

# COMPARAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ECONÔMICA E SOCIAL PARA EXECUÇÃO DE CALÇADAS

COMPARISON OF ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL SUSTAINABILITY FOR THE EXECUTION OF SIDEWALKS

**JULIA DELMONDES DE OLIVEIRA** | Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

**AMANDA CRISTINA PADOVA** | Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

**JUCELIO DALL AGNOL** | Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

**LUIZ FERNANDES DA COSTA NETO** | Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

**NATÁLIA SAGAZ** | Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

## RESUMO

As calçadas são componentes essenciais do meio urbano, pois permitem a locomoção dos pedestres. A inexistência ou a precariedade das calçadas comprometem a mobilidade e acessibilidade das pessoas, sendo um problema comum em diferentes cidades brasileiras. Este artigo apresenta uma avaliação do tripé da sustentabilidade a partir da comparação entre diferentes tipos de calçadas para construção em uma comunidade quilombola no estado de Santa Catarina. Após a revisão bibliográfica, foi realizada a modelagem e investigação de quatro tipos de calçadas a partir de protótipos digitais, nos seguintes sistemas construtivos: a) em concreto armado, b) em piso intertravado, c) em piso cimentício e d) com resíduos de construção civil e bambu. Após, foi realizada a avaliação da sustentabilidade global para cada protótipo. Obteve-se que a calçada mais sustentável economicamente para as bases orçamentárias da TCPO (2012) e da SINAPI (2022) foi a calçada com piso intertravado, enquanto a calçada em concreto armado teve menores valores através do orçamento fornecido na DEINFRA-SC (2021). A calçada mais viável social e ambientalmente neste estudo, é a calçada em concreto armado. A contribuição deste estudo é a identificação da solução de calçada mais sustentável para construção em uma comunidade tradicional quilombola.

## PALAVRAS CHAVE

Sustentabilidade; Calçadas; Comparativo.

## ABSTRACT

*Sidewalks are essential components of the urban environment, because they allow the locomotion of pedestrians. The inexistence or precariousness of sidewalks compromises the mobility and accessibility of people, being a common problem in different Brazilian cities. This article presents an evaluation of the sustainability tripod from the comparison between different types of sidewalks for construction in a quilombola community in the state of Santa Catarina. After the bibliographical review, the modeling and investigation of four types of sidewalks was performed from digital prototypes, in the following building systems: a) reinforced concrete, b) interlocked floor, c) cementitious floor and d) with civil construction waste and bamboo. After that, the global sustainability assessment was performed for each prototype. It was obtained that the most economically sustainable sidewalk for the budget bases of TCPO (2012) and SINAPI (2022) was the sidewalk with interlocked floor, while the reinforced concrete sidewalk had lower values through the budget provided at DEINFRA-SC (2021). The most socially and environmentally viable sidewalk in this study is the reinforced concrete sidewalk. The contribution of this study is the identification of the most sustainable sidewalk solution for construction in a traditional quilombola community.*

## KEY WORDS

*Sustainability; Sidewalks; Comparative.*



## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos tradicionais de construção demandam um grande consumo de energia e materiais, além de despendem muito recurso financeiro e mobilizar processos de produção centralizados dentro da indústria. A abordagem de um desenvolvimento sustentável visa repensar a necessidade do consumo excessivo dos materiais da construção civil e tange a pautas não somente ambientais, mas também à manutenção de cidades socialmente referenciadas a partir do planejamento urbano mais participativo e da responsabilidade sobre a administração dos recursos disponíveis com a utilização de materiais alternativos de baixo custo e impacto ambiental. Assim, sendo a construção civil um setor bastante marcado pelos impactos ambientais, a adoção de materiais e processos executivos que primam pela sustentabilidade é fundamental para um futuro global mais resiliente.

Dentre as possibilidades de uso de materiais não convencionais no setor, destaca-se o uso do bambu - um material que pode ser utilizado e apresentar bons resultados de desempenho e resistência estrutural, se respeitadas suas particularidades. Atualmente, no Brasil, estão em consulta pública duas propostas de normas técnicas para o uso do bambu na construção civil, a NBR 16828 - 1: Estruturas de bambu Parte 1: Projeto, e a NBR 16828 - 2: Estruturas de bambu Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu, que visam a regulamentação deste material. Além disso, o reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil (RCC) para uso dentro da própria indústria da construção pode contribuir com a minimização de impactos ambientais gerados por este setor, por destinar o resíduo, que seria descartado, para novas construções.

Por isso, este trabalho tem como objetivo avaliar o tripé de sustentabilidade para a construção de diferentes tipos de calçadas em uma área urbana de interesse social.

Essa pesquisa está alinhada com Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 10 e 11, da Organização das Nações Unidas (ONU), no que se refere ao comprometimento com um resultado eficiente em nível de sustentabilidade ambiental e social (ONU, 2015). As duas metas mais próximas deste estudo são: a meta "11.4 - Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo", e a meta "10.2 - Até 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, de forma a reduzir as desigualdades, independentemente da idade, gênero, deficiência, raça, etnia, nacionalidade, religião, condição econômica ou outra", considerando que as comunidades quilombolas

desenvolveram práticas cotidianas de resistência na manutenção de seus modos de vida característicos e na consolidação de um território próprio. Assim, a execução das calçadas na comunidade em estudo poderá colaborar na melhoria da infraestrutura que respeite a cultura e necessidades da comunidade, observando o cuidado com o meio ambiente e a geografia local.

## 2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil, a grande escala de produção dessa atividade requer volumes proporcionais de materiais de construção que, geralmente, são extraídos de recursos naturais finitos (BARROS; FUCALÉ, 2016). Assim, busca-se tratar a sustentabilidade pelo viés de equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e os possíveis impactos das ações humanas nas gerações futuras. Por isso, vários autores atribuem diferentes dimensões ao termo sustentabilidade, sendo que esta pode ser caracterizada em seus aspectos ambientais, sociais, econômicos e culturais (CARVALHO, 2009; HOFFMANN, 2014; LIBRELOTTO, 2005). Assim, todas essas dimensões devem estar alinhadas para garantir o desenvolvimento sustentável das futuras gerações.

### 2.1. Uso de materiais de baixo impacto ambiental

#### 2.1.1. Resíduos da Construção Civil (RCC)

As diferentes etapas do ciclo de vida das construções geram resíduos, comumente denominados Resíduos da Construção Civil (RCC) ou Resíduos de Construção e Demolição (RCD). A quantidade produzida desse material descartado não é pequena: mais da metade dos resíduos sólidos urbanos gerados são fruto da construção civil e, em 2015, 123 mil toneladas eram diariamente produzidas no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2015). Tais resíduos podem ser encaminhados para aterros sanitários específicos, ocupando vasto espaço desses; no caso de depósito irregular em lixões, terrenos baldios ou na natureza, pode haver contaminação do solo e lençol freático e atrair vetores de doenças (RIZZO, 2018). Assim, fica evidente a importância da reciclagem ou reaproveitamento dos resíduos gerados pela construção civil. Tal procedimento potencializa uma maior preservação dos recursos naturais, proteção ao meio ambiente e uma redução dos grandes volumes de RCC que geram custos para a sociedade na intenção de descartá-los (MORESCO, 2017).

A reciclagem de RCC requer processos que o transformem em um produto que possa ser incorporado na

produção de um novo material, que virá a ser utilizado na construção civil. A natureza variada desses resíduos é uma dificuldade para a geração de um produto reciclado e necessita de estudos para garantir seus parâmetros de qualidade (RIZZO, 2018). Logo, resoluções e normas começaram a ganhar forma para orientar a adoção destes materiais no setor. Em 2002 surgiu a primeira normatização relacionada ao RCC por meio da Resolução n. 307 do CONAMA, que “estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil” (BRASIL, 2002, p. 1) e já passou por algumas atualizações.

