



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MARCIONILLO DE CARVALHO PEDROSA JÚNIOR

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONCHAS DE SURURU DA
COMUNIDADE PESQUEIRA ILHA DE DEUS EM SUBSTITUIÇÃO
PARCIAL À AREIA NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE PISO
INTERTRAVADO**

Recife, PE
2022



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MARCIONILLO DE CARVALHO PEDROSA JÚNIOR

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONCHAS DE SURURU DA
COMUNIDADE PESQUEIRA ILHA DE DEUS EM SUBSTITUIÇÃO
PARCIAL À AREIA NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE PISO
INTERTRAVADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Emilia Rahnemay
Kohlman Rabbani

Membro externo: Ângelo Just da Costa e Silva

Membro interno: Eliana Cristina Barreto
Monteiro

Recife, PE
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco

P372u Pedrosa Júnior, Marcionillo de Carvalho
Utilização de resíduo de concha de sururu da comunidade pesqueira
Ilha de Deus em substituição parcial à areia na fabricação de peças de
 piso intertravado. / Marcionillo de Carvalho Pedrosa Júnior. – Recife:
 UPE, Escola Politécnica, 2022.

94 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de
 Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-
 Graduação em Engenharia Civil, 2022.

1. Conchas Marinhas. 2. Blocos de Concreto para Pavimentação.
 3. Piso Intertravado. 4. Materiais Recicláveis. I. Engenharia Civil -
 Dissertação. II. Rabbani, Emilia Rahnemay Kohlman (orient.). III.
 Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em
 Construção Civil. IV. Título.

CDD: 690.028

MARCIONILLO DE CARVALHO PEDROSA JÚNIOR

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONCHA DE SURURU DA
COMUNIDADE PESQUEIRA ILHAS DE DEUS EM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL À AREIA NA FABRICAÇÃO DE
PEÇAS DE PISO INTERTRAVADO**

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora

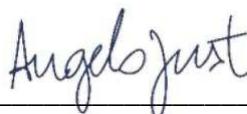


Profa. Dra. Emilia Rahnemay Kolhman Rabbani
Universidade de Pernambuco

Examinadores



Profa. Dra. Eliana Cristina Barreto Monteiro
Universidade de Pernambuco



Prof. Dr. Angelo Just da Costa e Silva
Universidade Católica de Pernambuco

RESUMO

A comunidade pesqueira Ilha de Deus localiza-se no parque dos manguezais em Recife no estado de Pernambuco e tem como principal atividade econômica a maricultura. A comunidade vem sofrendo com o acúmulo excessivo de resíduos de conchas de Sururu que são descartadas às margens da ilha. Fazendo com que a ilha, com o passar dos anos, avance sobre o manguezal. Este trabalho objetiva realizar um estudo experimental de uma alternativa para o uso do resíduo de concha de sururu na produção de blocos de piso intertravado e propor a aplicação do produto desenvolvido nas ruas da comunidade com tráfego exclusivo de pedestres. Foi tomado como referência um traço sem resíduos de concha e a partir dele foram definidas proporções de substituição da areia por resíduo de concha de sururu nas proporções de 4,57, 9,71 e 12% em massa, totalizando quatro famílias de blocos. As conchas de sururu foram lavadas, secas em estufa a 100° C, trituradas, peneiradas e levadas para a planta da fábrica parceira, onde as peças de concreto foram produzidas e em seguida foram realizados ensaios de absorção de água e resistência à compressão. Quando comparados com os resultados do traço de referência, os traços com a substituição apresentaram melhorias nas suas propriedades. Os percentuais de absorção de água diminuíram à medida que a substituição da areia por resíduo de conchas de sururu aumentou. As peças com substituição, no geral apresentaram valores de resistência à compressão inferiores a 35 Mpa, categoria de solicitação mínima estipulada pela NBR 9781 (ABNT, 2013). As peças da família com substituição de 9,71% atingiram resistência característica à compressão superior a 20 Mpa podendo ser empregados na pavimentação das ruas da Ilha de Deus onde o tráfego é apenas de pedestres.

Palavras-chave: Conchas marinhas. Blocos de concreto para pavimentação. Piso intertravado. Materiais recicláveis

ABSTRACT

The Ilha de Deus fishing community is located on an island within a mangrove park in Recife, Pernambuco, and its principal economic activity is mariculture. The community suffers from the excessive accumulation of sururu shell waste, which is discarded along the island's shores, causing aggradation of the surrounding mangroves over time. The objective of this study is to experimentally investigate an alternative use for the sururu shell residues in the production of interlocking pavement blocks, and proposes the use of the product developed to pave the community streets that are exclusively used by pedestrians. A mixture without shell residue was used as reference and mixtures replacing a proportion of sand with sururu shell residue were defined from it in proportions of 4.57%, 9.71%, and 12%, by mass, producing a total of four families of blocks. The sururu shells were crushed, sieved, and mixed into concrete blocks at the partner factory, after which, water absorption and compressive strength tests were performed. When compared to the results for the reference mixture, the mixtures containing substitutes showed improved properties. The percentages of water absorption decreased as the substitution of sand for sururu shell waste increased. The blocks with 9.71% replacement had a compressive strength above 20 MPa and are suitable for paving the exclusively pedestrian streets of Ilha de Deus.

Keyword: Seashells. Concrete paving blocks. Interlocked paving. Recycled material, Construction materials.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	06
LISTA DE QUADROS.....	07
Agradecimentos.....	08
1 INTRODUÇÃO.....	09
1.1 Contextualização e justificativa.....	10
1.1.1 Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife.....	10
1.1.2 Crise Ambiental na Região Metropolitana do Recife (RMR).....	12
1.1.3 Ilha de Deus: Processo de Urbanização.....	14
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
2 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Pavimentação Intertravada.....	17
2.2 O sururu - <i>mytella falcata</i>	19
2.3 Utilização de conchas de moluscos bivalves em compósitos cimentícios.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1 Caracterização dos materiais.....	24
3.1.1 <i>Aglomerante</i>	24
3.1.2 <i>Areia</i>	24
3.1.3 <i>Pó de pedra</i>	25
3.1.4 <i>Agregado Graúdo</i>	26
3.1.5 <i>Água</i>	26
3.1.6 <i>Resíduo de Concha de Sururu</i>	26
3.2 Produção das peças de piso.....	32
3.2.1 As peças de piso intertravado produzidas e comercializadas pela empresa parceira.....	32
3.3 O traço.....	35
3.4 Inspeção Visual	37
3.5 Determinação da Resistência Característica à Compressão	37
3.6 Determinação da Absorção de Água	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40

4.1 Inspeção Visual	40
4.2 Análise preliminar	43
4.3 Absorção de água	44
4.4 Resistência Característica à Compressão.....	45
4.5 Discussões dos resultados.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Acúmulo de Resíduos de Sururu na Ilha de Deus.....	10
Figura 02 - Rua da comunidade Ilha de Deus que Continua sem Pavimentação.....	15
Figura 03 - Esgoto lançado na galeria de águas pluviais.....	15
Figura 04 - Etapas do beneficiamento do sururu na Ilha de Deus.....	20
Figura 05 - Acúmulo de Conchas nas margens da Ilha de Deus e a presença de resíduos domésticos.....	27
Figura 06 - Lavagem das conchas de sururu.....	28
Figura 07 - Paederus, inseto encontrado com frequência nos resíduos de concha de sururu...	28
Figura 08 - Peneiramento das conchas após secagem em estufa.....	29
Figura 09 - Material passante na peneira após secagem na estufa.....	30
Figura 10 - Curva granulométrica do resíduo de concha de sururu.....	31
Figura 11 - Área externa da planta da empresa parceira: baias de armazenagem de agregados e silos para dosagem ao fundo.....	32
Figura 12 - Peças de piso com dupla camada na cor vermelha.....	33
Figura 13 - Adição manual do resíduo de concha de sururu ao traço de concreto.....	34
Figura14 - Peças de piso com resíduo de concha de sururu recém-moldados.....	35
Figura15 - Câmara úmida para cura de pré-moldados de concreto.....	36
Figura 16 – Análise visual da família de peças RCS00.....	40
Figura 17 – Análise visual da família de peças RCS05.....	41
Figura 18 – Análise visual da família de peças RCS10.....	41
Figura 19 – Análise visual da família de peças RCS12.....	42
Figura 20 – Superfície de uma peça com resíduo de conchas de sururu.....	43
Figura 21 – Resistência Característica à Compressão NBR 9781, 2013.....	46
Figura 22 – Absorção de água NBR 9781, 2013.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Composição química da concha de sururu.....	21
Quadro 02 - Caracterização granulométrica da areia.....	25
Quadro 03 - Caracterização granulométrica do pó de pedra.....	25
Quadro04 - Caracterização granulométrica do agregado graúdo.....	26
Quadro 05 - Caracterização granulométrica do resíduo de concha de sururu.....	31
Quadro 06 - Traço utilizado no corpo das peças.....	36
Quadro07 - Traço utilizado na dupla camada.....	36
Quadro 08 - Percentual real de substituição do agregado miúdo por RCS no traço do corpo das peças.....	37
Quadro 09 - Resistência Característica à compressão realizado pela fábrica – Fpk.....	43
Quadro 10 – Absorção de água NBR 9781.....	44
Quadro 11 – Resistência Característica à Compressão NBR 9781.....	45
Quadro 12 – Comparação entre os traços de referência.....	46

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a minha orientadora Dra. Emilia Kohlman Rabbani que me acolheu de todas as formas possíveis, aos meus pais por todo apoio. As minhas tias Marília e Ester que sempre estão dispostas a tudo (inclusive preparar o sururu que eu comprava na ilha ao final de cada visita técnica), a Concrepoxi Artefatos pela parceria e ao prof. Dr. Ângelo Just por abrir as portas da Tecomat para a realização dos ensaios.

À mestra Ariane Cardoso que veio antes de mim e deu início ao projeto do DESS que estuda a utilização das conchas de sururu da Ilha de Deus em compósitos cimentícios, aos meus amigos e meu irmão que me ajudaram com mão de obra não remunerada: Flávio Moraes, Juliana Oliveira, Caio Vasconcelos, João Guilherme e Eduardo Pedrosa.

Agradeço também a Edênia Barros e Mariana Siqueira que não foram mão de obra, mas foram ombros amigos na minha passagem pelo PEC, a Victor Almeida pelo apoio emocional, a Renato Macedo por todo amor e por me apoiar e acalmar desde o início dessa jornada, a Edson Fly, morador da ilha que em uma conversa de duas horas me fez enxergar coisas que não vi em uma vida inteira, ao Agridoce, meu grupo de teatro que embarcou nas minhas loucuras e montou uma peça de teatro para falar sobre as comunidades ribeirinhas de Recife. Mais uma vez a arte me salvou, já perdi a conta de quantas vezes fui salvo por ela. Aurora Jamelo, Flávio Moraes, Igor Moura e Sophia William, sem vocês eu não chegaria até aqui, obrigado!

1 INTRODUÇÃO

A política nacional de resíduos sólidos (PNRS) instituída em 2010 pela lei Nº 12.305 define objetivos e instrumentos, bem como diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Estão entre os objetivos da PNRS a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais e o incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclado (BRASIL, 2010).

No Brasil, a maricultura vem se desenvolvendo muito rápido e com destaque no estado de Santa Catarina, pois se concentra grande parte do cultivo de moluscos, colocando o país na segunda posição na América Latina como produtor. Nesse contexto, o litoral norte do estado de Pernambuco também possui importância para a maricultura (RÊGO, 2016). A pesca do marisco, devido ao seu beneficiamento, produz resíduos que causam grandes impactos ambientais, tais como: poluição visual, assoreamento de rios e mangues, odores desagradáveis e problemas de higiene e saúde pela falta de controle sanitário (EL-DEIR, 2009).

A comunidade pesqueira Ilha de Deus localiza-se no parque dos manguezais em Recife no estado de Pernambuco e tem como principal atividade econômica a maricultura. Em decorrência da atividade pesqueira, a comunidade vem sofrendo com o acúmulo excessivo de resíduos, conforme ilustrado na figura 1. Todo o resíduo oriundo da coleta de moluscos, principalmente as conchas de Sururu, é descartado de forma inadequada às margens da ilha assoreando o leito do rio e fazendo com que a ilha, com o passar dos anos, avance sobre o manguezal.

Figura 01 - Acúmulo de resíduos de sururu na Ilha de Deus.



Fonte: Arquivo pessoal.

1.1 Contextualização e justificativa

1.1.1 Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife

O seu complexo sítio urbano se formou a partir da deposição de sedimentos numa antiga baía rasa onde desaguavam os dois rios mais importantes, o Capibaribe e o Beberibe. A ocupação do espaço urbano do Recife se deu à custa de consideráveis modificações ambientais das planícies e estuários, e seu complexo paisagístico composto por manguezais, restingas, deltas intralagunares e arrecifes, para dar lugar à paisagem urbana (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Desde sua fundação, ainda como localidade portuária sob os outeiros de Olinda, o Recife é um exemplo emblemático do forte embate histórico e cotidiano entre a cidade e seu suporte físico, neste caso as planícies e os seus rios. A grande densidade e ramificação do seu sistema de drenagem impuseram/impõem sérias restrições e dificuldades à expansão da cidade (ALMEIDA; CORRÊA, 2012). Não obstante o fato da importância das vias fluviais como meios de transporte na cidade com o desenvolvimento técnico, expandiram-se os transportes terrestres os quais contribuíram para a dinâmica mais intensa do processo de ocupação do espaço urbano e regional (CASTILHO, 2011).

O crescimento da cidade foi intensificado após a abolição dos escravos, em 1888, pois um contingente populacional formado por trabalhadores livres dos antigos engenhos migrou para o Recife em busca de trabalho, fluxo este facilitado pela expansão e modernização das vias e meios de transporte. É nesse tempo que se dá um aumento considerável na construção de mocambos ou palafitas – habitações improvisadas e construídas sobre os manguezais, sobre alagados, nas margens ou mesmo dentro do leito dos rios e estuários – ou seja, nas áreas menos valorizadas e ainda não incorporadas à “cidade legal” (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Até o início do século XX, a cidade do Recife ainda possuía laços profundos com seus sítios físico-geográficos, uma vez que a população ainda dependia dos ecossistemas locais para o sustento e para as atividades econômicas. Acrescente-se também o fato de que as populações mais carentes sempre tiveram um trato menos perverso para com a natureza. A vida dos mais pobres sempre foi mais harmonicamente entremeada nos ecossistemas locais, o que os levou a degradar esses ambientes numa escala muito inferior a que as populações mais abastadas degradavam (SANTOS, 2013).

A construção de pontes e a abertura de novas ruas à custa do aterro de mangues e canais foi uma marca no início do século XIX. Ao mesmo tempo surgem melhoramentos urbanos em relação ao abastecimento de água. São também desse momento histórico as melhorias no sistema de transporte da cidade, um dos principais responsáveis pela expansão urbana do Recife, com a criação dos bondes puxados a burro, a abertura de estradas e ferrovias, o que facilitou o acesso aos antigos engenhos, transformados em povoados, que passavam a ser interligados à parte central da cidade (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

A transformação dos antigos engenhos em usinas modernas também teve um impacto nas transformações sócio-espaciais do Recife. Primeiro, liberou muita mão de obra que rumou dos canaviais para a cidade, fazendo com que aumentasse a sua população e conseqüentemente aumentasse o número de mocambos e palafitas; e segundo, incrementou consideravelmente a poluição dos rios, com o lançamento dos eflúvios industriais não tratados das usinas; o vinhoto (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

No Brasil, a descentralização das políticas habitacionais, assim como o pouco recurso destinado a elas e a ineficiente política de regularização fundiária fez com que surgissem, em suas principais cidades, gigantescos bairros pobres e favelas. As últimas décadas foram marcadas pelo crescimento populacional “desordenado” das grandes cidades de países subdesenvolvidos (SANTOS, 2013).

A degradação do meio ambiente, de um modo geral, está muito ligada ao consumo, a velocidade com que se usa e descarta objetos, alimentos e outros. As populações socialmente e

economicamente favorecidas tendem a consumir numa velocidade superior às populações menos favorecidas e, conseqüentemente, gerando mais degradação do meio ambiente. Por outro lado, essas populações que degradam com maior velocidade possuem meios de transferirem os efeitos de suas ações para outras localidades por meio da coleta de lixo, saneamento básico, entre outros. Já as populações menos favorecidas socialmente muitas vezes não têm acesso a esses serviços básicos.

Somente a partir da primeira década do século XX é que o Estado retomou ações urbanísticas de cunho higienista. Para tanto, o sanitarista Saturnino de Britto foi convidado pelo governador Herculano Bandeira para instalar um novo sistema de esgoto e abastecimento de água potável em Recife: em 1910, inaugurou-se a Estação de Tratamento do Cabanga. Paralelamente aos trabalhos realizados em vista do melhoramento da área do porto, inspirados pelas políticas higienistas, colocou-se em ação iniciativas no sentido da melhoria do bairro do Recife, porta de entrada da cidade: demolição das chamadas “habitações insalubres” – as casas doentes, casas da morte – a fim de facilitar a circulação do ar e a entrada da luz solar, reduzindo-se à existência dos chamados miasmas para evitar a proliferação de doenças e epidemias contagiosas. O higienismo exerceu, portanto, forte influência nas intervenções urbanísticas também em Recife e isto notadamente, como afirma Bitoun (1990), até ao final da primeira metade dos anos 1950, representando uma resposta terapêutica que procurava promover uma situação de equilíbrio socioespacial face aos problemas inerentes à existência de uma paisagem urbana considerada pelos profissionais do urbanismo – médicos, engenheiros, arquitetos, etc. – como uma paisagem patogênica (CASTILHO, 2011).

1.1.2 Crise Ambiental na Região Metropolitana do Recife (RMR)

Com o aprofundamento da ideia do espaço como uma dimensão importante da sociedade e para a sociedade, passou-se a compreender, mais claramente, as inter-relações dos homens com o seu espaço não apenas a partir da perspectiva positivista homem-meio, mas da perspectiva dialética sociedade-natureza. Nessa perspectiva, a primeira natureza, que é a natureza já existente, era cada vez mais subordinada pela segunda natureza, que é a natureza após as transformações aplicadas pela sociedade, reforçando o papel do espaço como um meio inerte. O aprofundamento da ideia do domínio da segunda natureza sobre a primeira tem estimulado transformações sociais. Essas transformações contribuíram para a consolidação de outras categorias de análise das inter-relações sociedade-natureza no processo de construção do ambiente urbano, dentre as quais se destacaram duas: a ecologia urbana dos anos 1980 e a cidade sustentável do período pós-Eco 92 (CASTILHO, 2011).

