um estudo de caso.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2009.

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers– Produção e Controle de Qualidade.** 4. Ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2013. 200 p.

FIORITI, C. F.; INO, A. ; AKASAKI, J. L. . **Pavimentos intertravados de concreto com resíduos de pneus.** Revista Internacional Construlink, v. 5, p. 56-67, 2007.

GODINHO, D. P. **Pavimento intertravado: uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade.** 2009, 158f. Dissertação (Mestrado em ambiente construído e patrimônio sustentável) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

GONÇALVES, R. D. C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto - um novo material para dosagens estruturais.** 2001, 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

LEITE, M. B.; PEDROZO, P. H. ; OLIARI, G. F. ; ALVES, M. F. ; MOLIN, D. D. **Utilização de agregado reciclado de concreto para produção de argamassa.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000, Salvador. Modernidade e Sustentabilidade. Salvador: Editora da UFBA, 2000. v. 2. p. 1170-1177.

LEITE, M.B SANTANA, V. M. **Evaluation of an experimental mix proportion study and production of concrete using fine recycled aggregate.** *Journal of Building Engineering* 21, p. 243–253, 2019.

LEITE, A. A. S. **Blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de sílica ativa.** 2015 Trabalho de conclusão de curso. UTFPR, Campo Mourão, 2015. 91p

LINEARQUETETURA. Pavimentadora Automática de Paver. Disponível em: <<http://www.linearquitetura.com.br/blog/2015/12/17/pavimentadora-automatica-de-paver/>>. Acesso em: 10 de out. 2018.

MADRID, G. G., (2004). “**Acredite: rodovias com intertravados já são realidade**”. Revista Prisma. Ed. nº 10.

MEDEIROS, H. **Piso Intertravado.** Revista Equipe de Obra, v. 18, jul./ago. 2008. Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/18/artigo96977-1.asp>>. Acesso em: 10 de set. 2018.

MEDINA, J e MOTTA, L.M.G. **Mecânica dos Pavimentos.** Rio de Janeiro: Ed UFRJ, 2005.

MESKI. Assentamento de Pavimento Intertravado. Disponível em: <<https://maski.com.br/assentamento-do-pavimento-intertravado/>>. Acesso em: 10 de out. 2018.

NBR 10004: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

PETTERMANN, R. **Avaliação do desempenho de blocos de concreto para pavimentação com Metacaulim e Sílica ativa**. 2006, 71 f. Monografia (Pós-Graduação) – Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PINREST. Forma para Concreto. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/elainemendes758/forma-para-concreto-e-gesso/>>. Acesso em 10 de out. 2018.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PIRES, A. P. **Estudo sobre a utilização de entulho fragmentado como agregado de concreto**. 2003, 59p, Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SANTOS, V.R. F. **Análise do desempenho de pisos táteis, intertravados, produzidos com agregados de resíduos de construção civil – RCC e fibras de aço**. 2014, 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Programa de pós-graduação da faculdade de tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.

SMITH, D. R. “**Grand Entrances**”, Interlocking Concrete Pavement, Magazine, v. 10, n 2, p.4, 2003.

VERIAN, K. P. ASHRAF, W. CAO, Y. **Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production**. *Resources, Conservation & Recycling* 133, p.30–49, 2018.

VIBRAFORT. Vibro Prensa Pneumática. Disponível em: <<http://www.vibrafort.com.br/vibro-prensa-pneumatica>>. Acesso em: 10 de out. 2018.

WIEBLLING, P. O. G. **Pavimento com blocos intertravados de concreto estudo de caso na Univates**. Lajeado Centro universitário Univates, 2015.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.