A resolução classifica os resíduos da construção civil em quatro diferentes classes: A, B, C e D. A classe A abrange resíduos que podem ser reutilizados ou podem ser submetidos ao processo de reciclagem para a produção de agregados, os quais fazem parte da composição de materiais da construção civil. Já, a classe B também diz respeito a resíduos que são passíveis de reciclagem, entretanto com um fim que impossibilita serem transformados em agregados. Nessa classe são incluídos madeiramentos, vidros, metais, papel, entre outros. Há ainda, a classe C, que se refere aos resíduos que ainda não são reciclados por inviabilidade. Isso devido a tecnologias inacessíveis, custo econômico da reciclagem fora de alcance ou até a inexistência de um procedimento para tal. Um material comumente utilizado e que exemplifica essa classe é o gesso. Por fim, a última classificação, a classe D, aborda os resíduos perigosos que são gerados na atividade da construção civil como alguns tipos de tintas e óleos, e o amianto (BRASIL, 2002).

Quando se trata da utilização de agregados reciclados para a produção de concreto ou argamassas, devem ser estudadas as características do material, como a porosidade, composição gravimétrica e granulométrica, teor pulverulento, absorção de água, massa específica e unitária e volume de vazios, entre outras (BARROS; FUCALE, 2016). Espera-se que o concreto produzido com agregados reciclados apresente maior porosidade em sua composição em comparação com o concreto produzido com agregados naturais. Tal fato influencia em diversos fatores, como a maior permeabilidade do concreto produzido com agregados reciclados aos fluidos que podem ser nocivos ao material (RIZZO, 2018). Além disso, outras diferenças substanciais estão na massa específica e massa unitárias menores e no maior volume de vazios, e consequentemente de absorção de água, o que pode conduzir a uma diferença no traço do concreto (BARROS; FUCALE, 2016).

Esses parâmetros precisam se adequar às normas técnicas de cada país e apresentar valores dentro do estabelecido pela legislação. Nesse sentido, pesquisas vêm contribuindo com estudos e experimentos nesta temática, auxiliando na prática da reciclagem dos RCC, com o intuito de melhorar o potencial desse processo com a fabricação de novos materiais a partir de agregados reciclados que respeitam as legislações, e de sua inserção gradativamente maior no mercado da construção civil (KONZEN *et al.*, 2019).

A partir da Resolução n. 307 do CONAMA e de estudos sobre o assunto, o Quadro 01 apresenta uma síntese das normativas que regulamentam os RCC, bem como sua reciclagem e destinação:

Normas Técnicas		Título
ABNT 15112:2004	NBR	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT 15113:2004	NBR	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT 15114:2004	NBR	Resíduos sólidos da Construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT 15115:2004	NBR	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
ABNT 15116:2021	NBR	Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios

**Quadro 01:** Normas sobre resíduos da construção civil.

**Fonte:** Autores, com base nas normas citadas.

Somando-se ao exposto, vale destacar a Lei n.12.305 de 2010, mais conhecida como Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Tal plano norteia a gestão, planejamento e ações ligadas aos resíduos sólidos, dentro dos quais, os provenientes da construção civil estão inseridos. Paralelo a isso, de forma mais específica, a ABNT NBR 15116: 2021, caracteriza que o concreto, com adição de RCC é classificado entre a classe C-10 e C-15, só poderá ter como finalidade de uso não estrutural, ou seja, aplicado em objetos como, sarjetas, meios-fios, blocos de vedação, calçadas, entres outros. Por outro lado, em alguns países, agregados recicláveis são inseridos em misturas com agregados naturais com objetivo de gerar um concreto estrutural. Por exemplo, percentuais de 20% de agregados reciclados são utilizados na produção de concreto em Hong Kong, com uma resistência à compressão de até 35 MPa (GONÇALVES; BRITO, 2009).

### 2.1.2. O Bambu como material para a construção civil

O bambu é um material renovável que possui uma diversidade de gêneros e espécies dos mais variados comprimentos e espessuras, e, geralmente, pertencem à subfamília *Bambusoideae*. Na região Norte do Brasil existem mais bambus do gênero herbáceo, enquanto que na região sudeste existem mais bambus do gênero lenhoso (GRECO *et al.*, 2015). Apesar da ampla variedade e diversidade de usos devido às combinações de suas propriedades, como estética, resistência (graças a suas fibras concentradas nos colmos), e por ser um material de baixo custo e de acelerado crescimento, o material ainda possui pouca demanda na construção civil se comparado a outros materiais mais comuns como, por exemplo, o aço.

Na revisão de literatura, foi possível descobrir que, quando o bambu é usado junto ao concreto, tem-se observações importantes a serem levadas em conta já que se trata de um material suscetível às variações de umidade e temperatura. Por exemplo, o bambu quando usado como armadura, tende a absorver a água presente no concreto fazendo com que se expanda. Todavia, ao finalizar-se a cura do concreto, o bambu tenderá a encolher por perder a umidade, o que ocasionará vazios ao redor da armadura. Ainda, outra dificuldade encontrada no bambu é a padronização das suas propriedades. Um estudo brasileiro adotou uma malha de bambu em substituição à uma malha de aço na execução de um protótipo de laje de concreto armado. Os autores reportaram que foram feitos o dimensionamento e a análise experimental do material, onde testes verificaram a resistência do bambu com e sem o nó. Neste caso, observou-se que a

existência do nó acaba por reduzir a resistência do material a esforços de tração (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2017).

Passando para a próxima etapa do estudo, Oliveira e Oliveira (2017) realizaram a fabricação de uma laje, iniciando pela confecção da armadura de bambu, na qual foram colocados pinos de ancoragem com 5 mm de diâmetro (CA-60) e 6 cm de comprimento, localizados a 15 cm um do outro. Após a confecção da armadura positiva de bambu foi concebida uma malha que servia como armadura de distribuição. Seguindo para as etapas finais, foi executada a forma para a laje maciça, onde houve a colocação da armadura, seguido pela concretagem e vibração. É importante salientar que, para isso, dois corpos de prova de concreto passaram por controle tecnológico.

Por fim, foi realizado um ensaio com o protótipo da laje sobre dois apoios em suas extremidades, onde foram utilizados sacos de cimento de 50 kg cada para a realização do teste. Assim, ao final chegou-se na constatação que a carga distribuída de ruptura foi de 617,12 kgf/m<sup>2</sup>, sendo que era de 703,70 kgf/m<sup>2</sup> a carga distribuída teórica. Essa diferença pode ser explicada segundo a aderência insuficiente entre os materiais envolvidos no experimento, mesmo com o uso dos pinos de ancoragem colocados entre nós. Dessa maneira, ao final da experiência Oliveira e Oliveira (2017) concluíram que a laje teve um comportamento satisfatório enquanto os materiais foram solidários entre si, além do mais se notou também que surgiram flechas de pequenas magnitudes, isso devido a rigidez obtida entre peça de concreto e bambu com os pinos de ancoragem.

## 2.2. A CONSTRUÇÃO DE CALÇADAS NAS CIDADES

As calçadas promovem a locomoção das pessoas pela cidade e devem garantir a mobilidade no meio urbano. A ausência de calçadas em vias urbanas, ou a existência destes elementos construídos de forma precária, são problemas que comprometem a mobilidade e acessibilidade dos pedestres nas cidades, o que afeta a segurança e a qualidade do caminhar. Segundo o Guia Prático para a Construção de Calçada (PORTLAND, 2016), para cumprir sua função, esse elemento deve ser projetado e executado de acordo com alguns preceitos como: acessos, dimensões adequadas, continuidade, fluidez, segurança, espaços de socialização e comprometimento com o desenho da paisagem.