A Região Metropolitana do Recife possui profundos problemas ambientais e, esses problemas não são decorrentes de fenômenos naturais, muito menos de alterações globais nas dinâmicas atmosféricas, mas do modelo de urbanização em curso e do fracasso do planejamento urbano em solucionar problemas sociais e ambientais da região. A crise ambiental da RMR advém, na verdade, da conflituosa relação que sua população mantém com os sítios geográficos locais, pois no próprio processo de ocupação e de urbanização dos municípios, a população foi superpondo diferentes modos de lidar com a natureza, um mais agressivo que o outro (SANTOS, 2013). Essa correlação entre mocambos, favelas, palafitas e a “onipresença” da água no Recife, toma proporções diferenciadas e perversas no contexto dos problemas socioambientais urbanos no Brasil (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Os cursos hídricos, a propósito, compõem um outro eixo de constante degradação ambiental decorrente da urbanização. Os principais rios da RMR encontram-se em elevado grau de poluição, levando ao desaparecimento de espécies vegetais e animais marinhos. Os dois principais rios da região, o Capibaribe e o Beberibe, sofrem atualmente com despejos industriais e domésticos. Além disso, o descarte de lixo e o assoreamento complementam o cenário desolador (SANTOS, 2013).

Vale destacar que os pescadores e catadores de sururu e marisco residentes na Ilha de Deus praticam as suas atividades pesqueiras nos rios da cidade, e não apenas no entorno da comunidade. O Sururu que é beneficiado na ilha vem do leito dos rios que cortam a RMR, principalmente no entorno dos bairros do Recife Antigo, Santo Amaro e Santo Antônio. Assim, podemos assumir que o trabalho de coleta de sururu e outros moluscos bivalves, funciona como um processo constante de limpeza e desobstrução do leito dos principais rios da cidade. É evidente que apenas a prática dessa atividade não soluciona o problema do assoreamento dos rios no centro da cidade, mas contribui com a retirada de um montante considerável de matéria do leito dos rios. Por outro lado, esse material é depositado nas imediações da comunidade Ilha de Deus após o descasque dos moluscos, gerando problemas de assoreamento do leito dos rios que circundam a comunidade.

Para Tasca, Pompêo e Finotti (2018), a limpeza de galerias e tubulações de drenagem, o desassoreamento de rios e canais, são práticas que ajudam a prevenir a ocorrência de alagamentos. A problemática ambiental reafirma-se nos nossos dias como uma problemática inerente à dinâmica socioespacial dos ambientes urbanos na sua complexidade, remetendo-nos à perspectiva de pensar um modelo alternativo de desenvolvimento humano (CASTILHO, 2011).

Como se sabe, os problemas ambientais urbanos são complexos e exigem um tratamento igualmente complexo. Porém, tanto em Recife, como em Olinda, Jaboatão e em todos os demais

municípios da RMR, a política ambiental não é pensada e formulada num esforço conjunto, envolvendo todas as secretarias e órgãos municipais. Pelo contrário, o planejamento e a formulação das políticas ambientais são extremamente setorizados e, por consequência, possuem um alcance muito pequeno, não conseguindo atingir os verdadeiros fatores desencadeadores da crise ambiental metropolitana (SANTOS, 2013). Vale ressaltar, desde logo, que as políticas urbanas de caráter sustentável devem tratar da eco-gestão nos seus diversos níveis, isto é, nos dos dejetos, da mobilidade, da morfologia, do governo urbano e da distribuição (acesso aos bens e serviços) na totalidade concreta dos ambientes urbanos. Isso porque a crise urbana não é somente uma crise ecológica, mas, sobretudo, uma crise econômico-social (CASTILHO, 2011).

1.1.3 Ilha de Deus: Processo de urbanização

A Ilha de Deus está situada no bairro do Pina, zona sul do Recife e possui uma área de 0,1 km², a qual é uma área de preservação permanente denominada Zona Especial de Interesse Social – Zeis (SILVA; DE ARAUJO, 2019). A sua classificação como Zeis se deu em 1995 por apresentar as seguintes características: 1) uso predominantemente habitacional; 2) população com renda familiar igual ou inferior a três salários-mínimos; 3) carência ou ausência de serviços de infraestrutura básica e 4) possibilidade de urbanização (CAVALCANTI, 2021).

A região é banhada pelos rios Beberibe, Jordão e Tejipó, e a principal fonte de renda da população local é a pesca de animais da fauna local, como peixes diversos, camarão, sururu e marisco (CIDREIRA-NETO; RODRIGUES, 2018). Segundo Cavalcanti (2021), os moradores não consideram o mangue, no qual a comunidade está inserida, como uma mera fonte de renda, mas sim um ambiente ao qual pertencem e possuem laços naturais e de identidade cultural, cujo senso de sobrevivência e dependência para subsistência e geração de renda os leva a formar um compromisso com o referido local.

Segundo matéria do Jornal do comércio (2017), o processo de requalificação da ilha começou em 2007 com um projeto do governo do estado que pretendia entregar casas de alvenaria, que substituiriam os antigos barracos improvisados, as quais teriam água encanada e saneamento básico, mas só em 2017 as obras foram finalizadas. Porém, Edson Fly, morador da ilha, relata que a pesar das mudanças positivas trazidas pelo projeto, a comunidade ainda enfrenta alguns desafios de infraestrutura como ruas da comunidade que permanecem sem pavimentação, figura 02, a estação elevatória que deveria fazer a coleta de esgoto, bem como permanece desativada obrigando os moradores a lançarem seus dejetos nas galerias de águas pluviais, figura 03, que desaguam nos rios gerando um impacto ambiental e o acúmulo dos resíduos das atividades pesqueiras que não são recolhidos pela prefeitura em virtude do difícil

acesso à ilha que tem como acesso uma ponte estreita que impossibilita a passagem de caminhões de coleta.

Figura 02 - Rua da Comunidade Ilha de Deus que permanece sem pavimentação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 03 - Esgoto lançado na galeria de águas pluviais.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ainda de acordo com Cavalcanti (2021), os grupos produtivos e de geração de renda da Ilha de Deus são compostos por pescadores (27%), catadores de sururu/marisqueiros (26%) e diaristas, merendeiras e outras especialidades (8%). Aproximadamente 4% dessa população se autodeclara como artesãos e 35% não souberam informar ou optaram por não responder.

Em estudo sobre o aspecto higiênico-sanitário do processo de descasque dos moluscos na Ilha de Deus, Bernardo, Maciel e Da Silva (2009) constataram que a manipulação dos alimentos é realizada a céu aberto, em cabanas, apresentando condições inadequadas de higiene; piso de terra batido ou constituído de pedaços de tábuas e há inexistência de rede de esgoto. Também foi identificada pelo estudo a presença de fossa séptica com vazamento escorrendo a céu aberto.

Diante do exposto, observa-se que mesmo após as intervenções urbanísticas pelas quais a ilha passou nos últimos anos, ainda se fazem necessárias várias melhorias de infraestrutura. A garantia de um espaço adequado para o tratamento dos moluscos coletados, a construção de áreas de lazer, além da pavimentação de ruas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo experimental na fabricação de peças de piso de concreto com substituição parcial da areia por resíduo de conchas de sururu beneficiado a fim de propor um caminho para minimizar os impactos causados pela atividade marisqueira na Ilha de Deus.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar, em parceria com uma fábrica de pré-moldados, a possibilidade de desenvolver peças para piso intertravado utilizando resíduo de concha de sururu em substituição parcial ao agregado miúdo.
- Avaliar o comportamento mecânico das peças de concreto com e sem substituição da areia por resíduo de concha de sururu produzido em parceria com a fábrica a fim de verificar o seu desempenho.

2 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pavimentação Intertravada

Historicamente, o pavimento intertravado é utilizado desde o início da história da pavimentação, sofrendo alterações no processo construtivo até chegar às peças de concreto que conhecemos hoje em dia. Esse sistema construtivo é largamente utilizado por apresentar um processo ágil de construção, permitir remoções sem a necessidade de demolição, proporcionar uma fácil manutenção que pode ser realizada apenas substituindo individualmente peças danificadas e por permitir a infiltração de água por conta da natureza permeável de suas juntas de dilatação.

A NBR 9781, “Peças de concreto para pavimentação intertravada” (ABNT, 2013), define o pavimento intertravado como: pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção. Também define duas classes de solicitação de acordo com o uso, a primeira é a classe para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, que deve apresentar valores de resistência característica às compressões maiores ou iguais a 35 Mpa, e a segunda é a classe para tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados que devem apresentar valores de resistência característica às compressões maiores ou iguais a 50 Mpa.

A norma se utiliza de um mesmo critério de resistência para usos muito distintos. Um exemplo disso é que a mesma exigência que é feita para uma situação de uso de tráfego de veículos comerciais de linha é feita para um uso onde apenas trafegam pedestres, ou seja, a peça de concreto utilizada para pavimentar uma rua de pedestres, uma calçada ou uma praça onde o tráfego é exclusivamente de pessoas, é a mesma utilizada para pavimentação de ruas com tráfego de veículos. Isso, a pesar de está a favor da qualidade do pavimento, é economicamente ruim, pois, quanto maior for a resistência da peça, maior será o seu custo de produção.

De acordo com a NBR 15953, “Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução” (ABNT,2011), o pavimento intertravado consiste em uma camada de subleito que pode ser constituído de solo natural ou proveniente de empréstimo, camadas de base e sub-base que podem ser constituídas de materiais pétreos como agregados industriais, agregados reciclados, cascalho e outros. Seguida da camada de assentamento que pode ser constituída de materiais pétreos granulares, deve ser uniforme e constante, com espessura de $5 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$, na condição

não compactada. E, por fim, o assentamento das peças de concreto de forma manual ou mecanizada.

Benitez et al. (2021) observaram a capacidade de infiltração de pavimentos executados com piso intertravado em pátios de estacionamento por meio de ensaios realizados *in loco* e foi possível verificar que a utilização do piso intertravado como pavimento alternativo mostra-se bastante eficaz no que diz respeito à infiltração de água de chuva e colabora para um menor escoamento superficial, bem como para a redução da intensidade de alagamentos.

Nos últimos anos, observou-se um grande número de estudos que se propuseram substituir os insumos tradicionalmente empregados na fabricação do concreto por materiais alternativos como resíduos de outras atividades econômicas, resíduos industriais, materiais de baixo custo de obtenção e outros.

Paschoalin Filho et al. (2019) estudaram a substituição parcial de agregados naturais por garrafas PET de diversas colorações moídas em moinho de martelo na fabricação de peças de piso intertravado, a fim de identificar o traço ideal para a manufatura das peças, chegando a um percentual ideal de substituição de 12% em massa. As peças produzidas com resíduos de PET apresentaram resistência à compressão semelhante as sem a substituição e para o ensaio de absorção de água. As peças com resíduos de PET apresentaram um valor superior, possivelmente causado pelo aumento de vazios resultante da substituição do agregado natural por resíduos de PET. Apesar disso, a média dos valores encontrados atendem às exigências da ABNT NBR 9781:2013. O estudo também avaliou os custos de produção das peças baseados nos valores do SINAPI e constataram um aumento do custo das peças com a substituição.

Namarak et al. (2018) produziram peças de concreto para piso intertravado substituindo em 100% o cimento por resíduo de carbonato de cálcio e cinzas volantes, numa proporção de 30/70% respectivamente. O agregado natural também foi substituído em 100% por agregado reciclado de concreto. O traço utilizado foi de 1:3 (Aglomerante: Agregado reciclado) e a relação água/ aglomerante variou de 0.3 a 0.4. As peças foram moldadas sob compressão de 6 a 8 Mpa. Os blocos produzidos com as substituições sofreram um aumento da resistência à compressão atingindo valores superiores ao exigido pela ASTM C 1319, a absorção de água e a perda de massa por abrasão também foram avaliadas constatando que os blocos de pavimentação de concreto atendem ao Padrão Industrial Tailandês TIS 59.

Simiele et al. (2007) avaliaram a possibilidade do uso de concreto de consistência plástica para produção de peças de pavimento intertravado. Os materiais utilizados no desenvolvimento dos traços de concreto foram cimento CP V-ARI, água, pedrisco, e, como agregados, areia fina e areia média. Também foi utilizado agregado reciclado de concreto, obtido da britagem de blocos

de concreto, em substituição parcial aos agregados naturais. O traço definido foi 1:2,36:1,81, com 0,8% de aditivo para favorecer a trabalhabilidade e reduzir o fator a/c da mistura, e a substituição do agregado natural pelo reciclado foi feita até atingir 80% de substituição. Foram analisadas as características físicas e a curva granulométrica dos agregados, bem como as características químicas do resíduo de concreto.

No estado fresco foram feitos ensaios de massa específica, teor de ar incorporado e espalhamento diametral. Para o estado endurecido foi avaliado a resistência à compressão e o módulo de elasticidade. O estudo conclui que foram satisfatórios os resultados de resistência mecânica e módulo de elasticidade para os corpos de prova com 40% de substituição do agregado natural pelo reciclado, tendo obtido o valor de resistência mínima de 35 MPa recomendado pela NBR 9781 (ABNT, 2013).

Silva et al. (2017) estudaram o comportamento do concreto com resíduo de borracha de pneus na produção de pisos intertravados. Na confecção das peças de concreto foram empregados cimento Portland do tipo CPV-ARI (alta resistência inicial), agregado miúdo de origem quartzosa, agregado graúdo de origem basáltica, resíduos de borracha provenientes do processo de recauchutagem de pneus e aditivo do tipo superplastificante. O traço de referência foi em massa 1:0,77:2,33:1,11:0,43 (cimento: areia: pó de pedra: brita 0: água), enquanto nas demais misturas foi realizada a substituição parcial da areia pelo resíduo de borracha nas porcentagens de 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10%, 20% e 50%.

Os agregados foram submetidos a ensaios de determinação da massa específica, da massa unitária e da granulometria. Após as misturas dos concretos foi determinada a consistência de cada traço. Foram moldadas peças de pisos intertravados de dimensões 200x100x60 (mm) que foram submetidas aos ensaios de absorção de água e de resistência à compressão simples aos 7 e aos 28 dias após a confecção. Os resultados dos estudos concluem que as porcentagens de borracha incorporada ao concreto alteram de forma significativa a resistência das peças, tendo os pisos com até 10% de substituição, sua resistência aumentada em relação ao traço de referência e podendo até serem utilizados em pavimentos de tráfego pesado. Já para as peças com porcentagem de substituição entre 20% e 50% demonstraram redução da resistência, com os pisos com 50% de substituição da areia pelo resíduo de borracha ficando abaixo dos 50 MPa exigidos para pavimentos de tráfego pesado, embora ainda fique acima dos 35 MPa exigidos para tráfego leve.

2.2 O sururu - *Mytella falcata*

O *Mytella falcata* é um molusco lamelibrânquio e bivalente da família Mytilidae, distribuído na América Latina, o qual é encontrado no litoral do Atlântico e do Pacífico. Na natureza serve de alimento para peixes, aves e para o homem. Esse molusco é explorado na gastronomia ou como fonte de renda para os pescadores (Silva, 2009). O Sururu coletado pelos marisqueiros residentes na Ilha de Deus ao longo dos rios da cidade é levado para a comunidade em pequenas embarcações e no momento em que desembarcam, começa o processo de separação da carne do molusco, isto é, o produto que é comercializado das conchas. A retirada da carne do sururu se dá por meio do aquecimento de latas com água em fogueiras improvisadas. Quando submerso em água fervente, o molusco morre e sua concha se abre, em seguida são peneirados em peneiras improvisadas com caixotes de plástico e materiais alternativos nos quais as conchas ficam retidas e apenas a carne do sururu passa. Após esse processo, o produto a ser comercializado na indústria alimentícia é embalado e acondicionado em refrigeradores, e as conchas são descartadas ali mesmo. O processo de beneficiamento do sururu está ilustrado na figura 04.

Figura 04 - Etapas do beneficiamento do sururu na Ilha de Deus.



Fonte: Arquivo Pessoal

Conhecido popularmente como sururu, o molusco *mytella falcata* apresenta a seguinte classificação sistêmica: Reino animalia – Filo: Mollusca - Classe: bivalvia – Ordem: mytiloida - Família: mytilidae – Gênero: *mytella* – Espécie: *mytella falcata* (MARTINS, 2018).

A composição química das conchas de sururu, segundo Cardoso (2019), é apresentada no quadro 01.

Quadro 01 – Composição química da concha de sururu

Elemento	Peso %
CaO	49,52
Na ₂ O	0,46
SO ₃	0,44
SiO ₂	0,43
SrO	0,25
Al ₂ O ₃	0,24
Fe ₂ O ₃	0,12
P ₂ O ₅	0,07
MgO	0,06
BaO	0,05
K ₂ O	0,02
ZnO	0,02
PF*	48,34
Total	100

Nota: PF* – Perda ao fogo.

Fonte: Cardoso (2019).

A malacocultura é o cultivo de moluscos bivalves, sendo considerada pela Organização de Agricultura e Alimento das Nações Unidas (FAO/ONU) uma atividade ecologicamente correta, promovendo a preservação e manutenção dos recursos naturais marinhos, mas, quando realizada em densidades elevadas, gera impactos ambientais e desequilíbrios nos ecossistemas, provenientes de uma maior produção dos resíduos (SANTOS; MOURA, 2017). Segundo Petrielli (2008), o descarte inadequado dos resíduos da malacocultura nas baías pode gerar o assoreamento delas.

Em estudo divulgado em fevereiro de 2017, disponível no anexo A, a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (SDSMA) apontou alguns problemas socioambientais encontrados na Ilha de Deus, dentre eles podemos destacar a destinação incorreta das conchas de marisco e sururu, aproximadamente 43 toneladas por mês, resultando na compactação do solo e na destruição do mangue, na ocupação popular em áreas aterradas com conchas para diversos fins, como garagem, pocilga, galinheiro e criadouros de patos. E, a partir disso, notou-se a necessidade de ações periódicas de educação ambiental para os moradores. O relatório aponta ainda para a necessidade de organização e instalação de barracas de tratamento de sururu.

Diante da necessidade da construção de ambientes para o tratamento do sururu produzido pelos moradores da comunidade, apontada pelo relatório da SDSMA, vislumbra-se a

oportunidade de se desenvolver produtos pré-moldados de concreto como peças de concreto para piso intertravado e blocos de concreto para vedação que contenham resíduo de conchas de sururu em sua composição e, possivelmente, aplicá-los em tais construções.

2.3 Utilização de conchas de moluscos bivalves em compósitos cimentícios

A Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco vem desenvolvendo estudos experimentais e projetos de extensão nos últimos anos envolvendo as comunidades pesqueiras da cidade do Recife, com relação à problemática dos resíduos sólidos, a fim de identificar problemas locais e apontar possíveis soluções. O presente estudo experimental faz parte desse conjunto de ações voltadas a ouvir os moradores dessas comunidades e traçar caminhos viáveis dentro dos conhecimentos técnicos acadêmicos.

