



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ARQUITETURA

CURSO DE DESIGN DE PRODUTO

SISTEMA-PRODUTO SUSTENTÁVEL DE FACILITAÇÃO

DA PERMEABILIDADE EM MEIOS URBANOS

BRUNA PETRÓ DUTRA

PORTO ALEGRE

2023

BRUNA PETRÓ DUTRA

**SISTEMA-PRODUTO SUSTENTÁVEL DE FACILITAÇÃO DA PERMEABILIDADE
EM MEIOS URBANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para a obtenção do título de Designer.

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Lauren Duarte da Cunha

PORTO ALEGRE

2023

BRUNA PETRÓ DUTRA

**SISTEMA-PRODUTO SUSTENTÁVEL DE FACILITAÇÃO DA PERMEABILIDADE
EM MEIOS URBANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para a obtenção do título de Designer.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Lauren Duarte da Cunha

Aprovado em: ___ de _____ de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Lauren Duarte da Cunha (Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Adriana Eckert Miranda

Prof^o. Dr^o. Everton Sidnei Amaral da Silva

AGRADECIMENTOS

Todas as pessoas que já passaram pela minha existência e que, de alguma forma, foram tangentes de modificações de pensamentos e outros sentidos.

RESUMO

A morfologia produzida pelo processo de expansão urbana acelerada vem gerando complexos questionamentos sobre o desenvolvimento das cidades. Neste cenário, as ferramentas tradicionais de planejamento e gestão urbana não se apresentam eficazes. Tais fatores podem trazer riscos à população, tornando mais frequentes desastres como enchentes e inundações, o que faz necessária uma visão sistêmica sobre os problemas materiais urbanos e sobre o desenvolvimento de alternativas sustentáveis que os enderecem. O design enquanto ferramenta de transformação social tem um papel fundamental nesse processo, podendo atuar de forma transdisciplinar nas questões que tangem a gestão e morfologia das cidades. Debruçado em tais paradigmas, o presente projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema-produto de pavimentação permeável que tem por função principal facilitar a infiltração do volume pluvial porto-alegrense, reduzindo o escoamento superficial. Fazendo uso de perspectivas semióticas do objeto e das informações, o presente projeto também busca conscientizar a sociedade sobre o valor de processos sustentáveis tanto através de seus atributos técnico-materiais quanto por sua morfologia e estética.

Palavras-chave: pavimentação permeável; sustentabilidade; design urbano.

ABSTRACT

The morphology derived by the process of accelerated urban expansion has been generating complex questions about the development of cities. In this scenario, traditional urban planning and management tools are not effective. Such factors can bring risks to the population, making disasters such as floods more frequent, which requires a systemic view of urban material problems and the development of sustainable alternatives to address them. Design as a tool for social transformation plays a fundamental role in this process, as it is able to act in a transdisciplinary way on issues related to the management and morphology of cities. Focusing on such paradigms, this project presents the development of a permeable paving system-product whose main function is to facilitate the infiltration of Porto Alegre's rainfall, reducing surface runoff. Making use of semiotic perspectives of the object and information, this project also seeks to make society aware of the value of sustainable processes both through their technical-material attributes and their morphology and aesthetics.

Keywords: permeable paving; sustainability; urban design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos.....	22
Figura 2 - Método de Moraes Fonte de Moraes (2010).....	23
Figura 3 - Método adaptado de projeto.	25
Figura 4 - Ciclo Hidrológico.	26
Figura 5 - Influência do incremento da urbanização no escoamento superficial direto.....	29
Figura 6 - Diagrama da influência da ocupação dos solos no ciclo hidrológico.....	30
Figura 7 - Relação de influências da impermeabilização do solo e os processos de urbanização.	31
Figura 8 - Revestimentos de pavimento intertravado. [esquerda] Peças de concreto com aberturas para infiltração de água; [centro] com infiltração pelas juntas de assentamento; [direita] com concreto poroso.....	45
Figura 9 - Pavimento de concreto permeável.....	45
Figura 10 - Camadas do pavimento intertravado permeável, sendo essas: revestimento, camada de assentamento, base e sub-base, tubulação de drenagem e subleito.	46
Figura 11 - Vista de aérea de Porto Alegre com suas bacias hídricas.....	50
Figura 12 - Espaços públicos de interação da população em Porto alegre – Orla do Guaíba. 51	
Figura 13 - Espaços públicos de interação da população em Porto alegre – Parque Farroupilha.	51
Figura 14 - Espaços públicos de interação da população em Porto alegre – Ponte de Pedra..	52
Figura 15 - Média mensal histórica de Precipitação Pluviométrica de Porto Alegre entre 1961 e 1990.	53
Figura 16 - Mapa de aptidão do solo para aterro e pavimentação.....	53

Figura 17 – Representação planialtimétrica da região do bairro Centro Histórico de Porto Alegre.	54
Figura 18 - Mapa mental e definição de conceitos-chave.	70
Figura 19 - Painel Estilo de Vida.	72
Figura 20 - Painel Expressão do Produto.	73
Figura 21 - Painel Tema Visual.....	74
Figura 22 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 1 - Cuia.	75
Figura 23 - Modularidade - Alternativa 1 - Cuia.....	76
Figura 24 - Mock-up - Alternativa 1 - Cuia.	76
Figura 25 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 2 - Movimento da Água Simples.....	77
Figura 26 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 2 - Movimento da Água Simples.....	77
Figura 27 - Modularidade - Alternativa 2 - Movimento da Água Simples.	78
Figura 28 - Mock-up - Alternativa 2 – Movimento da Água Simples.	78
Figura 29 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 2 - Movimento da água Duplo.....	79
Figura 30 - Modularidade - Alternativa 3 - Movimento da água Duplo.	79
Figura 31 - Mock-up - Alternativa 3 - Movimento da água Duplo.....	80
Figura 32 - Teste do BCCE e Moldagem.	84
Figura 33 - Maquinário Escala industrial PAVER.	85
Figura 34 - Molde de Metal PAVER.....	85
Figura 35 - Sketch inicial do detalhamento do CUIA PAVER.	87
Figura 36 - Apresentação do sistema-produto CUIA PAVER.....	88
Figura 37 - Dimensões CUIA PAVER.....	89