Além disso, uma boa calçada possui três faixas de uso com funções distintas: a faixa de serviço, a faixa livre ou passeio e a faixa de acesso. A primeira sempre se

localizando na faixa em contato com a rua, nela se localizam elementos como postes, bancos, vegetação, etc. A segunda faixa é direcionada para os pedestres se locomoverem sem obstáculos. Por fim, a terceira faixa, localizada mais distante da rua, insere-se no acesso a partir da área pública aos variados lotes. Essas faixas possuem largura mínima definidas no plano diretor e/ou código de obras municipais, os quais devem se atentar à norma NBR 9050:2020, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), e o Decreto n. 5296 de 2004 (BRASIL, 2004), ambos se debruçam sobre o assunto acessibilidade.

A NBR 9050 trata de atributos importantes para o calçamento. Entre eles o declive transversal máximo de 3% na faixa livre ou passeio, o qual ao ser respeitado, garante a acessibilidade e o escoamento das águas. Tal passeio também deve ter um piso de revestimento de “superfície regular, firme, estável, não trepidante para dispositivos com rodas e antiderrapante, sob qualquer condição” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020, p. 55). Somando-se a isso, as larguras das diferentes faixas de uso são apresentadas, com valores estipulados de 70 cm para faixa de serviço e 120 cm para passeio, além de altura livre de 210 cm. Outrossim, rebaixamentos de calçadas, normalmente entre o calçamento e vias, devem ter uma declividade máxima de 8,33%.

A respeito do processo de execução de uma calçada, variadas formas podem ser empregadas. Como foi visto, há normatizações que inferem sobre como esse produto final deve estar para garantir seu uso por todos os públicos. Assim, nos dias atuais, muitos tipos de calçadas que eram comumente implementadas no passado, já não podem ser reproduzidas e devem ser adequadas, salvo em casos de tombamento. Exemplos desses tipos de calçadas são as de paralelepípedo e de pedra portuguesa. (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS, 2019). É importante destacar que normalmente os municípios regulamentam padrões de calçadas para serem executadas nas cidades, e que os Planos Diretores são instrumentos que auxiliam com indicações e instruções para o correto dimensionamento dos passeios.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo comparativo entre opções de construção de calçadas para implantação em um caso de estudo, junto à Comunidade de Remanescentes do Quilombo Toca/Santa Cruz, em um projeto de extensão desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde 2014, com o objetivo de encontrar a opção de passeio mais sustentável

para a proposta no projeto urbano. Neste local, entre os anos de 2018 e 2020, já foram realizadas outras ações de melhoria de infraestrutura, como a instalação da rede de abastecimento de água, melhoria na rede de distribuição da energia elétrica e soluções individuais de esgotamento sanitário. Desta forma, a coleta e análise de dados ocorreu de forma quali-quantitativa.

Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma revisão bibliográfica para entender os principais conceitos trabalhados na implantação de calçadas sustentáveis, como o uso de materiais não convencionais e inovadores, a exemplo de materiais reciclados e do bambu. Alguns critérios adotados por Carvalho (2009) na Metodologia de Avaliação da Sustentabilidade de Projetos de Habitação de Interesse Social (MASP-HIS), foram adotados para as análises desta pesquisa.

Na sequência, foram estudados protótipos de diferentes soluções de calçadas: a) calçada convencional em concreto, b) calçada em piso intertravado; e c) calçada com piso cimentício conforme regras municipais da cidade de Florianópolis (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS, 2019) e d) proposta de protótipo de calçada sustentável usando materiais reciclados e bambu. Os projetos dos protótipos digitais das calçadas foram elaborados no software Sketchup.

Para a análise da sustentabilidade econômica, foram calculadas as composições unitárias de custos oriundas de diferentes bases de dados orçamentários. Para a análise da sustentabilidade ambiental, foram comparados qualitativamente o consumo de materiais, o consumo de energia (uso de equipamentos na execução e transporte de materiais) e a geração de resíduos. Na análise da sustentabilidade em seu pilar social, foram consideradas a possibilidade de relacionamento com a comunidade local, a geração de infraestrutura e a possibilidade de participação comunitária na construção destes elementos urbanos.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A comparação entre os modelos de calçadas é essencial para possibilitar a compreensão quanto à qualidade, custo e desempenho de cada um. Para melhor entendimento do custo unitário das tipologias apresentadas (calçada de concreto, calçada com piso intertravado e calçada com placa cimentícia), foi desenvolvida a composição de custos com base em três bases orçamentárias, sendo elas: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (CAIXA, 2022), Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 2012) e Bases de

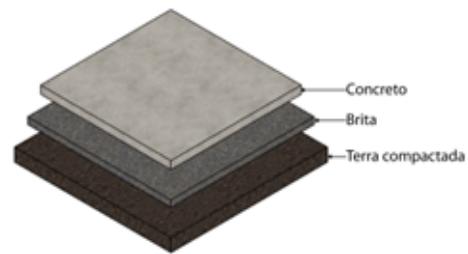
Dados do Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2021). As composições de custos unitários apresentam os insumos para execução de cada serviço de calçada, como materiais, mão de obra e equipamentos, bem como o consumo de cada insumo. É importante ressaltar que para cada composição, os insumos não são exatamente iguais, devido sobretudo a variedade de formas que se pode desenvolver o protótipo e também a própria metodologia utilizada nas diferentes bases orçamentárias para aferir cada composição. As diferenças nos insumos não interferem na obtenção do produto final.

Cabe salientar que os valores de custos unitários utilizados nas composições da TCPO (2012), foram retirados de insumos similares da base de dados SINAPI (2022), com o objetivo de obter uma análise mais atual referente ao aumento dos preços no decorrer dos anos. O consumo dos insumos permaneceu os mesmos encontrados no quadro da TCPO (2012). Ainda, as espessuras das calçadas existentes nas bases de dados consultadas diferem, sendo uma limitação da pesquisa e, portanto, a comparação foi feita dentro das possibilidades existentes. Na sequência serão apresentados os resultados encontrados nesta pesquisa para os diferentes tipos de calçadas.

#### 4.1. CALÇADA EM CONCRETO ARMADO

A primeira calçada examinada foi a de concreto armado, por ser de fácil executabilidade e por utilizar materiais

usuais, consequentemente, se torna também a mais usada. O método de aplicação deste tipo de calçada acontece por: nivelamento e posterior compactação do solo; camada de brita; colocação de formas de sarrafo; preenchimento das formas com concreto. Existe ainda a alternativa de utilização de armadura para maior resistência. No protótipo digital desta calçada, foi adotada uma camada de 5 cm de brita e uma camada de 6 cm de espessura de concreto com traço de 1:2,7:3, sem armação. Em todas as modelagens, consideramos que a calçada será aplicada sobre terra compactada, representada na camada de base do protótipo (Figura 01).



**Figura 01:** Modelagem de calçada em concreto.

**Fonte:** autores.

A partir do quadro 02 elaborado através da TCPO (2012), demonstrado abaixo, o resultado encontrado para o custo unitário da calçada em concreto armado foi de R\$90,86 por m<sup>2</sup>.