Cardoso (2019), em sua pesquisa, comparou argamassas dosadas na proporção 1:3 em massa e relação água/cimento de 0,55 com substituição parcial do agregado por resíduo de concha de sururu para as porcentagens de 0%, 10%, 20%, 30%, e 40% em massa para idade de 28 dias e de 20% e 40% para a idade de 180 dias. As conchas foram lavadas e aquecidas para a remoção de impurezas e materiais orgânicos e então foram trituradas até que atingissem a finura correspondente a de um agregado miúdo. Aos 28 dias, dentre as amostras com substituição parcial do agregado, a que obteve melhor desempenho foi a com 10% de substituição com pouca redução na resistência à compressão (2,7%) e com redução expressiva da absorção por capilaridade (46%).

Em relação às amostras de 180 dias, a que teve melhores resultados foi a com substituição de 20% com redução de 15,1% na resistência à compressão 2,3% na absorção capilar e um incremento de 11,77% no índice de vazios. Ao final foi constatado que é possível a sua utilização como agregado miúdo reciclado em proporções de até 20% sem grandes prejuízos às propriedades das matrizes cimentícias. Esse estudo experimental foi realizado na Escola Politécnica de Pernambuco e serviu de ponto inicial para o presente estudo.

Santos (2019) estudou a viabilidade técnica da substituição parcial do cimento pelo pó calcinado de cascas de sururu em argamassa com substituições de 0%, 5% e 10% em massa. As conchas foram postas sobre uma peneira de abertura 4,8 mm e lavadas com um jato de água sob pressão com a finalidade de remover as impurezas. No dia seguinte, o material foi novamente lavado, agora com água corrente de uma pia e sobre uma peneira de abertura de 8 mm. Em seguida, foi levado para uma estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde ficou por 24 h para secar. Após a secagem, as conchas foram trituradas e, em seguida, calcinadas em uma fornalha elétrica para

reduzir o volume do material e aumentar a superfície de contato, com a finalidade de otimizar a eficiência da reação.

Das amostras com substituição, a com 5% de substituição apresentou maior índice de consistência e densidade no estado fresco. Já no estado endurecido, o grupo com 10% de substituição apresentou menor porosidade, maior densidade aparente e resistência à compressão, indicando que esse é o teor ótimo para essas características físicas e mecânicas. Esse estudo foi desenvolvido na Escola Politécnica de Pernambuco em paralelo ao presente estudo experimental.

Lima, Matos e Rhoden (2017) pesquisaram o desenvolvimento de blocos de cimento Portland com resíduos de maricultura em substituição à areia com traço básico de dosagem cimento: areia: pedrisco: resíduo de marisco de 1:2:2:0 e relação água/cimento de 0,30, bem como realizando os acréscimos de água quando necessários para manter o cimento homogêneo. A limpeza do material seguiu as etapas de seleção manual para a retirada de impurezas maiores, lavagem em uma betoneira de 120 litros por 10 minutos e finalmente por mangueira. Após a limpeza, as conchas foram submetidas a secagem em estufa e moagem em moinho de bolas até obterem a dimensão de um agregado miúdo. Em seguida, o material de dimensão inferior a 4,8mm foi peneirado em uma mesa vibratória utilizando as peneiras de malhas 2,4mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm, 0,15mm, 0,075mm, sendo as frações peneiradas separadas em sacos plásticos de acordo com a malha em que ficaram retidas, após lavagem para remoção de qualquer material pulverulento e nova secagem em estufa.

Foram feitas substituições de 20%, 60% e 100%. No final, as relações água/cimento foram 0,44 para a substituição 20%, 0,47 para 60% e 0,44 para 100%. No ensaio de resistência à compressão para corpos de prova cilíndricos, os valores de FCK foram 24,1 MPa, 22,4 MPa e 7,8 MPa, respectivamente, para os teores de 20%, 60% e 100%. Para o ensaio de resistência à compressão de blocos, observaram-se os valores médios de 2,94 MPa e 3,48 MPa, respectivamente, para os teores de 60% e 100%.

Mohanalakshmi et al. (2017) estudaram o desenvolvimento de concreto usando conchas marinhas como agregado miúdo. As conchas usadas foram principalmente de moluscos bivalves e algumas de univalves. As conchas foram lavadas para a remoção do íon cloro e depois foram moídas até atingirem uma dimensão menor que 4,75 mm. Foram feitas substituições nas porcentagens de 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%. A conclusão foi de que o uso das conchas marinhas gerou um aumento gradativo da resistência à tração e à compressão até a porcentagem de 80%, ocorrendo queda na resistência com 100% de substituição.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo descrevem-se os materiais utilizados no estudo experimental, caracteriza-se o local e a forma de coleta dos resíduos de conchas de Sururu e detalha o processo de limpeza, trituração e peneiramento dos resíduos, bem como os processos de fabricação das peças e os ensaios realizados para avaliar as propriedades dos blocos de concreto produzidos.

Foram fabricados, em parceria com uma empresa da Região Metropolitana do Recife, quatro lotes de peças de concreto para piso intertravado nas seguintes dimensões: Largura: (10) cm Altura: (6) cm Comprimento: (20) cm com 200 peças por lote (capacidade mínima de produção por traço).

3.2 Caracterização dos materiais

3.2.1 Aglomerante

O aglomerante utilizado foi o Cimento Portland CPV-ARI Lafarge, com alta resistência inicial. Esse tipo de cimento é geralmente utilizado em fábricas de pré-moldados, por ser composto por um alto teor de *clinker* e por atingir altas resistências num curto espaço de tempo, permitindo que as câmaras de cura sejam liberadas mais brevemente garantindo uma maior produtividade.

3.2.2 Areia

Foi utilizada a areia natural que a fábrica já emprega em seu processo de produção das peças de piso intertravado. A coleta das amostras de agregados naturais cumpriu com as recomendações da ABNT NBR NM 26:2009 “Agregados – Amostragem”, que designa os procedimentos para a coleta, armazenagem e transporte das amostras de agregados naturais graúdos e miúdos para concreto destinados a ensaios em laboratório. Os parâmetros físicos dos agregados em relação às suas dimensões, apresentados no quadro 02, foram determinados a partir de ensaios laboratoriais para confrontar as amostras coletadas com as especificações técnicas da ABNT NBR 7211:2009 “Agregados para concretos – Especificação”, que determina os requisitos exigidos em relação aos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland.

]

Quadro 02 – Caracterização granulométrica da Areia

Caracterização Granulométrica - Areia			
Abertura (mm)	Massa retida (g)	%	% acumulado
4.76	0.15	0.05%	0.05%
2.38	5.47	1.82%	1.87%
1.19	41.02	13.67%	15.54%
0.59	114.795	38.26%	53.80%
0.297	88.355	29.45%	83.25%
0.149	33.335	11.11%	94.36%
Fundo	16.915	5.64%	100.00%

Fonte: O autor

A areia utilizada nos traços apresenta dimensão máxima característica de 2,38 mm, módulo de finura de 0,02 e possui granulometria compatível com a zona utilizável definida na ABNT NBR 7211 (2005) e é classificada como areia média.

3.2.3 *Pó de pedra*

Foi utilizado o pó de pedra que a fábrica já emprega em seu processo de produção das peças de piso intertravado. A coleta das amostras de agregados naturais cumpriu com as recomendações da ABNT NBR NM 26:2009 “Agregados – Amostragem”, que designa os procedimentos para a coleta, armazenagem e transporte das amostras de agregados naturais grãos e miúdos para concreto destinados a ensaios em laboratório. Os parâmetros físicos dos agregados em relação às suas dimensões, apresentados no quadro 03, foram determinados a partir de ensaios laboratoriais para confrontar as amostras coletadas com as especificações técnicas da ABNT NBR 7211:2009 “Agregados para concretos – Especificação”, que determina os requisitos exigidos em relação aos agregados miúdos e grãos destinados à produção de concretos de cimento Portland.

Quadro 03 – Caracterização granulométrica do pó de pedra

Caracterização Granulométrica - Pó de Pedra			
Abertura (mm)	Massa retida (g)	%	% acumulado
4.75	4.595	1.53%	1.53%
2.38	63.685	21.23%	22.76%
1.19	45.895	15.30%	38.06%
0.59	44.93	14.98%	53.04%
0.297	53.665	17.89%	70.93%
0.149	52.295	17.43%	88.37%
Fundo	34.9	11.63%	100.00%

Fonte: O autor

O pó de pedra utilizado nos traços apresenta dimensão máxima característica de 4,75 mm, módulo de finura de 0,03 e possui granulometria compatível com a zona utilizável definida na ABNT NBR 7211 (2005).

3.2.4 Agregado Graúdo

Foi utilizada a brita que a fábrica já usa em seu processo de produção das peças de piso intertravado. A coleta das amostras de agregados naturais também cumpriu com as recomendações da ABNT NBR NM 26:2009 “Agregados – Amostragem”. Os parâmetros físicos dos agregados em relação às suas dimensões, apresentados no quadro 04, foram determinados a partir de ensaios laboratoriais para confrontar as amostras coletadas com as especificações técnicas da ABNT NBR 7211:2009 “Agregados para concretos – Especificação”.

Quadro 04 – Caracterização granulométrica do agregado graúdo

Caracterização Granulométrica - Brita			
Abertura (mm)	Massa retida (g)	%	% acumulado
9.52	0	0.00%	0.00%
4.76	636.905	63.65%	63.65%
2.38	307.825	30.76%	94.42%
1.19	16.795	1.68%	96.10%
0.59	6.17	0.62%	96.71%
0.297	6.01	0.60%	97.31%
0.149	9.715	0.97%	98.28%
Fundo	17.17	1.72%	100.00%

Fonte: O autor

3.2.5 Água

A água utilizada nos traços foi a água que a empresa parceira utiliza na sua produção, a qual é proveniente de um poço perfurado nas imediações da planta.

3.2.6 Resíduo de Conchas de Sururu

As conchas de sururu são provenientes da comunidade pesqueira Ilha de Deus e foram levadas para o laboratório de materiais de construção da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, onde foram beneficiadas para atender a uma granulometria equivalente a da areia natural utilizada.

As conchas foram coletadas com o auxílio de um balde plástico e acondicionadas em sacos de nylon com capacidade para até 20 kg. O resíduo de pesca é descartado pelos pescadores nas margens da ilha logo após a retirada da carne do sururu, portanto, pode conter restos de matéria orgânica que sobram desse processo e apresentar mau cheiro e agentes decompositores.

Além disso, como o descarte é feito ao ar livre numa área residencial, resíduos domésticos são encontrados misturados com as conchas como, pode ser observado na figura 05. Por existir uma grande quantidade de conchas disponível, optou-se por coletar as conchas do topo dos montantes mais antigos por estarem mais distantes da umidade do mangue e secas pelo sol, facilitando assim o processo de limpeza do material posteriormente. Foram coletados cinco sacos de resíduo bruto, totalizando aproximadamente 100 kg de resíduo bruto de conchas de sururu.

Figura 05 - Acúmulo de conchas nas margens da Ilha de Deus e a presença de resíduos domésticos.



Fonte: Arquivo pessoal.

O material foi levado ao campus da Escola Politécnica de Pernambuco, onde foi lavado com água corrente com o auxílio de uma peneira com abertura de 4,75mm e posto para secar ao sol, como pode ser observado na figura 06.

Figura 06 - Lavagem das conchas de sururu.



Fonte: Arquivo pessoal

Nessa etapa, foram removidos restos de carne de sururu, resíduos domésticos como tampas de refrigerante e plástico de bala, conchas de outros moluscos e pequenos insetos que se alimentavam dos resíduos orgânicos presentes nas conchas, como o *Paederus*, popularmente conhecido como potó, figura 07.

Figura 07 - *Paederus*, inseto encontrado com frequência nos resíduos de conchas de sururu.



Fonte: Arquivo pessoal.

As conchas de moluscos bivalves apresentam uma película de matéria orgânica que serve para uni-las em pares quando o molusco ainda está em vida. Se essa matéria orgânica for adicionada ao concreto, ela será decomposta com o passar do tempo e ocasionará vazios, diminuindo, assim, a sua durabilidade. A partir disso, as conchas foram levadas para o Laboratório de Materiais de Construção da Escola Politécnica de Pernambuco – LMC, onde foram colocadas para secar em estufa a 100°C por 24 horas. Nesse processo, a película resseca e se solta da concha, em seguida foram peneiradas em peneira com abertura de 4,75mm (figura 08) para que as conchas pudessem ficar livres de qualquer resíduo das películas, o material passante na peneira está apresentado na figura 09.

Figura 08 - Peneiramento das conchas após secagem em estufa.



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 09 - Material passante na peneira após secagem na estufa.



Fonte: Arquivo pessoal.

As conchas limpas e livres da película foram trituradas em liquidificador doméstico da marca “Black Power” com potência de 500 W. Foram trituradas porções de aproximadamente 300 g por vez. Cada porção foi triturada por aproximadamente 30 segundos e, em seguida, peneirada na peneira de número 4 com abertura de 4,75mm e na peneira de número 200 com abertura de 0,074 mm com o auxílio de um peneirador mecânico. O material retido na peneira n° 4 retornava para o trituramento no liquidificador para que atingisse a granulometria necessária para passar na peneira e ser classificado como agregado miúdo, e o material pulverulento passante na peneira n° 200, que ficou no fundo do conjunto de peneiras, foi descartado. O quadro 05 traz a granulometria do resíduo de concha de sururu beneficiado.

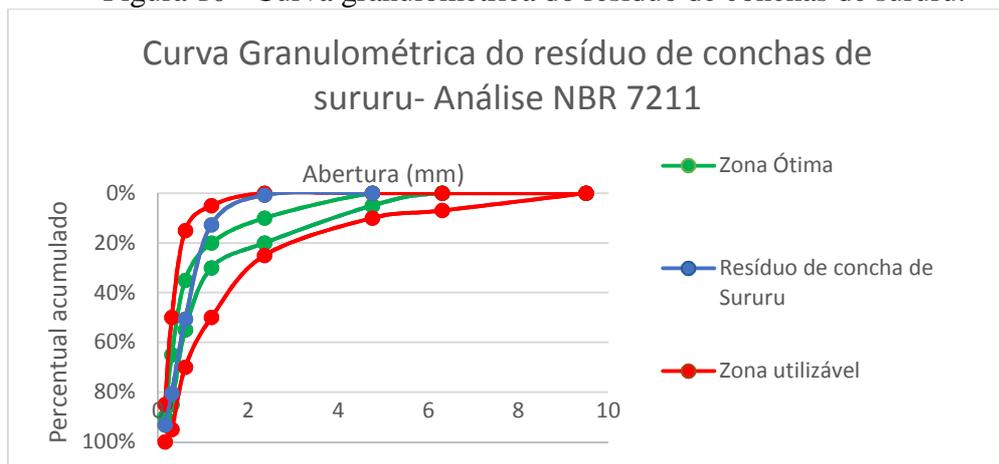
Quadro 05 - Caracterização granulométrica do resíduo de conchas de sururu.

Caracterização Granulométrica do resíduo de concha de sururu			
Abertura (mm)	Massa retida (g)	%	% acumulado
4.75	0	0.00%	0.00%
2.38	2.22	0.74%	0.74%
1.18	35.75	11.95%	12.69%
0.6	113.32	37.87%	50.56%
0.3	89.785	30.00%	80.56%
0.15	38	12.70%	93.26%
fundo	20.175	6.74%	100.00%

Fonte: O autor

O resíduo de conchas de sururu beneficiado, utilizado nos traços, apresenta dimensão máxima característica de 2,38 mm, módulo de finura de 0,02 e possui granulometria compatível com a zona utilizável definida na ABNT NBR 7211 (2005). Esse resíduo também possui granulometria semelhante a uma areia média. A curva granulométrica do resíduo de conchas de sururu está apresentada na figura 10.

Figura 10 - Curva granulométrica do resíduo de conchas de sururu.



Fonte: O autor

Na figura podemos observar que a curva granulométrica do resíduo de conchas de sururu beneficiado, em azul, se adequa perfeitamente à zona utilizável definida na ABNT NBR 7211 (2005).

3.3 Produção das peças de piso

As peças de concreto para piso intertravado foram fabricadas em uma empresa parceira localizada no município de Jaboatão dos Guararapes na Região metropolitana do Recife a 21 km de distância da Comunidade pesqueira Ilha de Deus, onde as conchas foram coletadas.

O sistema de produção da fábrica é automatizado e permite o controle dos processos de dosagem e mistura do traço digitalmente por meio de uma central de controle proporcionando uma grande capacidade produtiva. Os materiais utilizados na fabricação das peças pré-moldadas de concreto ficam armazenados da seguinte maneira: Os agregados são dispostos em baias ao ar livre e são transportados através de uma esteira rolante para silos, já o cimento fica armazenado em silos. A figura 10 ilustra a disposição das baias de agregado na área externa da planta da fábrica e dos silos que fazem a dosagem automatizada do concreto.

Figura 11 - Área externa da planta da empresa parceira: Baias de armazenagem de agregados e silos para dosagem ao fundo.



Fonte: Arquivo Pessoal.

3.3.1 As peças de piso intertravado produzidas e comercializadas pela empresa parceira

As peças de concreto para piso intertravado, produzidas pela empresa parceira desse projeto, possuem tecnologia dupla camada. A primeira camada é feita com mistura convencional de concreto, e a segunda camada com espessura de 1 cm é feita com um traço de areia fina, areia média e cimento, para garantir um melhor acabamento na face superior das peças. No processo de fabricação são rodados dois traços simultaneamente. E, no momento da moldagem, o

concreto convencional é colocado primeiro nas formas, seguido da camada de acabamento, em seguida são prensados à tensão máxima de 2 MPa. Além da peça de cor natural, existem outras opções de cores como: grafite, vermelho, terracota e areia. Vale destacar que o pigmento é adicionado apenas no traço de acabamento e o resto do bloco apresenta coloração natural. Na figura 11 pode-se observar a dupla camada de um bloco com pigmentação vermelha.

Figura 12 - Peça de piso com dupla camada pigmentada na cor vermelha.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Dentre as peças fabricadas pela empresa parceira, optou-se por testar a substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de conchas de sururu beneficiado no bloco de 20 x 10 x 6 cm categoria de solicitação para tráfego de pedestre e veículos leves 35 Mpa. Foi utilizado o traço já adotado na fábrica para essa categoria. Primeiro, foram fabricados blocos de piso sem substituição, para serem tomados como referência do bloco que já é produzido e comercializado no catálogo da empresa. Em seguida, foram fabricados 200 blocos com 5% de substituição de agregado miúdo por Resíduo de Conchas de Sururu, mantendo as outras características do traço. Na sequência, foram fabricados mais 200 blocos, dessa vez com 10% de Resíduos de Conchas de Sururu em substituição ao agregado miúdo. Por fim, foram fabricados 200 blocos de piso com teor de substituição de 12%.

Como a quantidade de Resíduo de Conchas de Sururu, em comparação aos outros materiais utilizados na planta era muito pequena (72 kg), não se dispôs de um silo com esse material, e a substituição teve que ser feita de maneira não automatizada na etapa de mistura

do traço como ilustrado na figura 12. A quantidade de agregado miúdo a ser substituído em cada traço foi retirada do traço original na central de controle, e o Resíduo de Conchas de Sururu foi adicionado manualmente.