Foi desenvolvida também a composição de custos unitário da calçada em concreto armado por meio da base de dados SINAPI (2022). O resultado obtido foi de R\$791,68

SER.CG	30.005.000025.SER	Passeio em concreto, fck = 15 MPa, controle tipo "A", incluindo preparo de caixa, e=7 cm	M <sup>2</sup>	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
M.O.	01.001.000001.MOD	Ajudante	H	0,0214203	15,07	0,32
EQ.AQ.	01.014.000023.EQA	Betoneira elétrica monofásico (potência: 2 HP / capacidade: 400 l)	UN	0,0000039	4.812,34	0,02
M.O.	01.021.000001.MOD	Pedreiro	H	1,20	22,72	27,26
M.O.	01.026.000001.MOD	Servente	H	1,62	17,30	28,02
MAT.	03.001.000008.MAT	Areia lavada tipo média	M <sup>3</sup>	0,06286	150,00	9,42
MAT.	03.002.000011.MAT	Pedra britada tipo 1	M <sup>3</sup>	0,05852	99,47	5,82
MAT.	04.002.000002.MAT	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	KG	19,60	0,75	14,70
MAT.	08.005.000007.MAT	Ripa peroba (largura: 10 mm / altura: 70 mm)	M	2,00	2,64	5,28
MAT.	28.002.000001.MAT	Energia elétrica	KW H	0,0321304	0,67	0,02
CUSTO TOTAL / m <sup>2</sup>						90,86

**Quadro 02:** Composição de custos para execução de serviços de passeio em concreto.

**Fonte:** TCPO (2012).

por m<sup>3</sup> de calçada (Quadro 03). Por ser um estudo comparativo entre protótipos similares de calçadas que serão apresentadas sequencialmente, a partir do custo unitário por metro cúbico desta calçada simulamos o custo para o protótipo em estudo. Para quantificar o custo da calçada em termos do volume do protótipo digital desta pesquisa, consideramos nosso protótipo de calçada com 0,11 m<sup>3</sup>, com 1 m<sup>2</sup> de área e espessura de 11 cm, obtendo um custo unitário de R\$87,08 (ou seja: R\$791,68/m<sup>3</sup> \* 0,11 m<sup>3</sup>).

Por fim, o último quadro comparativo foi formulado a partir das informações encontradas no Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2021). Neste quadro, já existia o elemento da calçada como material pronto, nomeado Cimento Alisado. Logo, a composição de custos para execução de serviços de passeio em concreto armado foi definida diretamente através de um único serviço, com custo de R\$44,71 (Quadro 04) para cada m<sup>2</sup> de calçada.

03.PISO.PASS.017/01	94990	Execução de passeio (calçada) ou piso de concreto com concreto moldado in loco, feito em obra, acabamento convencional, não armado. af_08/2022	M <sup>3</sup>	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
INSUMO	2692	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	L	0,02	6,23	0,13
INSUMO	4509	Sarrafo *2,5 x 10* cm em pinus, mista ou equivalente da região – bruta	M	3,13	3,86	12,06
INSUMO	4517	Sarrafo *2,5 x 7,5* cm em pinus, mista ou equivalente da região – bruta	M	2,50	2,66	6,65
INSUMO	5068	Prego de aço polido com cabeça 17 x 21 (2 x 11)	KG	0,30	22,05	6,60
COMPOSIÇÃO	88262	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	1,63	27,19	44,23
COMPOSIÇÃO	88309	Pedreiro com encargos complementares	H	1,41	30,12	42,61
COMPOSIÇÃO	88316	Servente com encargos complementares	H	3,04	20,82	63,32
COMPOSIÇÃO	94964	Concreto fck = 20 MPa, traço 1:2,7:3 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 400 l. af_05/2021	M <sup>3</sup>	1,23	500,27	616,08
CUSTO TOTAL / m <sup>3</sup>						791,68
CUSTO TOTAL / m <sup>2</sup> (para o protótipo da pesquisa com 0,11 m <sup>3</sup> )						87,08

**Quadro 03:** Composição de custos para execução de serviços de passeio em concreto (AGOSTO/2022)

Fonte: Sinapi (2022).

Cód. Auxiliar	Descrição do Serviço	Unidade	Custo Execução	Custo Material	Preço Unitário (R\$)
43799	Calçadas de concreto desempenado com 6 cm (13,5 MPa)	M <sup>2</sup>	21,2	14,57	44,71
CUSTO TOTAL / m <sup>2</sup>					44,71

**Quadro 04:** Composição de custos para execução de serviços de passeio em concreto (JAN/2021 com Bonificação de 25,00%).

Fonte: SANTA CATARINA, (2021).

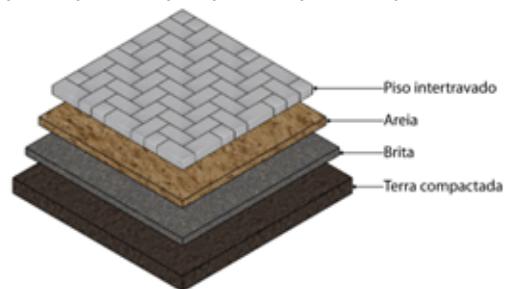
## 4.2. CALÇADA COM PISO INTERTRAVADO

O paver, como é conhecido popularmente o piso intertravado, é muito utilizado em projetos de pavimentação para passeios públicos, pois possui ampla gama de cores e modelos, além de possuir fácil manutenção e aplicabilidade. Por ser um sistema de piso permeável, torna-se também ecologicamente adequado.

As peças pré-moldadas de concreto são elencadas conforme o trânsito existente no local, variando de 4 a 10 cm. A resistência do concreto também é variável, capaz de atingir 50 MPa, e implica na demanda específica do projeto. Neste estudo, consideramos que o protótipo de calçada com piso intertravado seria aplicado em um local de tráfego apenas de pedestres, portanto, a altura do bloco retangular viável seria de 6 cm, enquanto a resistência do concreto de 35 MPa.

A modelagem deste protótipo é representada em seguida (Figura 02) com uma camada de terra na base, seguindo de uma camada de pedriscos de 5 cm e outra camada de areia, com espessura de 5 cm. A última camada corresponde às peças pré-moldadas de concreto, que são encaixadas formando fileiras. A instalação da calçada com piso intertravado é feita através de nove etapas: Nivelamento da área onde a calçada com piso intertravado será aplicada; Compactação da área (por ser apenas

1 m<sup>3</sup>, pode-se utilizar soquete); Confinamento do piso intertravado, através da instalação de guias de concreto; Colocação e espalhamento de pedrisco (de modo mais uniforme possível) e posterior compactação; Colocação de areia ou pó de pedra; Assentamento das peças do piso intertravado por uma das extremidades, formando fileiras. (Se necessário, as peças podem ser recortadas, utilizando maquinários específicos); Ajuste das peças com um martelo de borracha, objetivando o nivelamento integral das peças; Realização do intertravamento final com areia ou pó de pedra (após peneiração); Limpeza do local.



**Figura 02:** Modelagem de calçada em piso intertravado.

**Fonte:** Autores.

Para quantificação do custo unitário deste tipo de calçada, foi realizada primeiramente a composição de custos com base nos dados obtidos na TCPO (2012), (Quadro 05), a qual indica o resultado para o custo unitário: R\$80,81 por m<sup>2</sup> de calçada.

SER.CG	30.005.000029.SE R	Pavimentação intertravada de blocos de concreto retangulares, assentados sobre coxim de areia	M <sup>2</sup>	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
M.O.	01.001.000001.MO D	Ajudante	H	0,0300004	15,07	0,45
M.O.	01.006.000001.MO D	Calceteiro	H	0,2500000	26,32	6,58
M.O.	01.026.000001.MO D	Servente	H	0,5000000	17,3	8,65
EQ.AQ.	01.028.000048.EQA	Compactador de placa vibratória diesel (impacto: 5624 kg / peso: 440 kg / potência: 10 HP)	U N	0,0000065	118.854,39	0,77
MAT.	03.001.000006.MAT	Areia lavada tipo fina	M <sup>3</sup>	0,00543	150	0,81
MAT.	03.001.000008.MAT	Areia lavada tipo média	M <sup>3</sup>	0,054	150	8,10
MAT.	05.001.000021.MAT	Bloco de concreto intertravado retangular para pavimentação (comprimento: 200 mm / largura: 100 mm / espessura: 80 mm)	M <sup>2</sup>	1	55,02	55,02
MAT.	12.031.000002.MAT	Óleo diesel	L	0,0600009	7,07	0,42
CUSTO TOTAL / m <sup>2</sup>						80,81

**Quadro 05:** Composição de custos para execução de serviços de passeio em piso intertravado.

**Fonte:** 14ª TCPO, 2012.

03.PAVI.INTE.012/001	92396	Execução de passeio em piso intertravado, com bloco retangular cor natural de 20 x 10 cm, espessura 6 cm. af_12/2015	M²	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
INSUMO	370	Areia media – posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	M³	0,0568	150	8,52
INSUMO	4741	Pó de pedra (posto pedreira/fornecedor, sem frete)	M³	0,0065	93,96	0,61
INSUMO	36155	Bloquete/piso intertravado de concreto – modelo onda/16 faces/retangular/tijolinho/paver/holandes/paralelepipedo, 20 cm x 10 cm, e = 6 cm, resistência de 35 mpa (nbr 9781), cor natural	M²	1,0487	39,58	41,5
COMPOSIÇÃO	88260	Calceteiro com encargos complementares	H	0,3975	29,91	11,88
COMPOSIÇÃO	88316	Servente com encargos complementares	H	0,3975	20,82	8,27
COMPOSIÇÃO	91277	Placa vibratória reversível com motor 4 tempos a gasolina, força centrífuga de 25 kn (2500 kgf), potência 5,5 cv – chp diurno. af_08/2015	CHP	0,0041	9,1	0,03
COMPOSIÇÃO	91278	Placa vibratória reversível com motor 4 tempos a gasolina, força centrífuga de 25 kn (2500 kgf), potência 5,5 cv – chi diurno. af_08/2015	CHI	0,1947	0,6	0,11
COMPOSIÇÃO	91283	Cortadora de piso com motor 4 tempos a gasolina, potência de 13 hp, com disco de corte diamantado segmentado para concreto, diâmetro de 350 mm, furo de 1" (14 x 1") - chp diurno. af_08/2015	CHP	0,0483	9,7	0,46
COMPOSIÇÃO	91285	Cortadora de piso com motor 4 tempos a gasolina, potência de 13 hp, com disco de corte diamantado segmentado para concreto, diâmetro de 350 mm, furo de 1" (14 x 1") - chi diurno. af_08/2015	CHI	0,1504	0,85	0,12
CUSTO TOTAL / m²						71,5

**Quadro 06:** Composição de custos para execução de serviços de passeio em piso intertravado (AGOSTO/2022).

Fonte: SINAPI, 2022.

Cód. Auxiliar	Descrição do Serviço	Unidade	Custo Execução	Custo Material	Preço Unitário (R\$)
43844	Pavimentação c/ Bloquete/Piso Intertravado de Concreto Retangular *22 Cm X 11* Cm, E = 8 Cm, Resistencia De 35 Mpa (Nbr 9781), Cor Natural	M²	13,25	53,63	83,6
CUSTO TOTAL / m²					83,6

**Quadro 07:** Composição de custos para execução de serviços de passeio em piso intertravado (JAN/2021 com bonificação de 25,00%)

Fonte: SANTA CATARINA, 2021.

Na sequência, foi realizada a simulação do custo unitário por meio das informações do SINAPI (2022), referentes ao mês de Agosto de 2022, para a qual obteve-se um resultado de R\$71,50 por m<sup>2</sup> de calçada (Quadro 06).

Pelas bases do DEINFRA (SANTA CATARINA, 2021), obteve-se o último quadro comparativo (Quadro 07). A calçada em estudo já era contemplada na base de dados, resultando no valor de R\$83,60 para cada m<sup>2</sup> de calçada.

### 4.3. CALÇADA COM PLACA CIMENTÍCIA

De acordo com o Guia Calçada Certa da Cidade de Florianópolis, o padrão a ser utilizado nas calçadas a

serem construídas na cidade é com placas cimentícias (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS, 2019). Uma vantagem desse material é que proporciona uma boa caminhabilidade em passeios urbanos por possuir propriedades antiderrapantes, além de ser resistente à ação do tempo.

A fim de simular o uso desse tipo de calçada, foi adotada a execução de uma base igual à da calçada em concreto (5 cm de brita sobre terra compactada, concreto de espessura 6 cm, sem armação), seguida da aplicação das placas de concreto 40x40 cm sobre com argamassa de assentamento, exemplificado na Figura 03.

Para executá-la, deve-se iniciar pelo nivelamento e compactação do solo, seguido da colocação das formas onde será depositada a camada de brita. Logo após, inicia-se a concretagem, e passado o tempo de cura, a placa cimentícia pode ser aplicada com argamassa de assentamento. (PORTLAND, 2009).

Ao analisar a composição de custos da TCPO (2012) (Quadro 08), o custo unitário foi de R\$99,44. Vale ressaltar que ocorreram também modificações quanto a um material específico da composição (revestimento cimentício), substituído por um material semelhante encontrado nas tabelas de preços do SINAPI (2022).

SER.CG	22.010.000005.SER	Piso com placa cimentícia de alta resistência, podotátil direcional, assentado argamassa de cimento e areia peneirada (dimensão: 40 x 40 cm / espessura: 3,5 cm / traço: 1:3)	M <sup>2</sup>	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
M.O.	01.021.000001.MOD	Pedreiro	H	0,5000000	26,32	13,16
M.O.	01.026.000001.MOD	Servente	H	0,6000000	17,3	10,38
MAT.	03.001.000008.MAT	Areia lavada tipo média	M <sup>3</sup>	0,0100000	150	1,50
MAT.	04.002.000002.MAT	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	KG	7,5000000	0,75	5,62
MAT.	SINAPI-40671	Placa/piso de concreto poroso/pavimento permeável/bloco drenante de concreto, 40 cm x 40 cm, e = 6 cm, cor natural	M <sup>2</sup>	1,00	68,78	68,78
*Obs: O revestimento cimentício em placa com alta resistência podotátil direcional não é o mais indicado para esta composição, porém, devido à ausência de descrição na TCPO (2012) do elemento utilizado na composição de custo do SINAPI (Placa/piso de concreto poroso/pavimento permeável/bloco drenante de concreto, 40 cm x 40 cm, e = 6 cm, cor natural), mantivemos a composição original.						
CUSTO TOTAL / m <sup>2</sup>						99,44

**Quadro 08:** Composição de custos para execução de serviços de assentamento de placa de concreto cimentício.

Fonte: TCPO (2012).

01.PISO.PISO.023/01	101094	Piso podotátil, direcional ou alerta, assentado sobre argamassa. af_05/2020	M <sup>2</sup>	CONSUMO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
INSUMO	1379	Cimento portland composto cp II-32	KG	0,24	0,75	0,18
INSUMO	37595	Argamassa colante tipo ac III	KG	1,215	1,69	2,05
INSUMO	40671	Placa/piso de concreto poroso/pavimento permeável/bloco drenante de concreto, 40 cm x 40 cm, e = 6 cm, cor natural	M <sup>2</sup>	1,00	68,78	68,78
COMPOSIÇÃO	88309	Pedreiro com encargos complementares	H	0,437	30,12	13,16
COMPOSIÇÃO	88316	Servente com encargos complementares	H	0,218	20,82	4,53
03.PISO.PASS.017/01	94990	Execução de passeio (calçada) ou piso de concreto com concreto moldado in loco, feito em obra, acabamento convencional, não armado. af_07/2016	M <sup>2</sup>	1,00	87,08	87,08
CUSTO TOTAL / m <sup>2</sup>						175,78

**Quadro 09:** Composição de custos para execução de serviços de assentamento de placa de concreto cimentício (AGOSTO/2022).