Figura 13 - Adição manual do Resíduo de Conchas de Sururu ao traço de concreto



Fonte: Arquivo pessoal.

A substituição foi adicionada manualmente em cada traço, isto é, ao corpo da peça e em sua dupla camada na mesma proporção de substituição. A partir da adição manual do Resíduo de Conchas de Sururu, seguiu-se a dinâmica normal de fabricação. As peças foram moldadas em fôrmas metálicas do seguinte modo: primeiro o traço de concreto entra na fôrma e, em seguida, a argamassa responsável pelo acabamento da peça, finalizando com a prensagem com tensão máxima de 2 MPa. Após a prensagem, as peças foram desmoldadas em bandejas com capacidade para 50 blocos como ilustrado na figura 13 e seguiram para a cura em câmara úmida (figura 14), onde ficaram por 24 h até serem empilhadas em pallets separados por percentual de substituição (4 pallets), embaladas em plástico e foram levadas para o pátio da fábrica.

Figura 14 - Peças de piso com Resíduo de Conchas de Sururu recém-moldadas.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 15 - Câmara úmida para cura de pré-moldados de concreto.



Fonte: Arquivo Pessoal.

3.4 O traço

O traço, já utilizado pela fábrica para as categorias de solicitação de Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha (35 MPa), foi utilizado como traço de referência. A

partir do traço de referência, foram definidas proporções de substituição do agregado miúdo por resíduo de conchas de sururu em massa. As peças foram divididas em quatro famílias de acordo com o percentual de substituição:

Família RCS00 - Traço de referência para a categoria de 35MPa;

Família RCS05 – Com 5% de pó de conchas de sururu;

Família RCS10 – Com 10% de pó de conchas de sururu;

Família RCS12 – Com 12% de pó de conchas de sururu.

Os traços utilizados na fabricação do corpo das peças e da dupla camada estão descritos no quadro 06 e quadro 07, respectivamente.

Quadro 06 - Traço utilizado no corpo das peças.

Traços do Corpo das peças (kg)						
Família	Areia Média	Resíduo de Conchas de sururu	Pó de pedra	Brita 12	Cimento	Água adicionada (l)
RCS00	175	0	255	350	125	25
RCS05	167	8	255	350	125	25
RCS10	157	17	255	350	125	25
RCS12	154	21	255	350	125	25

Fonte: O autor.

Quadro 07 – Traço utilizado na dupla camada das peças.

Traços da Dupla camada (kg)					
Família	Areia fina	Areia Média	Resíduo de Conchas de sururu	Cimento	Água adicionada (l)
RCS00	75	25	0	30	6
RCS05	72	23	5	30	6
RCS10	70	20	10	30	6
RCS12	69	19	12	30	6

Fonte: O autor.

Os valores calculados para a substituição do agregado miúdo por resíduo de conchas de sururu nos traços do corpo das peças de concreto foram arredondados, pois a central, dosadora utilizada na fabricação, não aceita valores fracionados. Portanto, os valores reais de substituição para cada família estão demonstrados no quadro 08.

Quadro 08 - Percentual real de substituição do agregado miúdo por RCS no traço do corpo das peças de concreto.

Percentual real de substituição	
Família	%
RCS00	0
RCS05	4.57
RCS10	9.71
RCS12	12

Fonte: O autor

3.5 Inspeção Visual

De acordo com a ABNT NBR 9781: 2013 “Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio”, as peças de concreto constituintes do lote devem ser inspecionadas visualmente, a fim de se identificar as peças com defeitos que possam vir a prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento, pois as peças de concreto devem apresentar aspecto homogêneo, arestas regulares e ângulos retos, bem como devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação. Pequenas variações de coloração nas peças, em virtude do processo de fabricação e da variação das matérias-primas, são admitidas.

3.6 Determinação da Resistência Característica à Compressão

A determinação da resistência à compressão das famílias de peças será realizada de acordo com as orientações da ABNT NBR 9781: 2013 “Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio”.

As peças serão saturadas em água a $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por no mínimo 24 h antes do ensaio, as superfícies de carregamento serão retificadas. Essas peças também serão dispostas sobre as placas auxiliares de ensaio, com sua face superior em contato com a placa auxiliar superior, de modo que o eixo vertical, que passa pelo seu centro, coincida com o eixo vertical passante pelo centro das placas, e o carregamento será feito continuamente, com velocidade de 550 kPa/s, com variação de mais ou menos 200 kPa/s. O carregamento prosseguirá até a ruptura completa da peça.

Admite-se que as resistências à compressão obedeçam à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela equação:

$$f_{pk,est} = f_p - t x s$$

sendo

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n - 1}}$$

onde

f_p é a resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa);

f_{pi} é a resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa);

$f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada à compressão, expressa em megapascals (MPa);

n é o número de peças da amostra;

s é o desvio-padrão da amostra, expresso em megapascals (MPa);

t é o coeficiente de Student, fornecido no anexo A da ABNT NBR 9781: 2013.

3.7 Determinação da Absorção de Água

A determinação da absorção de água das peças será realizada de acordo com as orientações da ABNT NBR 9781: 2013 “Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio”. Que define absorção de água, expressa em porcentagem, como “o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido à penetração de água em seus poros permeáveis, em relação à sua massa em estado seco”.

Os corpos de prova serão imersos em água a temperatura de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por 24 h, pesados individualmente na condição saturada com superfície seca, que será obtida drenando o corpo de prova sobre uma tela metálica por 1 min e removendo a água superficial visível com um pano úmido. O procedimento será repetido a cada 2 h, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa saturada m_2 .

Os corpos de prova saturados serão levados à estufa com temperatura a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, onde permanecerão por 24 h, em seguida serão pesados individualmente. O procedimento será repetido a cada 2 h, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa seca m_1 .

O valor da absorção de água de cada peça deve ser calculado utilizando-se a equação:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

onde

A é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m1 é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

m2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios realizados para avaliar as propriedades das famílias de peças de concreto produzidas.

4.1 Inspeção Visual

As figuras 15 a 19 apresentam a aparência das famílias de peças estudadas, e na sequência são discutidos os parâmetros analisados na inspeção.

Figura 16 – Análise visual da família de peças RCS00.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 17 – Análise visual da família de peças RCS05.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 18 – Análise visual da família de peças RCS10.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 19 – Análise visual da família de peças RCS12.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Por terem sido moldadas em fôrmas metálicas, com prensagem mecânica e em processo automatizado, as peças não apresentaram variações significativas com relação à forma, também não apresentaram rebarbas, garantindo um bom encaixe no momento da aplicação. As peças das três famílias com a substituição parcial de areia por resíduo de conchas de sururu (RCS05, RCS10 e RCS12) não apresentaram variação cromática significativa quando comparadas com os blocos da família de referência. Contudo, com um olhar mais atento, é possível identificar pequenos pontos brilhantes na superfície das peças com resíduos de conchas de sururu como mostra a figura 19. Em todas as famílias, inclusive a de referência, sem substituição, foi possível identificar vazios nas laterais dos blocos, e em alguns blocos pode-se até identificar o agregado graúdo, indicando uma deficiência no processo de moldagem.

Figura 20 – Superfície de uma peça com resíduo de conchas de sururu.



Fonte: Arquivo Pessoal.

4.2 Análise preliminar

O quadro 09 traz a resistência característica à compressão das peças produzidas com resíduo de conchas de sururu a partir de testes realizados pela empresa parceira.

Quadro 09 - Resistência Característica à compressão realizado pela fábrica – Fpk.

Resistência Característica à Compressão –Fpk					
Família	Dimensões das peças (mm)			Teor de substituição	Fpk (Mpa)
	Largura	Altura	Comprimento		
RCS00	100	60	200	0%	-
RCS05	100	60	200	5%	13
RCS10	100	60	200	10%	26
RCS12	100	60	200	12%	22,4

Fonte: Fornecido pela empresa parceira e adaptado pelo autor.

Os valores da resistência característica à compressão das famílias RCS05, RCS10 e RCS12 ficaram abaixo do exigido pela NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação intertravada, para solicitação de tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, que é maior ou igual a 35 Mpa. A empresa parceira não forneceu os resultados do ensaio de resistência à compressão da família RCS00 de peças sem substituição.

Cinquenta peças de cada família foram levadas ao laboratório de materiais de construção da Escola Politécnica de Pernambuco, totalizando 200 blocos para a realização dos ensaios descritos no capítulo anterior, os resultados apresentados acima são de ensaios realizados pela empresa de controle técnico contratada pela fábrica parceira do presente trabalho.

4.3 Absorção de água

Amostras das quatro famílias de peças foram levadas para uma empresa que realiza serviços de controle de qualidade para que os ensaios fossem refeitos seguindo as recomendações da NBR 9781 (ABNT, 2013). Os resultados dos ensaios de absorção de água estão apresentados no quadro 10.

Quadro 10 – Absorção de água NBR 9781

Absorção de água					
Família	Nº do corpo de prova	Massa		Absorção individual (%)	Absorção de água média (%)
		M1 (g)	M2 (g)		
RCS00	1	2531	2731	7.9%	7.0%
	2	2609	2765	6.0%	
	3	2598	2784	7.2%	
RCS05	1	2583	2743	6.2%	6.92%
	2	2586	2746	6.2%	
	3	2542	2755	8.4%	
RCS10	1	2648	2811	6.2%	6.23%
	2	2699	2850	5.6%	
	3	2633	2816	7.0%	
RCS12	1	2549	2680	5.1%	5.19%
	2	2645	2791	5.5%	
	3	2667	2798	4.9%	

Fonte: O autor.

De acordo com a ABNT NBR 9781 (2013), a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %. Logo, podemos verificar que as famílias RCS00 e RCS05 apresentaram valores individuais e médios de absorção de água superiores aos permitidos pela norma, enquanto a família RCS10 apresenta valor médio de absorção superior ao parâmetro estabelecido pela norma, e os valores individuais e médios da família RCS12 estão de acordo com os parâmetros determinados pela norma. Além disso, podemos observar que os percentuais de absorção de água diminuíram à medida que a substituição da areia por resíduo de conchas de sururu aumentou.

4.4 Resistência Característica à Compressão

Amostras das quatro famílias de peças foram levadas para uma empresa que realiza serviços de controle de qualidade para que o ensaio de resistência à compressão fosse feito seguindo as recomendações da NBR 9781 (ABNT, 2013). Os resultados dos ensaios estão apresentados no quadro 11.

Quadro 11 – Resistência Característica à Compressão NBR 9781

Resistência à Compressão				
Família	Teor de substituição	Nº de amostras	Desvio padrão (Mpa)	Resistência característica à compressão (Mpa)
RCS00	0%	7	6.94	12.45
RCS05	5%	7	5.66	16.67
RCS10	10%	7	2.97	20.98
RCS12	12%	7	3.32	15.36

Fonte: O autor.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão não atingiram o valor mínimo definido pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para a categoria de solicitação mais simples descrita como: “Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha”, que deve apresentar valores de resistência característica à compressão superior ou igual a 35 Mpa. Além disso, é importante observar que os valores do desvio padrão estão bem elevados. A NBR 7212, Execução de concreto dosado em central (ABNT, 2021), estabelece como melhor controle de preparo o chamado Nível 1, para operações com desvio padrão de até 3 Mpa. Já a NBR 9781 não limita valores para o desvio padrão, porém um desvio padrão alto indica que o processo de fabricação produziu lotes heterogêneos, o que pode indicar alguma falha na dinâmica de produção.

Após a realização dos primeiros ensaios de absorção de água, verificou-se que as peças sem resíduo de conchas de sururu apresentavam resultados superiores aos aceitos pela NBR 9781 (ABNT, 2013). Então, foi solicitado à empresa parceira amostras de outro lote de blocos de concreto para pavimentação sem substituição, com o mesmo traço do primeiro para que os resultados pudessem ser confrontados com dois lotes de referência. Essa família de blocos foi chamada de RCS00X, e os resultados dos ensaios realizados estão demonstrados no quadro 12.

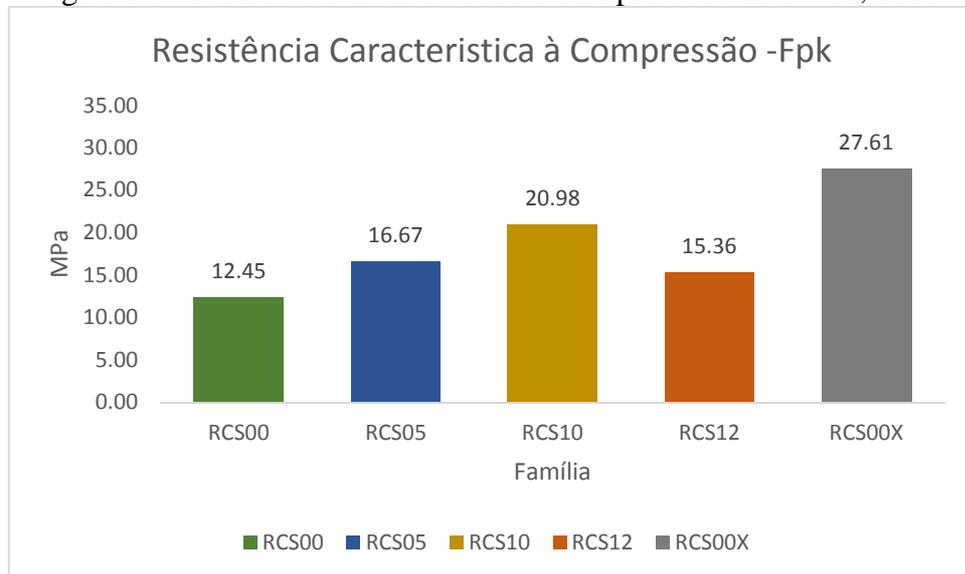
Quadro 12 – Comparação entre os traços de referência

Traços de referência				
Família	Teor de substituição	Absorção de água	Desvio padrão (Mpa)	Resistência característica à compressão (Mpa)
RCS00	0%	7.00%	6.94	12.45
RCS00X	0%	4.38%	3.57	27.61

Fonte: O autor.

Vale destacar que o lote RCS00X foi fabricado em data posterior à data de fabricação dos outros lotes. As peças do novo lote atendem aos critérios da ABNT NBR 9781 (2013) em relação à absorção de água, porém não atingiram a resistência característica mínima para a categoria de 35 Mpa: “Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha”. Além disso, apresentaram valores muito destoantes do lote de referência rodado no mesmo dia em que os lotes com resíduo de conchas de sururu. A figura 15 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão de todas as famílias avaliadas.

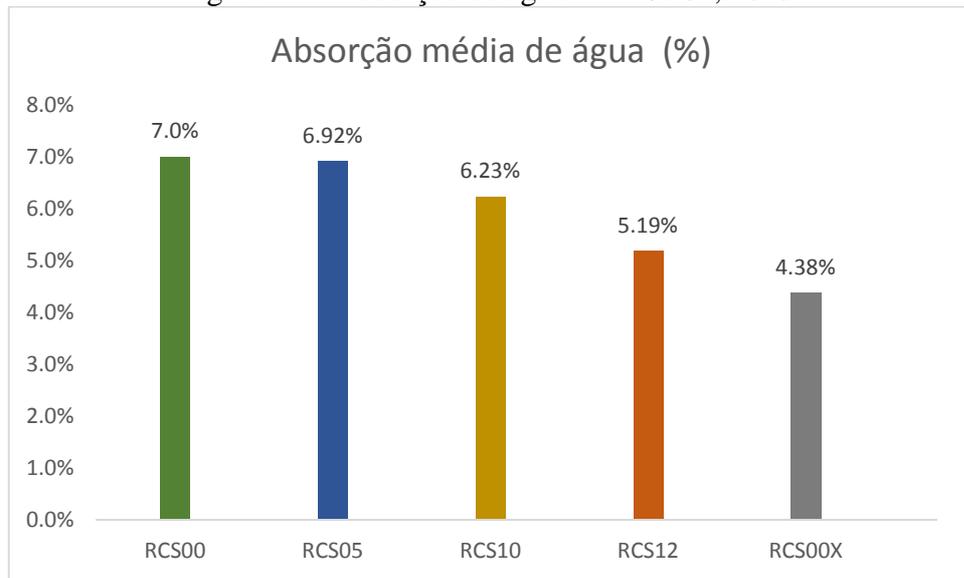
Figura 21 – Resistência Característica à Compressão NBR 9781, 2013.



Fonte: O autor.

O lote RCS00X apresentou resistência característica à compressão 221% maior que o lote RCS00, rodado no mesmo dia das famílias com substituição e utilizado como traço de referência no presente estudo. A figura 16 apresenta os resultados dos ensaios de absorção de água para todas as famílias analisadas.

Figura 22 – Absorção de água NBR 9781, 2013.



Fonte: O autor.

Na figura 16 é possível observar o decréscimo dos valores de absorção de água entre os traços das famílias à medida que se aumenta o grau de substituição de areia por resíduo de conchas de sururu, o que afeta positivamente na qualidade do produto. Ao mesmo tempo, é possível verificar a discrepância entre os dois traços rodados, sem a substituição, quando rodados em dias diferentes.

4.5 Discussões dos resultados

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão não atingiram o valor mínimo definido pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para a categoria de solicitação mais simples descrita como: “Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha”, que deve apresentar valores de resistência característica à compressão superior ou igual a 35 Mpa.

Contudo, quando comparados com os resultados do traço de referência (família RCS00), os traços com a substituição não causaram perdas, pelo contrário, apresentaram melhorias nas suas propriedades tanto nos ensaios de absorção de água quanto nos ensaios de resistência à compressão. O que pode indicar uma possível viabilidade técnica na utilização dos resíduos de conchas de sururu se as condições de produção forem ajustadas.

Optou-se por não rodar novamente os traços com substituição de areia por resíduo de conchas de sururu pela dificuldade de beneficiar as conchas em larga escala utilizando os equipamentos disponíveis e pela falta de tempo hábil de executar tal tarefa.

As grandes dispersões dos valores individuais de resistência à compressão acarretam em valores de desvio padrão elevados indicando uma certa fragilidade na dinâmica de fabricação. Por trabalhar com um traço muito seco, com baixa relação água/cimento, o sucesso do ato de fabricação se dá por meio da etapa de prensagem na moldagem com força aplicada de 2 Mpa. Contudo, existem pontos críticos no processo de dosagem do concreto na planta de fabricação, como a dosagem manual de água obedecendo a critérios visuais empíricos.

A NBR 9781 (ABNT, 2013) não especifica categorias de blocos de concreto para pavimentação para uso em calçadas ou cicloviarias, o que gera uma discrepância com a realidade do Brasil, visto que os pisos intertravados são utilizados frequentemente em calçadas, praças e cicloviarias. E estes que poderiam apresentar especificações mais brandas, terminam por ter que atender a especificações mais severas do que o necessário e serem igualados a usos que exigem mais do pavimento, como o tráfego de veículos de linha.