Fonte: SINAPI, 2022.

Cód. Auxiliar	Descrição do Serviço	Unidade	Custo Execução	Custo Material	Preço Unitário (R\$)
43932	Calçada padrão com placa de concreto pré moldada	M <sup>2</sup>	56,86	54,98	139,80

**Quadro 10:** Composição de custos para execução de serviços de assentamento de placa de concreto cimentício (JAN/2021 com Bonificação de 25,00%).

**Fonte:** TCPO (2012).

O custo unitário da composição de custos referente ao SINAPI (2022) resultou no valor de R\$175,78 por m<sup>2</sup> (Quadro 09).

Por fim, de acordo com os valores do DEINFRA (SANTA CATARINA, 2021), o custo unitário para execução do m<sup>2</sup> deste modelo de calçada é de R\$139,80 (Quadro 10).

#### 4.4. COMPARAÇÃO DAS OPÇÕES DE CALÇADAS

A elaboração do Quadro 11 permite um melhor entendimento quanto ao custo de construção das calçadas a partir das diferentes bases de dados e suas composições de custos. Observou-se que, para a calçada de concreto armado, o menor custo seria advindo da composição do DEINFRA (2021), totalizando R\$44,71. Para a calçada com piso intertravado, o menor preço (R\$71,50) foi obtido pela SINAPI (2022) e a calçada com placa cimentícia teve menor custo na composição da TCPO (2012), a qual resultou em R\$99,84, reiterando que os preços utilizados nesta foram retirados da SINAPI (2022), em virtude da alta diferença de preços se comparados ao ano de 2012 e 2022. A avaliação dos custos permite ainda entender que as diferentes formas de construção das calçadas podem acarretar maiores ou menores custos, mesmo que o resultado final seja igual ou muito semelhante.

Também é notório que o sucessivo aumento nos valores de insumos para a construção civil urgenciam ainda mais o desenvolvimento de novas possibilidades construtivas, vinculadas a sustentabilidade e a reestruturação da cadeia produtiva dos materiais de construção.

No que se refere à dimensão ambiental da sustentabilidade, observa-se que dentre as três opções de calçada, nenhuma adota materiais renováveis para sua construção. A calçada de piso intertravado é a que possui maior consumo de equipamentos na composição unitária, consumindo mais energia que as outras opções. Mesmo não sendo contabilizado nenhum equipamento na calçada com piso cimentício, sabe-se que pode ser necessário realizar algum corte em peças, tornando-se necessário

o uso de equipamentos e consequentemente energia. A única opção que não consome energia por meio de uso de equipamentos na execução, é a calçada em concreto armado.

Ainda, espera-se maior geração de resíduos nas opções de calçada com blocos intertravados e placas cimentícias devido à possível necessidade de corte em peças pré-fabricadas, caso não exista um projeto de modulação para a pavimentação. Na calçada em concreto, seria possível reutilizar sobras de massa em outras calçadas, evitando assim o desperdício de material e a geração deste tipo de resíduos. De todo modo, tanto a calçada em concreto quanto a calçada em piso cimentício, utilizam cimento na sua execução e no concreto, e a segunda opção utiliza cimento também para a argamassa de assentamento. Desta forma, geram resíduos de embalagem do cimento, que são recicláveis, mas devem ser corretamente destinados. A calçada em piso cimentício também pode gerar embalagem da argamassa colante, geralmente em plástico reciclável. Para sintetizar a análise da sustentabilidade, foi proposta uma escala comparativa aplicada aos tipos de calçadas estudados nesta pesquisa (Quadro 12).

Ao analisarmos o Quadro 12, concluímos que o protótipo produzido com concreto é aquele que possui melhor recomendação, quanto à relação estabelecida com a comunidade e a participação da mesma, visto que é um material que pode ser facilmente produzido e aplicado, gera infraestrutura e não possui necessidade de equipamentos específicos na execução. Desta forma, dentre as três opções, mostrou-se a mais sustentável desta pesquisa. Já no custo de produção o protótipo mais econômico foi a calçada com piso intertravado (paver), por possuir o menor custo total em sua produção. Os parâmetros para obtenção deste resultado foram retirados dos Quadros 2 ao 10, os quais representam o custo unitário pelo consumo específico de cada material.

É notório observar que no parâmetro ambiental, referente ao consumo de materiais renováveis, todas as subcategorias em análise não apresentam boa avaliação,

certificando a necessidade crescente de desenvolvimento de materiais, tanto na área de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo como também nas mais diversas áreas da Construção Civil que possibilitem a reciclagem e reaproveitamento dos elementos em novas obras. A produção

destas novas tecnologias contribui para a conscientização quanto ao impacto do ser humano ao meio ambiente e possibilita construções mais sustentáveis, que geram menos desperdício e resíduos.

Tipologia	TCPO (2012)	SINAPI (2022)	DEINFRA-SC (2021)
Calçada em concreto armado	R\$90,86	R\$87,08	R\$44,71
Calçada com piso intertravado	R\$80,81	R\$71,50	R\$83,60
Calçada com placa cimentícia	R\$99,44	R\$175,78	R\$139,80

**Quadro 11:** Avaliação do custo de construção das calçadas.

Fonte: Autores.

Dimensões da Sustentabilidade e Subcategorias de Análise		Tipo de Calçada		
		1 – Convencional	2 – Blocos / Pavers	3 – Placa cimentícia
Econômica	Custo de construção	Bom	Ótimo	Ruim
	Relacionamento com a comunidade local	Ótimo	Bom	Ruim
Social	Geração de infraestrutura	Ótimo	Ótimo	Ótimo
	Participação comunitária	Ótimo	Bom	Ruim
Ambiental	Consumo de materiais renováveis	Ruim	Ruim	Ruim
	Consumo de energia	Bom	Ruim	Ruim
	Geração de resíduos	Bom	Ruim	Ruim

Legenda: ■ Ótimo ■ Bom ■ Ruim

**Quadro 12:** Avaliação da Sustentabilidade das calçadas.

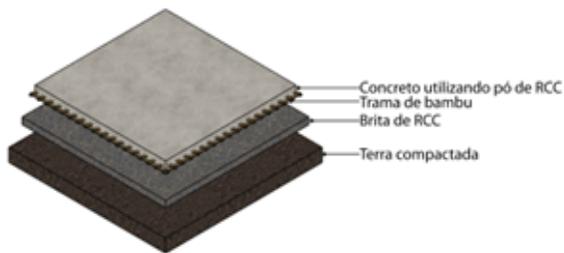
Fonte: Autores.

#### 4.5. PROPOSTA DE CALÇADA SUSTENTÁVEL – RCC E BAMBU

A partir do estudo das diferentes soluções de calçadas com base em composições de custos unitários e em termos de avaliação da sustentabilidade, foi possível idealizar uma nova opção para pavimentação sustentável, que adota bambu e resíduos de construção como principais insumos, que pode ser visualizada na figura 04.

Em relação ao uso do bambu, constatamos que aos arredores da comunidade estudada há uma plantação de bambu e seria possível prever o seu uso neste protótipo de pavimentação sustentável. Além disso, como é um material existente no local, sua adoção é de fácil acesso para os moradores, os quais já estão habituados com o manejo. Não há custo de cultivo ou transporte e, considerando ainda a possibilidade do trabalho comunitário, a interação

social proporcionada pelo uso deste material, torna favorável recomendá-lo para estruturar esta calçada.



**Figura 04:** Modelagem de calçada em RCC e Bambu.

**Fonte:** Autores.

Além do mais, outro benefício deste material, quanto ao seu possível uso como armadura em um protótipo de calçada, é o fato de que seus colmos são praticamente impermeáveis, dessa forma, os problemas com infiltração na fase da cura do concreto seriam diminuídos. Todavia, não se excluiria a recomendação de um tratamento interno, já que ele é suscetível ao ataque de fungos e insetos. Uma das formas de tratamento que podem ser citadas é por substituição de seiva, que consiste no corte do bambu e posicioná-lo na vertical, para que assim saia o excesso de seiva. Após isso, o material teria que ser colocado em uma solução química e aquosa para a proteção das peças. Recomenda-se que esta solução esteja em um tanque de 30 a 60 cm de profundidade, para que então, as peças possam repousar dentro de um período de 1 ou 2 semanas. Isso garante maior durabilidade ao bambu utilizado (OSTAPIV; LIBRELOTTO, 2019).

Além disso, em relação aos resíduos da construção civil, foram realizadas pesquisas no mercado para locação de máquinas que britam RCC, entretanto, percebemos que este equipamento não é comercializado em Florianópolis e as empresas pesquisadas, ou vendem a máquina, mas não na nossa região, ou não trabalham com esta solução. As consultas foram realizadas entre os dias 24 e 25 de fevereiro de 2022.

Além da consulta às empresas, foi realizado contato com o Laboratório de Resíduos do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, em setembro de 2022, no intuito de conseguir uma britadeira para resíduos, a qual pudesse auxiliar na confecção do pó para a argamassa a ser aplicada no nosso protótipo de estudo. Contudo, o laboratório não possui este tipo de equipamento.

Após as tentativas fracassadas para realizar a britagem de resíduos de construção, percebemos que ainda é um desafio realizar tal processo de britagem na nossa cidade

pela indisponibilidade dos equipamentos. Assim, o protótipo de pavimentação sustentável idealizado nesta pesquisa ainda não pôde ser construído para testes, e fica como sugestão de pesquisas futuras que tal atividade possa ser realizada.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O viés social do presente trabalho apresenta-se já inicialmente na intenção de desenvolver o projeto e execução de calçadas sustentáveis para a comunidade tradicional quilombola Toca Santa Cruz, em Santa Catarina, o que foi de encontro ao entendimento global de desenvolvimento sustentável discutido ao longo das análises elaboradas. Ainda que se tenha encontrado uma grande lacuna, para a viabilização da prática da pesquisa, em relação a dificuldade de encontrar equipamento para geração do pó de resíduos, foi possível desenvolver parâmetros de projeto embasados na avaliação da sustentabilidade em termos de custos e impacto socioambiental.

Essas dificuldades ficaram evidentes perante a percepção de que a indústria da construção civil está culturalmente pautada em consumir materiais que não são reaproveitados, sem uma preocupação sobre o impacto no desenvolvimento sustentável urbano. Por essa razão, é escasso no mercado empresas que trabalhem com os equipamentos e que tenham como nicho a triagem e reaproveitamento de resíduos da construção civil. Com isso, percebe-se uma primeira oportunidade de maior abrangência da pesquisa a fim de buscar compreender essa lógica de mercado e propor soluções para que seja possível a construção de um cenário diferente na escala industrial do setor.

No que se refere aos resultados obtidos por meio das possibilidades de análise, tem-se primeiramente, sobre o pilar social do tripé da sustentabilidade, o potencial de gerar melhorias na infraestrutura urbana de uma comunidade tradicional com ausência de passeios urbanos adequados para os pedestres. Sobre isso, em relação à participação popular no processo, destaca-se a oportunidade de contribuição da comunidade nos processos construtivos das calçadas, bem como sobre o engajamento entre os moradores locais que pode apontar benefícios para o cotidiano, tornando a região mais harmônica, acessível e permitindo maior participação da população com o meio urbano.

Sobre a sustentabilidade econômica, é necessário analisar cada protótipo de forma isolada, visto que os valores encontrados através de cada base orçamentária podem sofrer acréscimos ou decréscimos específicos. A base que

resultou em mais economia para a calçada em concreto armado foi DEINFRA (2021), com valor de R\$44,71. Já para a calçada com piso intertravado, a SINAPI (2022) resultou em menores valores (R\$71,50). A última calçada analisada, com placa cimentícia, teve maior economia se realizada através da TCPO (2012), com valor de R\$99,84.

Através do Quadro 10, entende-se que a calçada que mais se destaca, ainda no quesito de sustentabilidade econômica, é a calçada com piso intertravado, uma vez que em duas das bases orçamentárias revelou valor inferior às outras tipologias.

Ao analisar o pilar ambiental, dentre as quatro opções de calçadas, apenas a última (pavimentação sustentável) utiliza materiais renováveis em sua composição. A calçada que mais tem consumo de energia em sua composição é a de piso intertravado. Apesar de não estar presente nas composições, pode ser necessário realizar cortes nas peças de placa cimentícia, ocasionando no consumo de equipamentos que demandam energia. Dentre as opções convencionais, a única que não requer uso de energia elétrica é a calçada em concreto, portanto junto à de RCC e bambu, é uma opção econômica nesse quesito.

Com isso, supõem-se que as calçadas em piso intertravado e de placa cimentícia devam gerar mais resíduos pelo corte de peças, enquanto na de concreto e na de RCC e bambu é possível reutilizar sobras. Porém, exceto a de RCC e bambu, todas as outras geram resíduo pelas embalagens de cimento ou argamassa que serão usadas, que apesar de serem recicláveis nem sempre têm seu descarte efetuado corretamente.

Sobre a proposta de calçada que utiliza RCC e bambu em sua composição, existem alguns empecilhos para que seja viabilizada. A começar pelo orçamento, como não existe nas bases de consulta (SINAPI, TCPO e DEINFRA), a única forma de avaliar a sustentabilidade econômica é realizando uma consulta de mercado. A investigação revelou que não existe a oferta imediata dos serviços de trituração de RCC, uma vez que as únicas formas de obtê-lo seria comprar o maquinário de valor alto. Então, mesmo que o resíduo seja encontrado em abundância, não é possível tratá-lo de forma acessível.

Além do exposto, a utilização de RCC ainda é pouco explorada e, portanto, os estudos sobre resistência e durabilidade são muito iniciais. Por não haver condições adequadas para a realização de experimentos deste material, é difícil atestar a qualidade deste para calçadas.

Como já foi mencionado, nos arredores da comunidade da Toca existe atualmente uma plantação de bambu, que seria de fácil acesso aos moradores. Porém, alguns

cuidados devem ser tomados quanto ao tempo certo de corte e tratamento de resistência à umidade. Estes procedimentos podem ser complexos a princípio e, por serem artesanais, dificilmente podem ter seus custos calculados.

Frente a essas conclusões, percebe-se grandes possibilidades de trabalhos futuros relacionados aos protótipos aqui analisados para que sejam executados e avaliados sob os critérios de desempenho e de durabilidade a fim de viabilizar uma melhor avaliação dentro dos requisitos para um desenvolvimento sustentável. Além disso, a partir da lacuna encontrada sobre estudos que contemplem o uso de resíduos da construção civil, entende-se a necessidade de serem realizadas mais pesquisas experimentais sobre o assunto como meio de contribuir para difusão da prática construtiva e quebra de paradigmas sobre o ciclo de vida útil dos materiais da construção civil e a realidade dos impactos do setor.

## 6. AGRADECIMENTOS

O grupo de pesquisa presta agradecimentos ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) pelas bolsas concedidas a 4 autores deste trabalho, ao Programa de Educação Tutorial (PET) do Ministério da Educação (MEC) pelo suporte durante o desenvolvimento do trabalho e ao Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS) pela oportunidade de continuação da pesquisa e presente publicação. Agradecemos também a disponibilidade e prontidão da professora e orientadora do trabalho Eng. Me. Leticia Mattana que voluntariamente acompanhou todo o processo de pesquisa e análise. Por fim, agradecemos a instituição da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pelo ensino público gratuito, de qualidade e socialmente referenciado.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS.: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2015. Disponível em: <https://portalods.com.br/wp-content/uploads/2018/02/panorama2015.pdf>. Acesso em: 29 ago 2022.