Além disso, a NBR 16416 (ABNT, 2015) “Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos” estabelece que para uma categoria de tráfego de pedestres, poder-se-ia utilizar peças de concreto permeável com espessura de 60 mm (mesma espessura dos blocos estudados nesse estudo) com resistência igual ou superior a 20 Mpa.

É fato que as peças desenvolvidas no presente estudo experimental não se tratam de peças de concreto permeável. Contudo, é possível afirmar que as peças da família RCS10, com um teor de substituição de areia por resíduo de conchas de sururu em 10%, que atingiram resistência característica à compressão superior a 20 Mpa, poderiam ser empregadas na pavimentação das ruas não pavimentadas da comunidade Ilha de Deus onde o tráfego é apenas de pedestres, ou na central de beneficiamento de pescados proposta no projeto inicial de urbanização da Ilha e que nunca foi executada.

A norma Australiana referente a peças para pisos intertravados AS/NZS 4456.4:2003 define que os valores mínimos exigidos para a resistência à compressão das peças de concreto para pavimentação são de 25 MPa para veículos leves, e de 60 MPa para veículos especiais, para cicloviarias e estacionamento os valores dão de 15 MPa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para produzir as peças com resíduo de conchas de sururu, a fábrica teria que beneficiar as conchas em um volume compatível com a sua demanda de produção. As conchas utilizadas neste trabalho foram trituradas em um liquidificador de uso doméstico, o que proporcionou uma produtividade de aproximadamente 35 kg por mês, bem distante do ideal para produção em larga escala. Um moinho de martelo para calcário teria que ser incorporado à planta da fábrica para que a etapa de moagem das conchas fosse realizada, além de uma estufa com capacidade para atingir 100°C a ser utilizada na etapa de secagem e remoção da matéria orgânica das conchas de sururu. Os principais resultados do trabalho foram estruturados em forma de artigo científico, o qual foi submetido à Revista Construindo (ISSN 2318-6127), Qualis A3 e está apresentado em sua versão de submissão no Anexo E.

A principal dificuldade encontrada na realização do estudo foram as restrições de acesso a locais públicos e as medidas de distanciamento social impostas em virtude da pandemia da COVID-19. O acesso à ilha para visitas técnicas e coletas de conchas teve de ser realizado com muita cautela para não expor os envolvidos no estudo nem os habitantes da comunidade. O acesso aos laboratórios da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco também foi afetado.

O grande volume de conchas beneficiadas necessário para a produção dos blocos (72 kg) também foi um portentoso obstáculo. Os equipamentos utilizados para tal tarefa nesse estudo estavam longe de serem os ideais para a trituração e peneiramento em escala industrial.

Alinhar os interesses de um projeto de pesquisa, que necessita do rigor do método científico, aos interesses comerciais da empresa parceira, mostrou-se um desafio constante.

Sugestões para futuros trabalhos: propor formas de viabilizar uma central de beneficiamento de conchas, equipada com estufa e moinho de martelo, na própria Ilha de Deus, a fim de realizar a etapa de beneficiamento das conchas na própria comunidade, em forma de cooperativa e os próprios catadores de sururu se beneficiarem da venda desse resíduo para a indústria de pré-moldados.

Realizar estudo de viabilidade financeira da fabricação de peças de concreto para pavimentação com substituição parcial da areia por resíduo de conchas de sururu.

Aplicar as peças de concreto para pavimentação com resíduo de conchas de sururu em uma situação real de uso para tráfego de pedestres e analisar as propriedades físicas e mecânicas com o tempo.

Estudar a utilização do resíduo de conchas de sururu aplicado como camada de base ou sub-base para pavimentação intertravada e analisar a viabilidade técnica e econômica do uso em

uma situação real de pavimentação, podendo também ser estudada a utilização do material como base ou sub-base para pavimentação utilizando peças de concreto para piso intertravado com resíduos de concha de sururu em substituição ao agregado miúdo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q.; CORRÊA A. C. B. Dimensões da negação dos rios urbanos nas metrópoles brasileiras: o caso da ocupação da rede de drenagem da planície do Recife, Brasil. **Geo UERJ**, nº. 23, v. 1, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002. ISBN 85-87024-23-X.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central, procedimento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de Concreto para pavimentação – Especificações e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15953** Pavimento intertravado com peças de concreto - Execução. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.
- BENITTEZ, L. H.; BENITTEZ, L. R. F.; BARRETO, D.; SERRA, S. M. B. Capacidade de infiltração de piso intertravado em pátios de estacionamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/488>. Acesso em: 2 out. 2021.
- BERNARDO, S. J.; MACIEL, M. I. S.; DA SILVA, A. P. G. **Avaliação dos aspectos higiênicos-sanitários no processamento de moluscos na comunidade de pescadores(as) artesanais da Ilha de Deus, Recife-PE**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009. 9p.
- BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007_2010/2h010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 15 abr. 2019.
- CARDOSO, A. S. **Avaliação do comportamento de compósitos cimentícios produzidos com conchas de sururu**. Universidade de Pernambuco, Recife, 2019. 120p. Dissertação Mestrado.
- CASTILHO, C. J. M. O Ambiente Urbano Numa Perspectiva Interdisciplinar: Discussão de Conceitos que Tratam das Inter-Relações Sociedade-Natureza, a partir da Geografia do Recife. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Ed 5, p. 872 – 896, 2011.
- CAVALCANTI, Manuella Catarina Lima. Vulnerabilidade socioambiental em comunidade ribeirinha: a experiência da Ilha de Deus, Recife/PE. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 595-614, 2021.
- CHANDRASIRI, C.; YEHDEGO, T.; PEETHAMPARAN, S. Synthesis and characterization of bio-cement from conch shell waste. **Construction and building materials**. ed 212, p.775-786, 2019.
- CIDREIRA-NETO, I. R. G.; RODRIGUES, G. G. **Racismo Ambiental e a Pesca Artesanal**: o caso da Ilha de Deus, Pernambuco. *Guaju*, v. 4, n. 2, p. 125-141, 2018.

EL-DEIR, S. G. **Estudo da mariscagem Anomalocardia Brasiliana (Mollusca: Bivalvia) nos bancos de Coroa do avião, Ramalho Mangue Seco (Igarassu, Pernambuco, Brasil)**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. 123p. Tese Doutorado.

European Committee for Standardization CEN/TC 178, EN1338 N204E, 1996, “**Concrete Paving Blocks, Requirements and Test Methods**”, Brussels, Belgium.

JORNAL DO COMERCIO. **Ilha de Deus entra 2017 de cara nova**. Recife, PE. 2017. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2017/01/02/ilha-de-deus-entra-2017-de-cara-nova-265424.php>. Acesso em: 02 jun. 2020.

LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. Rochas & Minerais Industriais: uso e especificações. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008.

LIMA, R.G.B.; MATOS, L.F.S.; ROHDEN, A.B. Desenvolvimento de blocos de cimento portland com resíduos de maricultura em substituição a areia. In: **Congresso Brasileiro do Concreto**, 59, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: 2017.

MARTINS, DANIEL DINIZ; **Casca de sururu como fonte alternativa de correção do pH no solo e fonte de cálcio e magnésio na cultura do rabanete agroecológico**, Dissertação de mestrado em Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Alagoas, - UFAL. Arapiraca, 2018.

MOHANALAKSHMI, V. et al. Developing Concrete using Sea Shell as a Fine Aggregate. **International Journal for Innovative Research in Science & Technology**, v. 3, p. 282-286, 2017.

MO, K. H. *et al.* Recycling of seashell waste in concrete: A review. **Construction and building materials**. ed 162, p. 751-764, 2018.

NGUYEN, D. H. *et al.* Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers **Construction and building materials**. Ed 49, p 151-160, 2013

OLIVIA, M.; MIFSHELLA, A.A.; DARMAYANTI, L. Mechanical properties of seashell concrete. **The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5)**, ed 125, p. 760-764, 2015.

RECIFE. Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Relatório Ilha de Deus: 02/2017**. Recife, 2017. 12 p.

RÊGO, M. A. M.; MOTA, J. M. F.; SILVA, R. F.; SILVA, M. I.; MORAES, Y. B. L. Avaliação do uso de concha de marisco como agregado miúdo na produção de argamassa para revestimento de piso. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**, 58., Belo Horizonte, 2016. **Anais...** Belo Horizonte: IBRACON, 2016.

RILEM RECOMMENDATIONS. **CPC-18**: Measurement of hardened concrete carbonation depth. 1988. p. 453-455.

SANTOS, O. A. A. A região metropolitana do Recife e os desafios do planejamento urbano frente à crise ambiental contemporânea. **OKARA: Geografia em debate**, ed.8, p. 179-194, 2013.

SANTOS, M. E. M.; MOURA, E. M. O. Potencialidades e impactos ambientais dos resíduos oriundos da malacocultura. **ACTAPESCA**, v. 5, p. 129-134, 2017.

SILVA, J. P.; DE ARAUJO, C. P. **Turismo de Base Comunitária e Produção do Espaço na Comunidade da Ilha de Deus**, Recife-PE. Caderno Virtual de Turismo, v. 18, n. 3, 2019.

SILVA, F. M. da *et al.* **Avaliação da resistência mecânica de pisos intertravados de concreto sustentáveis (PICS)**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 22, n. 1, 2017.

SIMIÉLI, D. *et al.* Utilização de agregados reciclados em pavimentos intertravados. **Exacta**, v. 5, n. 2, p. 231-242, 2007.

SOLTANZADEH, F. *et al.*, Development and characterization of blended cements containing seashell poder. **Construction and building materials**. ed 161, p. 292-304, 2018.

Standards Australia. **AS/NZS 4456.4**: Masonry units and segmental pavers and flags - Methods of test - Determining compressive strength of masonry units, 2003.

TAMBICHIK, M. A. *et al.*, Utilization of construction and agricultural waste of green concrete: A review. **Earth and Environmental Science**. Ed 140, 2018.

TASCA, F. A.; POMPÊO, C. A.; FINOTTI, A. R. Evolução da gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do rio itajaí açu. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, Vol. 7, N. 2 p.264-283 ago 2018.

TAYEH, A. B. *et al.* Properties of concrete containing recycled seashells as cement partial replacement: A review. **Journal of cleaner production**. ed 237, 2019.

WANG, J.; LIU, E.; LI, L. Characterization on the recycling of waste seashells with Portland cement towards sustainable cementitious materials. **Journal of cleaner production**. Ed 220, p. 235-252, 2019.

WEI, Y.-L. *et al.* Co-sintering oyster shell with hazardous steel fly ash and harbor sediment into construction materials. **Construction and building materials**. ed 174, p. 224-232, maio 2018.

YANG, E.-I. *et al.* Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete. **Construction and building materials**. ed 24. P 758-765, 2010.

Anexo A



SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - SDSMA
Rua Fernando César, 65, Encruzilhada, Recife PE
CEP 52.041-170 – (81) 3355.5804
meioambiente@recife.pe.gov.br

RELATÓRIO ILHA DE DEUS - 02/2017

DATA : 07/08/2017

LOCAL: Ilha de Deus - Imbiribeira

RESPONSÁVEL: Bruno Pantoja – Chefe da Divisão de Recursos Hídricos e Gerenciamento Costeiro

1. INTRODUÇÃO

A comunidade da Ilha de Deus, localizada a área norte do Parque dos Manguezais, o qual define-se como uma comunidade de povos tradicionais, precisamente de pescadores e ribeirinhos, com aproximadamente 372 famílias, que vivem basicamente da pesca e aquicultura, sendo 85% de marisqueiros e marisqueiras, 15% aquicultores, mas, todos ilhéus vivem diretamente e indiretamente da pesca artesanal.

2. FINALIDADE:

Diagnóstico ambiental e avaliação dos impactos ambientais, referente as ações antrópicas da comunidade local.

3. PROCEDIMENTOS:

- Registro fotográfico dos impactos significativos negativos;
- Diagnóstico ambiental para a construção de uma Plano de Ação socioambiental;

4. PROBLEMÁTICAS EMERGENCIAIS:

- Destinação incorreta das cascas de marisco e sururu (34 ton/mês) resultando na compactação do solo e destruição do mangue. Os moradores estão fazendo extensões das suas casas, ou instalando novas, nessas áreas aterradas;
- Invasão de áreas de mangue para a construção de novos viveiros de camarão;
- Circulação de carros de moradores dentro da ilha.

5. SUGESTÕES:

- Delegar uma equipe de Fiscalização e Controle Ambiental para coibir os impactos significativos ao meio ambiente;
- Implantação de um sistema de coleta de resíduos advindos do processamento dos mariscos, de forma aos grupos de marisqueiro, com o cadastro e a destinação de sacos de 200L e contenedores com rodas, para o devido deslocamento;
- Realizar o zoneamento para delimitar área de carcinicultura, tendo em vista que o número de viveiros aumentou de 80 para 103 unidades, ampliando ainda mais com os desmatamentos nas áreas de mata virgem do Parque dos Manguezais;
- Construção da Lei Municipal de Ordenamento da Pesca e Aquicultura;
- Construir uma ação de política pública ambiental permanente.

6. OUTROS PROBLEMAS IDENTIFICADOS:

- Presença de galinheiros e chiqueiros em área de mangue;
- Necessidade de organização/instalação de barracas de tratamento do sururu;
- Aumento do número de pneus ao redor da ilha, para futuro enrocamento dos taludes dos viveiros de camarão;
- Necessidade de ações periódicas de educação ambiental para os moradores, de forma participativa com a comunidade;

7. DESENVOLVIMENTO DA AÇÃO

Fui ao local, como requisitado pelo Secretário Maurício Guerra e o Gerente Geral Alexandre Ramos, para desempenhar um papel importante de observação, para diagnosticar as problemáticas existentes naquela comunidade, no que tange a competência da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente.

Ao chegar, me deparei com vários conhecidos que se negaram a participar da ação. Daí, tomei a frente e fui aos locais de potenciais impactos ambientais, como:

- Viveiros de carcinicultura em construção em locais indenizados anteriormente e que estavam em processo de recomposição da vegetação de manguezal;
- Carros ocupando áreas impróprias para tráfego;
- Pneus acumulados ao longo da comunidade, com aumento significativo desde a última visita em junho de 2017;
- Aumento exponencial dos resíduos advindos do processamento de mariscos por toda a comunidade;
- Ocupação popular de áreas aterradas de cascas de mariscos, para diversos fins, como garagem, porcilga, galinheiro, criadouros de patos,

8. REGISTROS FOTOGRÁFICOS:

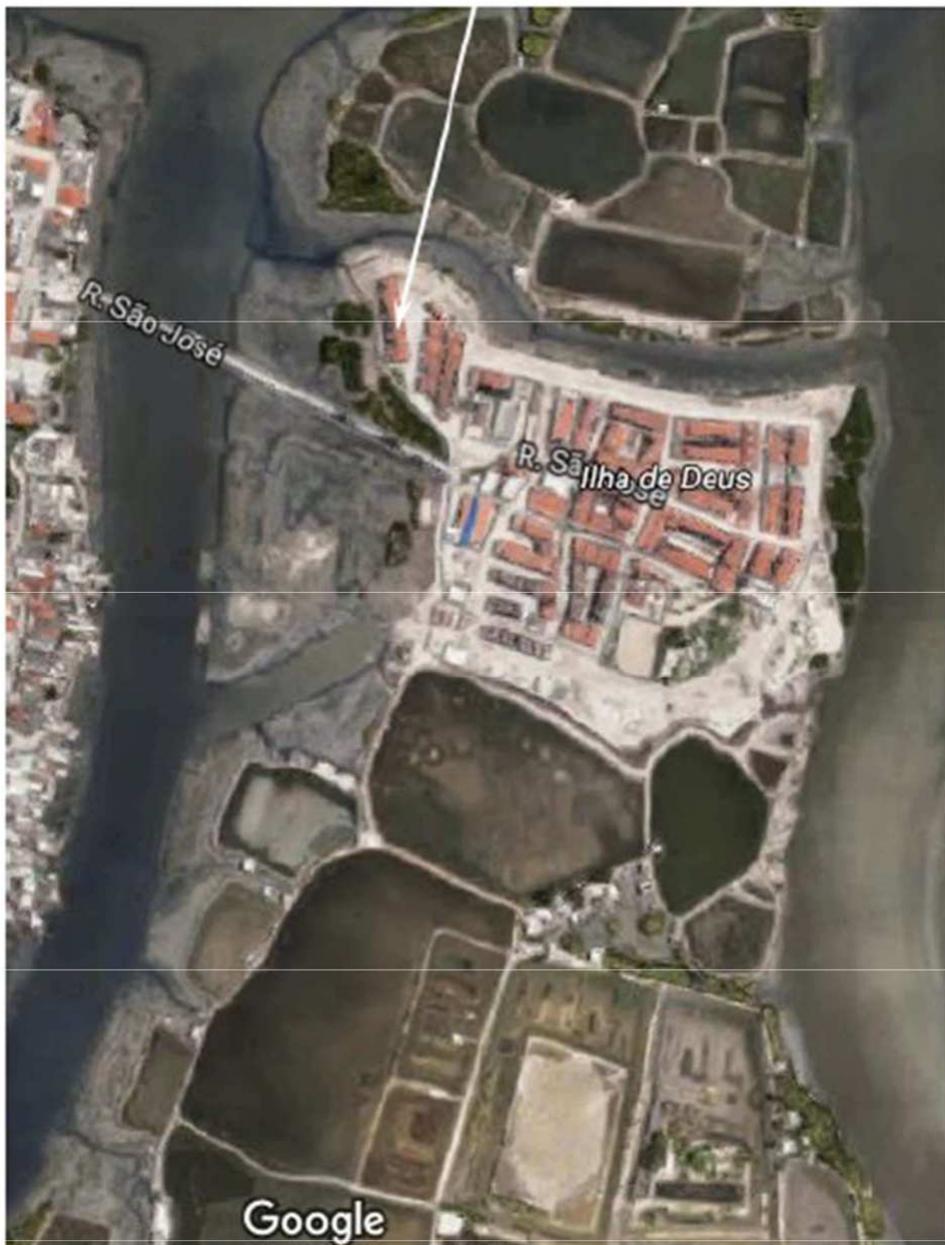


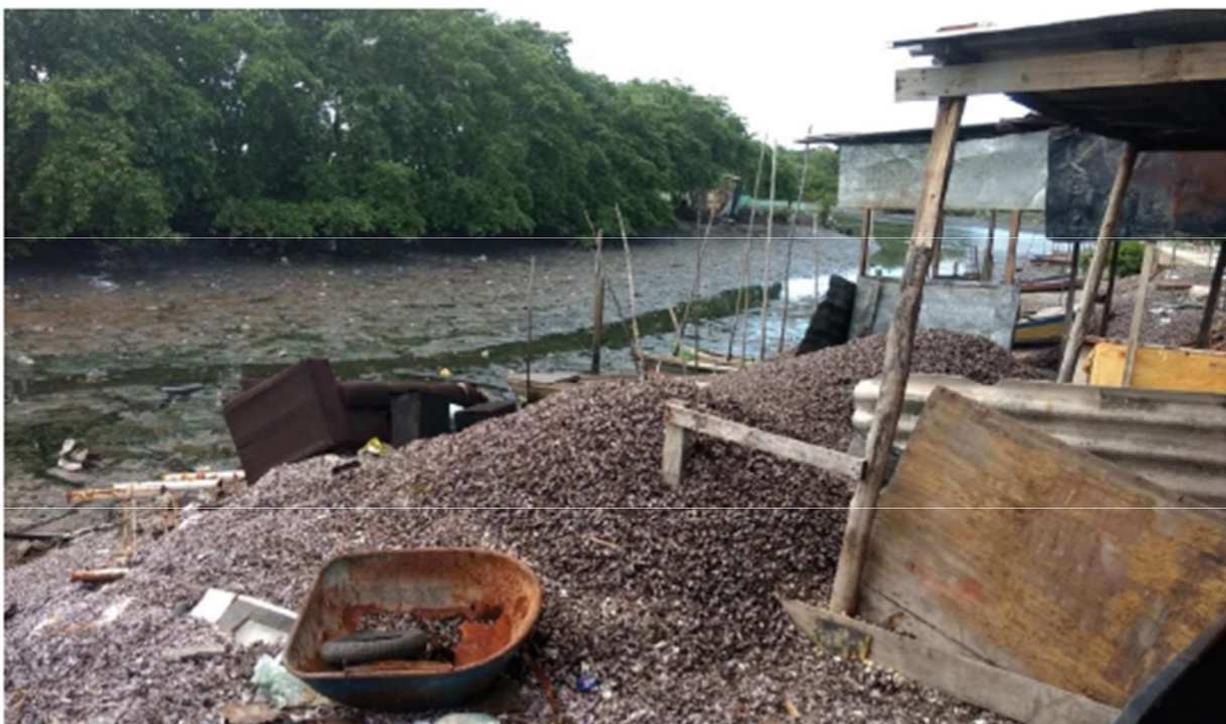
Foto 1. Área aterrada com cascas de Moluscos e estacas evidenciam invasão.