ASSOCIAÇÃO BAMBUSC. A Cartilha do Bambu - Volume 1: manejo. Manejo. 2005. Disponível em: [http://bambusc.org.br/wp-content/uploads/2020/07/CARTILHA\\_BAMBUSCrev2020.pdf](http://bambusc.org.br/wp-content/uploads/2020/07/CARTILHA_BAMBUSCrev2020.pdf). Acesso em: 12 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 7p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/>. Acesso em 02 jun. 2022. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 12p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/>. Acesso em 02 jun. 2022. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004, 7p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/>. Acesso em 02 jun. 2022. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004, 10p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/>. Acesso em 02 jun. 2022. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2021, 12p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/>. Acesso em 02 jun. 2022. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16357: Acessibilidade — Sinalização tátil no piso — Diretrizes para elaboração de projetos e instalação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BARROS, Emília Xavier do Rêgo; FUCALE, Stela. O uso de resíduos da construção civil como agregados na produção de concreto. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*. Recife, v. 2, n. 1, p. 252-258, 2016. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/343/91>. Acesso em 12 de jan de 2022.

BRASIL. Lei n. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 307, de 17 de julho de 2002. Estabelece

diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União: Seção 1*, Brasília, DF, páginas 95 e 96.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 5.296 de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sinapi – Composição de Custos do SINAPI – Ref. 08/2022. Não desonerado. 2022. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em 23 ago. 2022.

CARVALHO, M. T. M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. (Doutorado). Departamento de engenharia civil, Universidade de Brasília, Brasília. 2009. 241p. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/4483>. Acesso em 03 fev. 2022

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar Nº 482, De 17 de janeiro de 2014. Institui o plano diretor de urbanismo do município de Florianópolis que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão. Florianópolis, SC. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-florianopolis-sc>. Acesso em 12 jan. 2022.

GOLÇAVES, Paulo; BRITO, Jorge de. Recycled Aggregate Concrete (RAC) - Comparative Analysis of Existing Specifications. *Magazine of Concrete Research*, v. 62, 5, p. 339-346, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/250072777\\_Recycled\\_aggregate\\_concrete\\_RAC\\_-\\_Comparative\\_analysis\\_of\\_existing\\_specifications](https://www.researchgate.net/publication/250072777_Recycled_aggregate_concrete_RAC_-_Comparative_analysis_of_existing_specifications). Acesso em: 20 fev. 2022.

GRECO T. M.; PINTO M. M.; TOMBOLATO A. F. C.; XIA N. H. Diversity of bamboos in Brazil. Trad. Pedra Rosetta - Associação Catarinense do Bambu – BambuSC. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*. 23(1): 1 China, 2015. Disponível em: <http://bambusc.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Diversidade-dos-bambus-no-Brasil-versao-14-abril.pdf> Acesso em: 16 mai. 2022.

HOFFMANN, A. B. Avaliação da sustentabilidade em

habitações de interesse social do programa Minha Casa Minha Vida em Rancho Queimado – SC. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014. 246 p.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS. Calçada Certa: manual de projeto e execução – 2ª Edição. Florianópolis, 2019. Disponível em: [https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/02\\_10\\_2019\\_15.09.05.2943a273527a07ace38562f47c9276e1.pdf](https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/02_10_2019_15.09.05.2943a273527a07ace38562f47c9276e1.pdf). Acesso em: 12 jan. 2022.

KONZEN, Bárbara et al. RCD como agregado reciclado: revisão bibliográfica de estudos desenvolvidos no Brasil. In: Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil, 6, 2019. Belém, PA. Anais. p. 314 – 324.

LIBRELOTTO, L. Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações. Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005, 371 p.

MORESCO, Joana Michelon. Análise de fatores que influenciam aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem RDC. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

OLIVEIRA, Jessé Alves Cardoso de; OLIVEIRA, Marcos Aurélio Tiago de. Lajes maciças com armação em bambu. (Bacharelado). Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2017. 47p. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/LAJES\\_MACI%C3%87AS\\_COM\\_ARMA%C3%87%C3%83O\\_EM\\_BAMBU.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/LAJES_MACI%C3%87AS_COM_ARMA%C3%87%C3%83O_EM_BAMBU.pdf). Acesso em: 21 dez. 2021.

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil. Organização das Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda-2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. Manual de placas de concreto: Passeio público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2009. 32p. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/08/ManualPlacasDeConcreto1.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. Guia prático para a construção de calçadas. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://abcp.org.br/>

[guia-pratico-para-a-construcao-de-calcadas/](#). Acesso em: 10 fev. 2022.

RIZZO, Giovanna Falzetta. Durabilidade de concretos com agregados reciclados. 2018. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura urbana) Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.

SANTA CATARINA. Referenciais de preço de obras de edificações, 2021. Florianópolis: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade (DEINFRA), 2022.

TCPO. Tabela de Composições de Preços para Orçamentos. 14a edição. São Paulo: PINI, 2012. 640p.

## AUTORES

ORCID: 0000-0002-9491-2099

**JULIA DELMONDES DE OLIVEIRA**, estudante de graduação | Universidade Federal de Santa Catarina | Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Deputado Edu Antônio Vieira, 1620 - Pantanal, Florianópolis - SC, 88040-001 | [julia.delmondes.o@gmail.com](mailto:julia.delmondes.o@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-4173-5575

**AMANDA CRISTINA PADOVA**, estudante de graduação | Universidade Federal de Santa Catarina | Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Deputado Edu Antônio Vieira, 1776 - Pantanal, Florianópolis - SC, 88040-245 | [padova.amanda@gmail.com](mailto:padova.amanda@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-6089-1357

**JUCELIO DALL' AGNOL**, estudante de graduação | Universidade Federal de Santa Catarina | Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Deputado Edu Antônio Vieira, 1400 - Pantanal, Florianópolis - SC, 88040-001 | [juceliodallagnol64@gmail.com](mailto:juceliodallagnol64@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-1835-9877

**LUIZ FERNANDES DA COSTA NETO**, estudante de graduação | Universidade Federal de Santa Catarina | Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Deputado Edu Antônio Vieira, 1304 - Pantanal, Florianópolis - SC, 88040-000 | [luzfernandesneto98@gmail.com](mailto:luzfernandesneto98@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-4492-8834

**NATÁLIA SAGAZ**, estudante de graduação | Universidade Federal de Santa Catarina | Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Santo Antônio, 968 - Barreiros, São José - SC, 88117-351 | natalia.sagaz30@gmail.com

investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição.

**Declaração de conflito:** nada foi declarado.

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

DE OLIVEIRA, Julia Delmondes; PADOVA, Amanda Cristina; DALL' AGNOL, Jucelio; NETO, Luiz Fernandes da Costa; SAGAZ, Natália; Comparação da Sustentabilidade Ambiental, Econômica e Social para Execução de Calçadas. **MIX Sustentável**, [S.l.], v. 8, n. 5, p. 73-89, nov. 2022. ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n5.75-91>.

**SUBMETIDO EM:** 01/10/2022

**ACEITO EM:** 14/10/2022

**PUBLICADO EM:** 30/11/2022

**EDITORES RESPONSÁVEIS:** Paulo César Machado Ferroli e Lisiane Ilha Librelotto.

## Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

JDO: Conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição

ACP: Conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição

JDA: Conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição

LFCN: Conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição

NS: Conceituação, curadoria de dados, análise formal,