Viveiros em áreas indenizadas.



Aumento da carga de resíduos às margens do rio.



O excesso de cascas na margem do rio por toda orla da Ilha de Deus.



O volume de cascas lançados no mangue.

Anexo B

**RELATÓRIO DE ASSESSORIA TÉCNICA****CLIENTE:**

CONCREPOX IND. COM. ART. CONCRETO

NATUREZA DO TRABALHO:

Estudo de resistência a compressão de peças de concreto para pavimentação.

REFERÊNCIA:

Trabalho 05/21 Concrepox ind.com art. Concreto

DATA RECEBIMENTO:

30/04/2021

DATA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS:

30/04/2021

MÉTODO UTILIZADO:

Ruptura de peças de concreto para pavimentação: Instrução de trabalho CTEC 720 49 (baseada na NBR 9781:2013 Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio).

A Hocim

OBJETIVO:

Atender nossos clientes através de serviços técnicos diferenciados, na busca constante da melhor qualidade e custo/benefício dos produtos finais produzidos com cimentos HOLCIM.

RESULTADOS:

Pelos resultados conclui-se:

1) Série de peças de concreto para pavimentação	10/21 piso placa Grafit alcançou a resistência característica de	18,8 MPa
2) Série de peças de concreto para pavimentação	11/21 piso placa Nat. alcançou a resistência característica de	19,3 MPa
3) Série de peças de concreto para pavimentação	12/21-C/ 5% marisco alcançou a resistência característica de	13,0 MPa
4) Série de peças de concreto para pavimentação	13/21-C/ 10% marisco alcançou a resistência característica de	26,0 MPa
5) Série de peças de concreto para pavimentação	14/21-C/ 12% marisco alcançou a resistência característica de	22,4 MPa

Ficamos a disposição para quaisquer informações que porventura forem necessárias.

Salvador BA 05 de Maio 2021

Atenciosamente,

Sérgio Luiz F. Alvim
Assessor Técnico
Documento Eletrônico
Dispensa Assinatura

Cleóstenes A. dos Santos
Laboratorista
Documento Eletrônico
Dispensa Assinatura

Os direitos autorais deste documento e seus apêndices estão reservados pela Holcim (Brasil) S.A.
-A Hocim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos cimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.



(Brasil) S.A. é

Resumo dos requisitos da NBR 9781 para peças de concreto para pavimentação

DEFINIÇÃO

Peça de concreto para pavimentação é a peça pré-moldada, de formato geométrico regular, com comprimento máximo de 400 mm, largura mínima de 100 mm e altura mínima de 60 mm.

REQUISITOS GERAIS

A resistência característica estimada à compressão (f_{pk}) deve ser:

- a) maior ou igual a 35 MPa, para as solicitações de veículos comerciais de linha;
- b) maior ou igual a 50 MPa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

As variações máximas permissíveis nas dimensões são:

- a) 3 mm, no comprimento (maior distância entre duas paralelas entre si, e perpendiculares aos planos de topo e base) e largura (menor distância entre duas paralelas entre si, e perpendiculares aos planos de topo e base) das peças;
- b) 5 mm, na altura (distância entre dois planos paralelos nos quais estão contidos o topo, superfície de rolamento, e a base) das peças.

RESULTADOS

A resistência à compressão (em MPa) de peça é obtida dividindo-se a carga de ruptura (em N) pela área de carregamento (em mm²), multiplicando-se o resultado pelo fator "p", função da altura da peça, conforme tabela.

TABELA - Fator multiplicativo "p"

Altura nominal da peça (mm)	Fator multiplicativo "p"
60	0,95
80	1,0
100	1,05

A amostra deve ter, no mínimo, seis peças para lote de até 300 m², e uma peça adicional para cada 50 m² suplementar, até perfazer o lote máximo de 32 peças.

2. Recomendações Gerais

2.1. Recebimento e estocagem dos insumos.

Recomendamos a utilização de amostras-padrão em um vidro transparente como referência para o controle de recebimento dos materiais. Sempre que houver alterações do padrão desejado, deverá ser providenciados os devidos ajustes no traço ou que haja a devolução e substituição do material. Importante que os agregados estejam separados por baias e que essas se mantenham cobertas para que eles permaneçam estáveis com relação a umidade. O cimento deverá ser estocados em silos ou em ambientes protegido de qualquer umidade (ar ou água).

2.2. Agregados.

A Hocim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos cimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.

2.3. Traço do concreto.

O traço do concreto (cimento : agregado graúdo : agregado miúdo : água : aditivo) deverá ser dimensionado para que se tenha uma resistência a compressão compatível com o tipo de solicitação de tráfego. Recomenda-se testes do traços através do rompimento a compressão dos blocos antes de colocá-los a venda. O fabricante deverá buscar uma otimização do traço obtendo um menor desvio padrão possível na sua produção.

2.4. Água de amassamento.

A dosagem da água que é acrescentada à mistura é muito importante para hidratação e cristalização do cimento. Em concretos chamados "secos" como é o caso dos blocos e pavers de concreto vibro-prensado, a mistura deverá estar na umidade ótima, de forma que nas paredes laterais dos blocos recém produzidos observa-se "estrias". A umidade ótima é aquela que proporciona à mistura o menor índice de vazios, ou seja, a maior densidade possível. Tal condição proporcionará uma maior resistência ao concreto, reduzindo assim as quebras das peças.

2.3. Uso do aditivo.

O uso do aditivo melhora as propriedades do concreto, ele deverá ser utilizado obedecendo o tipo do concreto (concreto "seco" ou "plástico"). O aditivo deverá ser acrescentado à mistura na quantidade indicada pelo fabricante juntamente com a metade final da água de amassamento. Quando o aditivo é adicionado na mistura ainda seca, ele poderá ser absorvido pelos agregados e ter seu efeito de homogeneização reduzido.

Funções do aditivo:

- * Plástica e lubrifica os grãos, facilitando o enchimento do molde e a compactação das peças;
- * Reduz o desgaste das formas e molde devido a redução do atrito com o concreto;
- * Retém a água de amassamento para uma completa hidratação e cristalização do cimento aumentando a resistência das peças;

2.5. Cura do Concreto.

Todo produto a base de cimento deverá ser "curado". As reações de hidratação e cristalização para o ganho de resistência mecânica se processam em presença de água. Geralmente a água de amassamento para elaboração do concreto é suficiente para as reações de hidratação. O sistema de cura nada mais é que tentar impedir a saída da água do concreto e não permitir que o mesmo fique seco. Pode-se conseguir esse objetivo através de uma molhagem **contínua** ou protegendo as peças através de uma câmara de cura ou através da sua cobertura com lona plástica, por exemplo. Essa proteção deverá ser realizada logo após a moldagem e continuar pelo maior tempo possível, sendo o período mais importante as primeiras 24 h.

Ficamos a disposição para quaisquer informações que porventura forem necessárias.

CERTIFICADO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS (1) DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO - NBR 9781

Cliente CONCREPOX IND. COM. ART. CONCRETO		End. BR101SUL KM 87 S/N	Registro Holcim 05C/21							
Registro Cliente	Identificações		Dimensões da Peças (mm)		MASSA (g)	Resistência a Compressão		Desvio Padrão	Fpk - Resistência Característica	
	Nº	Data Fabricação	Idade do Ensaio (dias)	Largura		Altura	Compr.			Fator Multiplicador (p)
10/21	1	20/04/21	10	200	80	400	1,00	20,1	3,1	18,8
plano	2			200	80	400	1,00	20,2		
placa	3			200	80	400	1,00	25,6		
Grafit	4			200	80	400	1,00	17,8		
	5			200	80	400	1,00	25,2		
	6			200	80	400	1,00	21,2		
Médias				200	80	400	1,00	21,7		
Tolerâncias Permitidas				< 3mm	< 3mm	< 5mm	-	-	> 35 (2a)	> 50 (2b)

OBS: (1) Peça pré- moldada, de formato geométrico regular, com Comprimento máximo de 400 mm, Largura mínima

(2) A Resistência característica estimada à compressão deve ser:

a) maior ou igual a 35 MPa, para as solicitações de veículos comerciais de linha;

b) maior ou igual a 50 MPa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

(3) Área de carregamento = **5674 mm²**

As rupturas das peças foram realizadas em seu estado natural, ou seja, não saturadas.

Observações ou detalhes adicionais do ensaio/teste:

OS TRACOS UTILIZADOS NOS PISOS SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO CLIENTE

DATA ENSAIO / ROMPIMENTO **30/04/2021**

Laboratorista : Cleóstenes A. dos Santos

Eng. Responsável: Sérgio Luiz F. Avim

Data: 05/05/21

Endereço: Laboratório Móvel - Recife/PE

Telefone: (081) 99735-0331

A Hocim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos cimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.

CERTIFICADO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS ⁽¹⁾ DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO - NBR 9781

Cliente	CONCREPOX IND. COM. ART. CONCRETO	End.	BR101/SUL KM 87 S/N	Registro Holcim	05C/21
---------	-----------------------------------	------	---------------------	-----------------	--------

Registro Cliente	Identificações			Dimensões da Peça (mm)			Resistência a Compressão			Desvio Padrão	Fpk - Resistência Característica	
	Nº	Data Fabricação	Idade do Ensaio (dias)	Largura	Altura	Compr.	MASSA (g)	Carga (N)	Fator Multiplicador (b)			Fp (MPa) ⁽³⁾
11/21	1	20/04/21	10	200	80	400	14740	14512	1,00	25,6	5,0	19,3
placa	2			200	80	400	14860	18090	1,00	31,9		
Nat.	3			200	80	400	14900	14780	1,00	26,0		
	4			200	80	400	14100	12700	1,00	22,4		
	5			200	80	400	14300	10890	1,00	19,2		
	6			200	80	400	14890	10450	1,00	18,4		
Médias				200	80	400	14632	13570	1,0	23,9		
Tolerâncias Permitidas				< 3mm	< 3mm	< 5mm	-	-	-	-	> 35 ^(2a)	> 50 ^(2b)

OBS: (1) Peça pré-moldada, de formato geométrico para Pp 15 de Abril 2021

(2) A Resistência característica estimada à compressão deve ser:

a) maior ou igual a 35 Mpa, para as solicitações de veículos comerciais de linha;

b) maior ou igual a 50 Mpa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão;

(3) Área de carregamento = 5674 mm²

As rupturas das peças foram realizadas em seu estado natural, ou seja, não saturadas.

Observações ou detalhes adicionais do ensaio/teste:

OS TRAÇOS UTILIZADOS NOS PISOS SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO CLIENTE

DATA ENSAIO / ROMPIMENTO **30/04/2021**
Laboratorista : Cleostenes A. dos Santos **Eng. Responsável:** Sérgio Luiz F. Alvim **Data:** 05/05/21

Endereço: Laboratório Móvel - Recife/PE **Telefone:** (081) 99735-0331

A Holcim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos cimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.

CERTIFICADO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS ⁽¹⁾ DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO - NBR 9781

Cliente CONCREPOX IND. COM. ART. CONCRETO		End. BR101SUL KM 87 S/N	Registro Holcim 05C/21									
Registro Cliente	Identificações		Dimensões da Peça (mm)		MASSA (g)	Resistência a Compressão		Desvio Padrão	Fpk - Resistência Característica			
	Nº	Data Fabricação	Idade do Ensaio (dias)	Largura		Altura	Compr.			Carga (N)	Fator Multiplicador (p)	Fp (MPa) ⁽³⁾
12/21-C/ 5% marisco	1	30/03/21	31	100	60	200	2800	8349	0,95	14,0	1,4	13,0
	2			100	60	200	2840	9240	0,95	15,5		
	3			100	60	200	2860	8837	0,95	14,8		
	4			100	60	200	2840	7700	0,95	12,9		
	5			100	60	200	2860	9510	0,95	15,9		
	6			100	60	200	2840	7430	0,95	12,4		
Médias				100	60	200	2840	8511	1,0	14,3		
Tolerâncias Permitidas				< 3mm	< 3mm	< 5mm	-	-	-	-	> 35 ^(2a)	> 50 ^(2b)

OBS: (1) Peça pré-moldada, de formato geométrico regular, com Comprimento máximo de 400 mm, Largura mínima

(2) A Resistência característica estimada à compressão deve ser:

a) maior ou igual a 35 Mpa, para as solicitações de veículos comerciais de linha;

b) maior ou igual a 50 Mpa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

(3) Área de carregamento = 5674 mm²

As rupturas das peças foram realizadas em seu estado natural, ou seja, não saturadas.

Observações ou detalhes adicionais do ensaio/teste:

OS TRACOS UTILIZADOS NOS PISOS SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO CLIENTE

DATA ENSAIO / ROMPIMENTO 30/04/2021

Laboratorista : Cleóstenes A. dos Santos

Eng. Responsável: Sérgio Luiz F. Alvim

Data: 05/05/21

Endereço: Laboratório Móvel - Recife/PE

Telefone: (081) 99735-0331

A Holcim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos crimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.

CERTIFICADO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS (1) DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO - NBR 9781

Cliente	CONCREPOX IND. COM. ART. CONCRETO	End.	BR-101SUL KM 87 S/N	Registro Holcim	05C/21
---------	-----------------------------------	------	---------------------	-----------------	--------

Registro Cliente	Identificações		Dimensões da Peça (mm)			MASSA (g)	Resistência a Compressão		Fp (MPa) ⁽³⁾	Desvio Padrão	Fpk - Resistência Característica	
	Nº	Data Fabricação	Idade do Ensaio (dias)	Largura	Altura		Compr.	Carga (N)				Fator Multiplicador (p)
13/21-C/ 10% marisco	1	30/03/21	31	100	60	200	2940	18160	0,95	30,4	1,7	26,0
	2			100	60	200	2900	15390	0,95	25,8		
	3			100	60	200	2920	16450	0,95	27,5		
	4			100	60	200	2920	15420	0,95	25,8		
	5			100	60	200	2940	16390	0,95	27,4		
	6			100	60	200	2960	17000	0,95	28,5		
Médias				100	60	200	2930	16468	1,0	27,6		
Tolerâncias Permitidas				< 3mm	< 3mm	< 5mm	-	-	-	-	> 35 (2a)	> 50 (2b)

OBS: (1) Peça pré- moldada, de formato geométrico regular, com Comprimento máximo de 400 mm, Largura mínima

(2) A Resistência característica estimada à compressão deve ser:

a) maior ou igual a 35 MPa, para as solicitações de veículos comerciais de linha;

b) maior ou igual a 50 MPa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

(3) Área de carregamento = **5674 mm²**

As rupturas das peças foram realizadas em seu estado natural, ou seja, não saturadas.

Observações ou detalhes adicionais do ensaio/este:

30/04/2021

Laboratorista : Cleóstenes A. dos Santos Eng. Responsável: Sérgio Luiz F. Alvim Data: 05/05/21

Endereço: Laboratório Móvel - Recife/PE Telefone: (081) 99735-0331

A Hocim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos cimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.

CERTIFICADO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS ⁽¹⁾ DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO - NBR 9781

Cliente CONCREPOX IND. COM. ART. CONCRETO		End. BR101SUL KM 87 S/N		Registro Holcim		05C/21						
Identificações			Dimensões da Peça (mm)			Resistência a Compressão						
Registro Cliente	Nº	Data Fabricação	Idade do Ensaio (dias)	Largura	Altura	Compr.	MASSA (g)	Carga (N)	Fator Multiplicador (p)	Fp (MPa) ⁽³⁾	Desvio Padrão	Fpk - Resistência Característica
14/21-C/ 12% marisco	1	30/03/21	31	100	60	200	2860	15940	0,95	26,7	2,2	22,4
	2			100	60	200	2860	13200	0,95	22,1		
	3			100	60	200	2860	13550	0,95	22,7		
	4			100	60	200	2840	13680	0,95	22,9		
	5			100	60	200	2880	16300	0,95	27,3		
	6			100	60	200	2900	15000	0,95	25,1		
Médias				100	60	200	2867	14612	1,0	24,5		
Tolerâncias Permitidas				< 3mm	< 3mm	< 5mm	-	-	-	-		> 35 ^(2a) > 50 ^(2b)

OBS:

(1) Peça pré- moldada, de formato geométrico regular, com Comprimento máximo de 400 mm, Largura mínima

(2) A Resistência característica estimada à compressão deve ser :

a) maior ou igual a 35 Mpa, para as solicitações de veículos comerciais de linha,

b) maior ou igual a 50 Mpa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

(3) Área de carregamento = 5674 mm²

As rupturas das peças foram realizadas em seu estado natural, ou seja, não saturadas.

Observações ou detalhes adicionais do ensaio/teste:

OS TRAÇOS UTILIZADOS NOS PISOS SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO CLIENTE

DATA ENSAIO / ROMPIMENTO **30/04/2021**

Laboratorista : Cleóstenes A. dos Santos

Eng. Responsável: Sérgio Luiz F. Alvim

Data: 05/05/21

Endereço: Laboratório Móvel - Recife/PE

Telefone: (081) 99735-0331

A Holcim (Brasil) S.A. é responsável apenas pelos cimentos de sua fabricação. O cliente deverá ter ou contratar seu próprio serviço de acompanhamento tecnológico para garantia de qualidade de suas aplicações.

Anexo C

CÓDIGO DO RELATÓRIO RC500 DATA DO ENSAIO: 04/11/21
 FORNECEDOR: PEC-Poli-DESS
 NORMA(S) DE REFERÊNCIA NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio - Determinação da absorção de água Anexo B

FICHA DE ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

CARACTERÍSTICA DO MATERIAL		CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
LOTE	TIPO DE PEÇA	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
<u>0</u>		<u>25,0°</u>	<u>89%</u>

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRAD A	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
	<u>27/10/21</u>	<u>11:48</u>		<u>28/10/21</u>	<u>13:48</u>

ESTUFA

ENTRAD A	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
	<u>28/10/21</u>	<u>14:00</u>		<u>29/10/21</u>	<u>16:00</u>

Nº DO CORPO DE PROVA	MASSA		ABSORÇÃO DE ÁGUA INDIVIDUAL (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA MÉDIA (%)
	M1 (g)	M2 (g)		
<u>1</u>	<u>2.531</u>	<u>2.731</u>	<u>7,9%</u>	<u>7,0%</u>
<u>2</u>	<u>2.609</u>	<u>2.765</u>	<u>5,9%</u>	
<u>3</u>	<u>2.598</u>	<u>2.784</u>	<u>7,2%</u>	

FÓRMULA:

$$A = \frac{M2 - M1}{M1} * 100$$

ONDE:
 A - é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);
 m₁ - é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);
 m₂ - é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	ESTUFA	TERMÔMETRO	BALANÇA
TAG			

OBSERVAÇÕES: _____ EXECUTANTE / APONTADOR _____

CÓDIGO DO RELATÓRIO **RCS 0X**

DATA DO ENSAIO: **04/11/21**

FORNECEDOR: **PEC-POLI-DESS**

NORMA(S) DE REFERÊNCIA **NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio - Determinação da absorção de água Anexo B**

FICHA DE ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

CARACTERÍSTICA DO MATERIAL		CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
LOTE	TIPO DE PEÇA	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
X			

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
A	27/10/21	11:48		28/10/21	13:48

ESTUFA

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
A	28/10/21	14:00		29/10/21	16:02

Nº DO CORPO DE PROVA	MASSA		ABSORÇÃO DE ÁGUA INDIVIDUAL (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA MÉDIA (%)
	M1 (g)	M2 (g)		
1	2.776	2.891	4.1%	4.4%
2	2.771	2.904	4.8%	
3	2.955	3.079	4.2%	

FÓRMULA:

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} * 100$$

ONDE:

A - é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m₁ - é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

m₂ - é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	ESTUFA	TERMÔMETRO	BALANÇA
TAG			

OBSERVAÇÕES:

EXECUTANTE / APONTADOR

CÓDIGO DO RELATÓRIO **RCS05**

DATA DO ENSAIO: **04/11/21**

FORNECEDOR: **REC-POLI-DESS**

NORMA(S) DE REFERÊNCIA **NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio - Determinação da absorção de água Anexo B**

FICHA DE ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

CARACTERÍSTICA DO MATERIAL		CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
LOTE	TIPO DE PEÇA	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
5%		25,0°	90%

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
A	27/10/21	11:48		28/10/21	13:49

ESTUFA

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
A	28/10/21	14:00		29/10/21	16:00

Nº DO CORPO DE PROVA	MASSA		ABSORÇÃO DE ÁGUA INDIVIDUAL (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA MÉDIA (%)
	M1 (g)	M2 (g)		
1	2.583	2.743	6,2%	6,9%
2	2.586	2.746	6,2%	
3	2.542	2.755	8,4%	

FÓRMULA:

$$A = \frac{M2 - M1}{M1} \cdot 100$$

ONDE:

A - é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m₁ - é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

m₂ - é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	ESTUFA	TERMÔMETRO	BALANÇA
TAG			

OBSERVAÇÕES:

EXECUTANTE / APONTADOR

CÓDIGO DO RELATÓRIO: RCSJO DATA DO ENSAIO: 04/11/21
 FORNECEDOR: PEC-Poli-DESS
 NORMA(S) DE REFERÊNCIA: NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio - Determinação da absorção de água Anexo B

FICHA DE ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

CARACTERÍSTICA DO MATERIAL		CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
LOTE	TIPO DE PEÇA	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
<u>10%</u>		<u>25,0°</u>	<u>90%</u>

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
<u>A</u>	<u>27/10/21</u>	<u>11:48</u>		<u>28/10/21</u>	<u>13:49</u>

ESTUFA

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
<u>A</u>	<u>28/10/21</u>	<u>14:00</u>		<u>29/10/21</u>	<u>16:00</u>

Nº DO CORPO DE PROVA	MASSA		ABSORÇÃO DE ÁGUA INDIVIDUAL (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA MÉDIA (%)
	M1 (g)	M2 (g)		
<u>1</u>	<u>2.648</u>	<u>2.811</u>	<u>6,2%</u>	<u>6,3%</u>
<u>2</u>	<u>2.699</u>	<u>2.850</u>	<u>5,6%</u>	
<u>3</u>	<u>2.633</u>	<u>2.816</u>	<u>7,0%</u>	

FÓRMULA:

$$A = \frac{M2 - M1}{M1} * 100$$

ONDE:
 A - é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);
 m₁ - é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);
 m₂ - é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO			
EQUIPAMENTOS	ESTUFA	TERMÔMETRO	BALANÇA
TAG			

OBSERVAÇÕES: _____ EXECUTANTE / APONTADOR _____

CÓDIGO DO RELATÓRIO: RCSJ2 DATA DO ENSAIO: 04/11/21
 FORNECEDOR: PEC-POLI-DESS
 NORMA(S) DE REFERÊNCIA: NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio - Determinação da absorção de água Anexo B

FICHA DE ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

CARACTERÍSTICA DO MATERIAL		CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
LOTE	TIPO DE PEÇA	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
<u>12%</u>		<u>25,0°</u>	<u>90%</u>

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
<u>A</u>	<u>27/10/21</u>	<u>11:48</u>		<u>28/10/21</u>	<u>13:50</u>

ESTUFA

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
<u>A</u>	<u>28/10/21</u>	<u>14:00</u>		<u>29/10/21</u>	<u>16:00</u>

Nº DO CORPO DE PROVA	MASSA		ABSORÇÃO DE ÁGUA INDIVIDUAL (%)	ABSORÇÃO DE ÁGUA MÉDIA (%)
	M1 (g)	M2 (g)		
<u>1</u>	<u>2.549</u>	<u>2.680</u>	<u>5,4%</u>	<u>5,2%</u>
<u>2</u>	<u>2.645</u>	<u>2.791</u>	<u>5,5%</u>	
<u>3</u>	<u>2.667</u>	<u>2.798</u>	<u>4,9%</u>	

FÓRMULA:

$$A = \frac{M2 - M1}{M1} * 100$$

ONDE:
 A - é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);
 m₁ - é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);
 m₂ - é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	ESTUFA	TERMÔMETRO	BALANÇA
TAG			

OBSERVAÇÕES: _____ EXECUTANTE / APONTADOR _____

Anexo D

CÓDIGO DO RELATÓRIO: X DATA DO ENSAIO: 04/11/21
 FORNECEDOR: PEC - POLI-DESS LOTE: RSC.0X DATA DE MOLDAGEM: 31/05/21

NORMA(S) DE REFERÊNCIA: NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Determinação da resistência à compressão

ENSAIO DE COMPRESSÃO EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO											
Nº DA AMOSTRA	MASSA (g)	DIMENSÕES - (mm) *									CARGA DE RUPTURA (kgf)
		COMPRIMENTO			LARGURA			ESPESSURA			
		C ₁	C ₂	C ₃	L ₁	L ₂	L ₃	E ₁	E ₂	E ₃	
1	3.048,4	203,5	203,3	203,5	101,1	101,2	100,3	64,1	64,2	64,3	30659
2	2.818,0	200,2	200,2	202,3	102,0	102,1	103,4	63,9	63,8	64,0	23687
3	2.920,3	203,0	202,0	203,2	102,1	102,3	102,2	64,0	64,1	64,2	24430
4	2.928,1	200,2	200,3	200,1	102,3	102,2	102,1	64,1	64,0	64,1	23257
5	2.854,9	200,1	200,2	200,0	102,1	101,2	102,0	64,3	64,2	64,0	24392
6	3.078,6	202,0	203,1	200,3	101,9	102,1	102,2	63,8	63,7	63,9	28342
7	2.931,7	202,1	200,2	201,0	102,0	101,9	102,3	63,7	63,8	63,7	29163

CONTROLE DAS AMOSTRAS

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA

MEDIDAS NOMINAIS INFORMADAS PELO FABRICANTE

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	TIPO DE PEÇA

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	NÍVEL	PAQUÍMETRO	PRENSA	BALANÇA
TAG				

OBSERVAÇÕES:

NOTAS:
 1. (*) A precisão adotada para as dimensões é de 0,1 mm (Espessura, Largura e Comprimento).

EXECUTANTE / APONTADOR

CÓDIGO DO RELATÓRIO: 5% FE.011 - REV.10 (02/06/14)
 FORNECEDOR: PEC - POLI - DESS LOTE: R.C.S 05 DATA DO ENSAIO: 09/11/21
 DATA DE MOLDAGEM: 08/03/21
 NORMA(S) DE REFERÊNCIA: NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Determinação da resistência à compressão

Nº DA AMOSTRA	MASSA (g)	DIMENSÕES - (mm) *									CARGA DE RUPTURA (kgf)
		COMPRIMENTO			LARGURA			ESPESSURA			
		C ₁	C ₂	C ₃	L ₁	L ₂	L ₃	E ₁	E ₂	E ₃	
1	2.642,8	201,3	201,2	201,0	100,1	100,2	100,1	61,3	61,4	61,2	14311
2	2.802,2	201,2	201,1	201,3	100,0	100,1	100,2	61,2	61,2	61,0	21771
3	2.604,3	201,1	200,2	200,3	100,1	100,2	100,3	61,0	61,0	61,0	12185
4	2.814,7	201,3	201,4	201,3	100,2	100,1	100,2	61,0	61,2	61,3	24095
5	2.641,5	201,2	201,3	201,2	100,1	100,2	100,1	61,2	61,3	61,4	16409
6	2.694,8	201,1	201,1	201,2	100,2	100,1	100,2	61,1	61,2	61,2	14585
7	2.876,5	202,0	201,5	201,3	100,1	100,2	100,1	60,5	60,8	61,0	25220

CONTROLE DAS AMOSTRAS

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA

MEDIDAS NOMINAIS INFORMADAS PELO FABRICANTE

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	TIPO DE PEÇA

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	NÍVEL	PAQUÍMETRO	PRENSA	BALANÇA
TAG				

OBSERVAÇÕES:

NOTAS:

1. (*) A precisão adotada para as dimensões é de 0,1 mm (Espessura, Largura e Comprimento)

EXECUTANTE / APONTADOR

CÓDIGO DO RELATÓRIO: 100% FE.011 - REV.10 (02/06/14)
 FORNECEDOR: PEC - POLI - DESS LOTE: RCS 10 DATA DO ENSAIO: 09/11/21
 NORMA(S) DE REFERÊNCIA: NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Determinação da resistência à compressão DATA DE MOLDAGEM: 08/10/21

Nº DA AMOSTRA	MASSA (g)	DIMENSÕES - (mm) *									CARGA DE RUPTURA (kgf)
		COMPRIMENTO			LARGURA			ESPESSURA			
		C ₁	C ₂	C ₃	L ₁	L ₂	L ₃	E ₁	E ₂	E ₃	
1	2677,3	200,2	200,1	200,0	100,1	100,2	100,1	63,1	63,2	63,1	18852
2	2818,9	200,2	200,0	200,2	100,2	100,1	100,2	62,8	62,7	62,9	20773
3	2783,7	200,1	200,2	200,3	100,1	100,2	100,1	63,0	63,1	63,0	24001
4	2778,3	200,2	200,0	200,1	100,2	100,1	100,2	62,9	63,0	63,1	20966
5	2855,6	200,1	200,2	200,2	100,1	100,2	100,1	62,8	62,9	62,7	24583
6	2775,7	200,3	200,4	200,3	100,2	100,1	100,2	62,7	62,8	62,6	15634
7	2657,9	200,2	200,2	200,2	100,3	100,2	100,1	62,5	62,7	62,5	17788

CONTROLE DAS AMOSTRAS					
TANQUE DE IMERSÃO					
ENTRADA	DATA	HORA	SAÍDA	DATA	HORA
MEDIDAS NOMINAIS INFORMADAS PELO FABRICANTE					
COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	TIPO DE PEÇA		
TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO					
EQUIPAMENTOS TAG	NÍVEL	PAQUÍMETRO	PRENSA	BALANÇA	

OBSERVAÇÕES:

NOTAS:
 1. (*) A precisão adotada para as dimensões é de 0,1 mm (Espessura, Largura e Comprimento).

EXECUTANTE / APONTADOR

CÓDIGO DO RELATÓRIO: 1290 FE.011 - REV.10 (02/06/14)

FORNECEDOR: PEC-Poli-DESS LOTE: RCS 12 DATA DO ENSAIO: 04/11/21

NORMA(S) DE REFERÊNCIA: NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação - Determinação da resistência à compressão DATA DE MOLDAGEM: 08/03/21

Nº DA AMOSTRA	MASSA (g)	DIMENSÕES - (mm) *									CARGA DE RUPTURA (kgf)
		COMPRIMENTO			LARGURA			ESPESSURA			
		C ₁	C ₂	C ₃	L ₁	L ₂	L ₃	E ₁	E ₂	E ₃	
1	2.783,6	200,3	203,2	202,4	101,2	101,0	101,2	63,5	63,4	63,4	20984
2	2.571,4	201,4	201,3	203,2	100,9	100,8	100,7	63,6	63,5	63,3	15197
3	2.739,5	201,5	202,0	203,3	101,2	101,3	101,2	63,4	63,4	63,0	17057
4	2.580,6	201,3	201,3	201,5	101,3	101,2	101,1	63,0	63,1	63,2	15261
5	2.715,5	201,4	201,5	201,6	101,2	101,2	101,2	63,0	63,2	63,2	19536
6	2.694,8	201,1	201,0	201,3	101,1	101,3	101,3	63,3	63,4	63,3	13658
7	2.580,8	201,8	201,7	201,4	101,2	101,3	101,2	63,0	62,9	62,8	10643

CONTROLE DAS AMOSTRAS

TANQUE DE IMERSÃO

ENTRADA	DATA	HORA	SÁIDA	DATA	HORA

MEDIDAS NOMINAIS INFORMADAS PELO FABRICANTE

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	TIPO DE PEÇA

TAG - EQUIPAMENTOS DO ENSAIO

EQUIPAMENTOS	NÍVEL	PAQUÍMETRO	PRENSA	BALANÇA
TAG				

OBSERVAÇÕES:

NOTAS:
1. (*) A precisão adotada para as dimensões é de 0,1 mm (Espessura, Largura e Comprimento)

EXECUTANTE / APONTADOR

Anexo E

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CONCHA DE SURURU EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL À AREIA NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO.

*THE USE OF SURURU SHELL RESIDUE AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR SAND IN THE
MANUFACTURING OF CONCRETE PAVING BLOCKS.*

Marcionillo de Carvalho Pedrosa Júnior

Engenheiro Civil, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco
mcpj_pec@poli.br

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Ph.D.

Professora Associada e Livre Docente da Universidade de Pernambuco (UPE), Gerente de
Formação Superior da SECTI PE.
emilia.rabbani@upe.br

Caio Victor Souza Abreu de Vasconcelos

Engenheiro Civil, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco
cvsav@poli.br

Angelo Just da Costa e Silva

Engenheira Civil, MSc., Dr. Professor da Universidade de Pernambuco e Professor da
Universidade Católica de Pernambuco
angelo@tecomat.com.br

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Engenheira Civil, MSc., Dra. Professora Associada da Universidade de Pernambuco e Professora
da Universidade Católica de Pernambuco
eliana@poli.br

RESUMO

A comunidade pesqueira Ilha Deus localiza-se no parque dos manguezais em Recife no estado de Pernambuco e tem como principal atividade econômica a maricultura. A comunidade vem sofrendo com o acúmulo excessivo de resíduos de conchas de Sururu que são descartadas às margens da ilha. Fazendo com que a ilha, com o passar dos anos, avance sobre o manguezal. Este trabalho objetiva realizar um estudo experimental de uma alternativa para o uso do resíduo de concha de sururu na produção de blocos de piso intertravado e propor a aplicação do produto desenvolvido nas ruas da comunidade com tráfego exclusivo de pedestres. Foi tomado como referência um traço sem resíduos de concha e a partir dele foram definidas proporções de substituição da areia por resíduo de concha de sururu nas proporções de 4,57, 9,71 e 12% em massa, totalizando quatro famílias de blocos. As conchas de sururu foram trituradas, peneiradas e levadas para a planta da fábrica parceira, onde os blocos foram produzidos e em seguida foram

realizados ensaios de absorção de água e resistência à compressão. Quando comparados com os resultados do traço de referência, os traços com a substituição apresentaram melhorias nas suas propriedades. Os percentuais de absorção de água diminuíram à medida que a substituição da areia por resíduo de conchas de sururu aumentou. Os blocos com substituição de 9,71% atingiram resistência característica à compressão superior à 20 Mpa podendo ser empregados na pavimentação das ruas da Ilha de Deus onde o tráfego é apenas de pedestres.

Palavras-chave: Conchas marinhas. Blocos de concreto para pavimentação. Piso intertravado. Materiais recicláveis

ABSTRACT

The *Ilha de Deus* fishing community is located on an island within a mangrove park in Recife, Pernambuco, and its principal economic activity is mariculture. The community suffers from the excessive accumulation of *sururu* shell waste, which is discarded along the island's shores, causing aggradation of the surrounding mangroves over time. The objective of this study is to experimentally investigate an alternative use for the *sururu* shell residues in the production of interlocking pavement blocks, and proposes the use of the product developed to pave the community streets that are exclusively used by pedestrians. A mixture without shell residue was used as reference and mixtures replacing a proportion of sand with *sururu* shell residue were defined from it in proportions of 4.57%, 9.71%, and 12%, by mass, producing a total of four families of blocks. The *sururu* shells were crushed, sieved, and mixed into concrete blocks at the partner factory, after which, water absorption and compressive strength tests were performed. When compared to the results for the reference mixture, the mixtures containing substitutes showed improved properties. The percentages of water absorption decreased as the substitution of sand for *sururu* shell waste increased. The blocks with 9.71% replacement had a compressive strength above 20 MPa and are suitable for paving the exclusively pedestrian streets of *Ilha de Deus*.

Keyword: Seashells. Concrete paving blocks. Interlocked paving. Recycled material, Construction materials.

1. INTRODUÇÃO

A comunidade pesqueira Ilha Deus localiza-se no parque dos manguezais Josué de Castro em Recife no estado de Pernambuco, e tem como principal atividade econômica a maricultura. Em decorrência da atividade pesqueira, a comunidade vem sofrendo com o acúmulo excessivo de resíduos. Todo o resíduo oriundo da coleta de moluscos, principalmente as conchas de Sururu, são descartados de forma inadequada às margens da ilha como ilustrado na Figura 01. Assoreando o leito dos rios e fazendo com que a ilha, com o passar dos anos, avance sobre o manguezal.

Figura 01: Acumulo de conchas nas margens da Ilha de Deus.



Fonte: Arquivo pessoal.

Vale destacar que os pescadores e catadores de sururu e marisco residentes na Ilha de Deus, praticam as suas atividades pesqueiras nos rios da cidade, e não apenas no entorno da comunidade. O Sururu que é beneficiado lá, vem do leito dos rios que cortam a RMR, principalmente no entorno dos bairros do Recife Antigo, Santo Amaro e Santo Antônio, localizados a aproximadamente 7km da ilha. Assim, pode-se assumir que o trabalho de coleta de sururu e outros moluscos bivalves, funciona como um processo constante de limpeza e desobstrução do leito dos principais rios da cidade. É evidente que apenas a prática desta atividade não soluciona o problema do assoreamento dos rios no centro da cidade, mas contribui com a retirada de um montante considerável de matéria do leito dos rios.

Segundo matéria do Jornal do Comércio (2017), o processo de requalificação da ilha começou em 2007 com um projeto do governo do estado que pretendia entregar casas em alvenaria, que substituiriam os antigos barracos improvisados, água encanada e saneamento básico e só em 2017 as obras foram finalizadas. Porém a comunidade ainda enfrenta alguns desafios de infraestrutura como ruas da comunidade que permanecem sem pavimentação, a estação elevatória que deveria fazer a coleta de esgoto e permanece desativada e o acumulo dos resíduos das atividades pesqueiras que não são recolhidos pela prefeitura em virtude do difícil acesso à ilha que tem como acesso uma ponte estreita que impossibilita a passagem de caminhões de coleta.

Cardoso (2019), em sua pesquisa, comparou argamassas dosadas na proporção 1:3 em massa e relação água/cimento de 0,55 com substituição parcial do agregado por resíduo de concha de sururu da Ilha de Deus nas porcentagens de 0%, 10%, 20%, 30%, e 40% em massa para idade de 28 dias e de 20% e 40% para a idade de 180 dias. As conchas foram lavadas e aquecidas para a remoção de impurezas e materiais orgânicos e então foram trituradas até que atingissem a finura correspondente à de um agregado miúdo. Aos 28 dias, dentre as amostras com substituição parcial do agregado, a que obteve melhor desempenho foi a com 10% de substituição com pouca redução na resistência a compressão (2,7%) e com redução expressiva da absorção por capilaridade (46%). Ao final foi constatado que é possível a sua utilização como agregado miúdo reciclado em proporções de até 20% sem grandes prejuízos às propriedades das matrizes cimentícias.

O presente trabalho objetiva realizar um estudo experimental com substituição parcial da areia por resíduo de concha de sururu beneficiado na fabricação de blocos de piso de concreto a fim de propor um caminho para minimizar os impactos causados pela atividade marisqueira na Ilha de Deus e que possa ter um impacto local devido a necessidade atual de calçamento das vias para uso de pedestres.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram fabricados, em parceria com a empresa parceira, 4 lotes de blocos para piso intertravado nas seguintes dimensões: Largura: 10 cm Altura: 6 cm Comprimento: 20 cm com 200 blocos por lote (capacidade mínima de produção por traço).

2.1 Caracterização dos materiais

O quadro 01 traz a descrição dos materiais utilizados na fabricação dos blocos.

Quadro 01: Caracterização dos materiais

Material	Descrição
Aglomerante	Cimento Portland CPV-ARI, com alta resistência inicial.
Agregado miúdo	Areia natural com granulometria média e o pó de pedra que a fábrica já emprega em seu processo de produção das peças de piso intertravado.

Agregado graúdo	Brita 12 que a fábrica já emprega em seu processo de produção das peças de piso intertravado.
Água	A água que a fábrica utiliza na sua produção que é proveniente de um poço perfurado nas imediações da planta.
Resíduo de concha de sururu	Coletados na comunidade Ilha de Deus e beneficiados no laboratório de materiais de construção da escola politécnica de Pernambuco.

Fonte: Elaborado pelos autores.

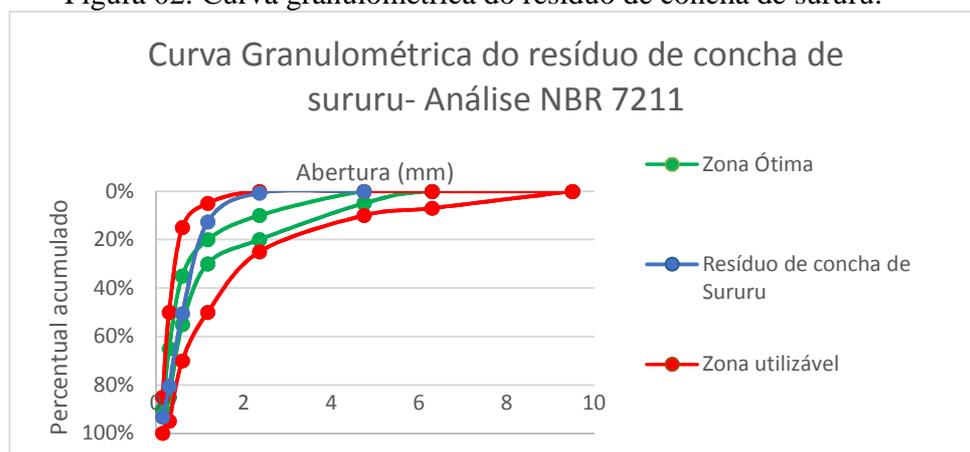
As conchas foram coletadas e acondicionadas em sacos de nylon com capacidade para até 20 kg. O resíduo de pesca é descartado pelos pescadores nas margens da ilha logo após a retirada da carne do sururu, portanto pode conter restos de matéria orgânica que sobram desse processo e apresentar mal cheiro e agentes decompositores, além disso como o descarte é feito ao ar livre numa área residencial, resíduos domésticos são encontrados misturados às conchas. Foram coletados 5 sacos de resíduo bruto, totalizado aproximadamente 100 kg de resíduo bruto de concha de sururu.

O material foi lavado com água corrente em torneira com vazão média de 0,26 l/s com o auxílio de uma peneira com abertura de 4,75mm e posto para secar ao sol, nesta etapa foram removidos restos de carne de sururu, resíduos domésticos e pequenos insetos como o *Paederus*, popularmente conhecido como potó.

As conchas de moluscos bivalves apresentam uma película de matéria orgânica que serve para as unir em pares quando o molusco ainda está em vida. A fim de remover essa película as conchas foram colocadas para secar em estufa a 100°C por 24 horas, nesse processo a película resseca e se solta da concha, em seguida foram peneiradas em peneira com abertura de 4,75mm para que as conchas pudessem ficar livres de qualquer resíduo das películas. Em seguida foram trituradas em liquidificador doméstico da marca “Black Power” com potência de 500W. foram trituradas porções de aproximadamente 300 g por vez. Cada porção foi triturada por aproximadamente 30 segundos e em seguida peneirada na peneira de número 4 com abertura de 4,75mm e na peneira de número 200 com abertura de 0,075 mm com o auxílio de um peneirador mecânico. O material retido na peneira n° 4 retornava para o trituramento no liquidificador para que atingisse a granulometria necessária para passar na peneira e o material pulverulento passante

na peneira n° 200, que ficou no fundo do conjunto de peneiras, foi descartado, a figura 02 traz a curva granulométrica do resíduo de concha de sururu beneficiado.

Figura 02: Curva granulométrica do resíduo de concha de sururu.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A curva granulométrica do resíduo de concha de sururu se adequou perfeitamente à zona utilizável definida na ABNT NBR 7211 (2019).

2.1 Produção dos blocos de piso

Os blocos de piso intertravado foram fabricados em uma empresa parceira, que conta com um sistema de produção automatizado e permite o controle dos processos de dosagem e mistura do traço digitalmente através de uma central de controle proporcionando uma grande capacidade produtiva.

O bloco de piso intertravado produzido pela empresa parceira deste projeto possui tecnologia dupla camada. A primeira camada é feita com mistura convencional de concreto e a segunda camada, com espessura de aproximadamente 1 cm, é feita com um traço de areia fina, areia média e cimento, para garantir um melhor acabamento na face superior das peças. O bloco experimental contou com substituição da areia por resíduo de concha de sururu nas duas camadas a fim de verificar se a substituição afetaria a aparência do produto final para que, no futuro, ele pudesse ser inserido no catálogo da empresa como um bloco “sustentável”. No processo de fabricação são rodados dois traços simultaneamente e no momento da moldagem o concreto convencional é colocado primeiro nas formas, seguido da camada de acabamento e em seguida são prensados à tensão máxima de 2 MPa.

A substituição foi realizada em cada traço (corpo do bloco e dupla camada) na mesma proporção de substituição. A partir da adição manual do Resíduo de Concha de Sururu, seguiu-se

a dinâmica normal de fabricação. Os blocos foram moldados em fôrmas metálicas nas dimensões: 20 x 10 x 6 cm, seguindo a ordem primeiro o traço de concreto entra na fôrma e em seguida a argamassa responsável pelo acabamento do bloco, finalizando com a prensagem em prensa mecânica com tensão máxima de 2 MPa. Após a prensagem os blocos seguiram para a cura em câmara úmida onde ficaram por 24h até serem empilhados em pallets separados por percentual de substituição (4 pallets) e embalados em plástico e foram levados para o pátio da fábrica.

2.2 O traço

O traço já utilizado pela fábrica para as categorias de solicitação de Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha (35 MPa) foi utilizado como traço de referência. A partir do traço de referência, foram definidas proporções de substituição da areia por resíduo de concha de sururu em massa. Os blocos foram divididos em 4 famílias de acordo com o percentual de substituição:

Família RCS00 - Traço de referência para a categoria de 35MPa;

Família RCS05 – Com 5% de resíduo de concha de sururu;

Família RCS10 – Com 10% de resíduo de concha de sururu;

Família RCS12 – Com 12% de resíduo de concha de sururu.

Os traços utilizados na fabricação do corpo dos blocos e da dupla camada estão descritos no quadro 02 e quadro 03, respectivamente.

Quadro 02: Traços utilizados no corpo dos blocos.

Família	Areia Média (kg)	Resíduo de concha de sururu (kg)	Pó de pedra (kg)	Brita 12 (kg)	Cimento (kg)	Água adicionada (l)
RCS00	175	0	255	350	125	25
RCS05	167	8	255	350	125	25
RCS10	157	17	255	350	125	25
RCS12	154	21	255	350	125	25

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 03: Traço utilizado na dupla camada dos blocos.

Família	Areia fina (kg)	Areia Média (kg)	Resíduo de Concha de sururu (kg)	Cimento (kg)	Água adicionada (l)
RCS00	75	25	0	30	6
RCS05	72	23	5	30	6
RCS10	70	20	10	30	6
RCS12	69	19	12	30	6

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores calculados para a substituição do agregado miúdo por resíduo de concha de sururu nos traços do corpo dos blocos foram arredondados, pois a central dosadora utilizada na fabricação não aceita valores fracionados. Portanto, os valores reais de substituição para cada família estão demonstrados no quadro 04.

Quadro 04: Percentual real de substituição do agregado miúdo por RCS no traço do corpo do bloco.

Família	Percentual real de substituição (%)
RCS00	0
RCS05	4.57
RCS10	9.71
RCS12	12

Fonte: Elaborado pelos autores

2.3 Ensaios de caracterização

A determinação da resistência à compressão, absorção de água e resistência à abrasão das 4 famílias de blocos foi realizada de acordo com as orientações da ABNT NBR 9781(2013)“Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio”.

3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos nos ensaios realizados para avaliar as propriedades das famílias de blocos de concreto produzidos conforme anterior detalhados no item materiais e métodos.

Amostras das quatro famílias de blocos foram levadas para uma empresa que realiza serviços de controle de qualidade para que os ensaios fossem realizados seguindo as recomendações da ABNT NBR 9781 (2013). Os resultados dos ensaios de absorção de água estão apresentados no quadro 05.

Quadro 05: Absorção de água de acordo com a NBR 9781(2013).

Família	Nº do corpo de prova	Massa		Absorção individual (%)	Absorção de água média (%)
		M1 (g)	M2 (g)		
RCS00	1	2531	2731	7.9%	7.0%
	2	2609	2765	6.0%	
	3	2598	2784	7.2%	
RCS05	1	2583	2743	6.2%	6.92%
	2	2586	2746	6.2%	
	3	2542	2755	8.4%	

RCS10	1	2648	2811	6.2%	6.23%
	2	2699	2850	5.6%	
	3	2633	2816	7.0%	
RCS12	1	2549	2680	5.1%	5.19%
	2	2645	2791	5.5%	
	3	2667	2798	4.9%	

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a ABNT (2013), a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6%, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7%. Logo, pode-se verificar que as famílias RCS00 e RCS05 apresentaram valores individuais e médios de absorção de água superiores aos permitidos pela norma, enquanto a família RCS10 apresenta valor médio de absorção superior ao parâmetro estabelecido pela norma e os valores individuais e médio da família RCS12 estão de acordo com os parâmetros determinados pela norma, além disso pode-se observar que os percentuais de absorção de água diminuíram à medida em que a substituição da areia por resíduo de conchas de sururu aumentou.

Quadro 11 – Resistência Característica à Compressão de acordo com NBR 9781(2013)

Família	Teor de substituição	Nº de amostras	Desvio padrão (Mpa)	Resistência característica à compressão (Mpa)
RCS00	0%	7	6.94	12.45
RCS05	5%	7	5.66	16.67
RCS10	10%	7	2.97	20.98
RCS12	12%	7	3.32	15.36

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão não atingiram o valor mínimo definido pela ABNT (2013) para a categoria de solicitação mais simples descrita como: “Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha”, que deve apresentar valores de resistência característica a compressão superiores ou iguais a 35 Mpa.

É importante observar que os valores do desvio padrão estão bem elevados. A NBR 7212 (2012) “Execução de concreto dosado em central. ”, estabelece como melhor controle de preparo o chamado Nível 1, para operações com desvio padrão de até 3 Mpa. Já a NBR 9781 (2013) “Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. ” não limita valores para o desvio padrão, porém um desvio padrão alto indica que o processo de fabricação produziu lotes heterogêneos, o que pode indicar alguma fragilidade na dinâmica de produção da fábrica.

4. CONCLUSÕES

A ABNT NBR 9781(2013) não especifica categorias de blocos de concreto para pavimentação para uso em calçadas ou ciclovias, o que gera uma discrepância com a realidade do Brasil, visto que os pisos intertravados são utilizados frequentemente em calçadas, praças e ciclovias. E estes que poderiam apresentar especificações mais brandas, terminam por ter que atender à especificações mais severas do que o necessário e serem igualados a usos que exigem mais do pavimento, como o tráfego de veículos de linha.

A norma Australiana referente à blocos para pisos intertravados AS/NZS 4456.4:2003 define que os valores mínimos exigidos para a resistência a compressão dos blocos de concreto para pavimentação são de 25 Mpa para veículos leves e de 60 Mpa para veículos especiais e para ciclovias e estacionamento os valores dão de 15 Mpa.

A ABNT NBR 16416 (2015) “Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos” estabelece que para uma categoria de tráfego de pedestres, poder-se-ia utilizar peças de concreto permeável com espessura de 60 mm (mesma espessura dos blocos estudados nesse estudo) com resistência igual ou superior a 20 Mpa.

É fato que os blocos desenvolvidos no presente estudo experimental não se tratam de blocos de concreto permeável, contudo é possível afirmar que os blocos da família RCS10, com um teor de substituição de areia por resíduo de conchas de sururu em 10% que atingiram resistência característica à compressão superior à 20 Mpa poderiam ser empregados na pavimentação das ruas não pavimentadas da comunidade Ilha de Deus onde o tráfego é apenas de pedestres, ou na central de beneficiamento de pescados proposta no projeto inicial de urbanização da Ilha e que nunca foi executada.

Para produzir os blocos com resíduo de concha de sururu, a fábrica teria que beneficiar as conchas em um volume compatível com a sua demanda de produção. As conchas utilizadas neste trabalho foram trituradas em um liquidificador de uso doméstico o que proporcionou uma produtividade de aproximadamente 35 kg por mês, bem distante do ideal para produção em larga escala. Um moinho de martelo para calcário teria que ser incorporado à planta da fábrica para que a etapa de moagem das conchas fosse realizada, além de uma estufa com capacidade para atingir 100°C a ser utilizada na etapa de secagem e remoção da matéria orgânica das conchas de sururu.

Quando comparados com os resultados do traço de referência (família RCS00), os traços com a substituição não causaram perdas, pelo contrário, apresentaram melhorias nas suas propriedades. Tanto nos ensaios de absorção de água quanto nos ensaios de resistência à compressão. O que pode indicar uma possível viabilidade técnica na utilização dos resíduos de conchas de sururu se as condições de produção forem ajustadas.

As grandes dispersões dos valores individuais de resistência à compressão acarretam em valores de desvio padrão elevados sinalizando alguma vulnerabilidade na dinâmica de produção. Por trabalhar com um traço muito seco, com baixa relação água/cimento, o sucesso do ato de fabricação se dá por meio da etapa de prensagem na moldagem com força aplicada de 2 Mpa, contudo existem pontos críticos no processo de dosagem do concreto na planta de fabricação, como a dosagem manual de água obedecendo à critérios visuais empíricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central, procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de Concreto para pavimentação – Especificações e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2013.

Standards Australia. **AS/NZS 4456.4**: Masonry units and segmental pavers and flags - Methods of test - Determining compressive strength of masonry units, 2003.

CARDOSO, A. S. **Avaliação do comportamento de compósitos cimentícios produzidos com conchas de sururu**. Universidade de Pernambuco, Recife, 2019. 120p. Dissertação Mestrado

JORNAL DO COMERCIO. **Ilha de Deus entra 2017 de cara nova**. Recife, PE. 2017.

Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2017/01/02/ilha-de-deus-entra-2017-de-cara-nova-265424.php>. Acesso em: 02 jun. 2020.