Figura 38 - Composição - CUIA PAVER.	89
Figura 39 - Alternativa Cuia PAVER - módulos fechados.	90
Figura 40 - Dimensão dos módulos fechados.....	90
Figura 41 - Composição intercalada - módulos abertos e fechados.	91
Figura 42 - Molde CUIA PAVER. Esquerda, módulo vazado; direita, módulo fechado.	91
Figura 43 - Dimensões Molde - CUIA PAVER.....	92
Figura 44 - Processo de Prototipagem.....	93
Figura 45 - Protótipo final.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios com drenagem urbana, por existência de instrumentos reguladores, segundo as Grandes Regiões brasileiras.....	37
Tabela 2 - Valores típicos de coeficiente de permeabilidade.	47
Tabela 3 - Análise de vestígios centro histórico de Porto Alegre.....	55
Tabela 4 - Caracterização das atividades do público identificadas na região central de Porto Alegre.	57
Tabela 5 - Análise de Similares de Pavimentação Permeável – TURFSTONE.....	59
Tabela 6 - Análise de Similares de Pavimentação Permeável - Linha piso drenante TECPAVI.	60
Tabela 7 - Análise de Similares de Pavimentação Permeável - Projeto HIGHLINE.....	61
Tabela 8 - Análise cruzada de similares de pavimentação permeável.....	62
Tabela 9 - Atributos dos projetos.	62
Tabela 10 - Conversão dos atributos em requisitos de projeto.....	65
Tabela 11 - Sistema Produto de Pavimentação Permeável.....	66
Tabela 12 - Seleção de Alternativas.	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA DO PROJETO	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS	20
2 PLANO DE PROJETO.....	21
2.1 ESTUDOS METODOLÓGICOS	21
2.1.1 Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – Back et al. (2008) ...	21
2.1.2 Metodologia de Metaprojeto – Dijon de Moraes (2010)	22
2.2 MÉTODO ADAPTADO.....	24
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
3.1 CICLO HIDROLÓGICO DA ÁGUA.....	26
3.2 DESENVOLVIMENTO URBANO E O AUMENTO DA IMPERMEABILIDADE	27
3.2.1 impactos provenientes do desenvolvimento de cidades impermeáveis	30
3.2.2 Alagamentos, Enchentes e Inundações	32
3.3 CONTEXTO NO BRASIL	33
3.3.1 Drenagem Urbana no Brasil.....	36
3.4 NECESSIDADE DE UM PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL.....	38
3.5 CONECTAR ESPAÇOS E PESSOAS PARA GERAR CONSCIÊNCIA	40
3.6 PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL COMO TÉCNICA COMPENSATÓRIA ...	43
3.6.1 Sobre os Pavimentos Permeáveis.....	44
3.6.2 Diretrizes técnicas da pavimentação permeável	46
4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	49
5 PESQUISA	50
5. 1 ANÁLISE DO CONTEXTO	50

5.1.1 Sobre Porto Alegre.....	50
5.1.2 Levantamento de dados técnicos para a aplicação da pavimentação permeável no bairro Centro Histórico.....	53
5.1.3 Análise de vestígios	54
5.2 ANÁLISE DO PÚBLICO.....	56
5.2.1 Sobre o público	56
5.2.2 Identificação das atividades realizadas pelo público no espaço.....	57
5.3 ANÁLISE DO OBJETO.....	58
5.4 DEFINIÇÃO DA PESQUISA	62
5.4.1 Necessidade e Requisitos do público	62
5.4.2 Requisitos do Projeto	64
6 CONCEITO	69
6.1 LINGUAGEM E EXPRESSÃO	69
6.1.2 Mapa mental.....	70
6.1.3 Painéis Semânticos.....	71
7. PRODUTO	75
7.1 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	75
7.1.1 Alternativa 1 - CUIA.....	75
7.1.2 Alternativa 2 - movimento da água - módulo simples	76
7.1.3 Alternativa 3 - movimento água - módulo duplo	79
7.2 SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	80
7.3 MATERIAIS	81
7.3.1 Bloco de concreto com resíduos da indústria (BCCE).....	82
7.3.2 Processos de fabricação.....	84
7.3.3 Instalação	86
8. DETALHE.....	87
8.1 DETALHAMENTO DO PRODUTO.....	87

8.1.1 Módulos - CUIA PAVER	88
8.2.3 - Molde - PAVER CUIA.....	91
8.2 PROTOTIPAGEM.....	92
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1 INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização contemporânea, somado às profundas alterações climáticas decorrentes de ações humanas, alimentam uma preocupação com a gestão da vida coletiva e reforçam a necessidade de um planejamento sustentável das cidades. Expansões irregulares da malha urbana frequentemente tem seu desenvolvimento caracterizado por ação antrópica desordenada, diretamente relacionada à diminuição da vegetação e à modificação do relevo, associadas às altas taxas de impermeabilização do solo (HÜFFNER; MENDES, 2013). Além dos impactos ambientais iminentes — seja o aumento da temperatura local, a alteração da qualidade do ar, o surgimento de áreas suscetíveis a deslizamentos, os alagamentos de regiões localizadas nas planícies de inundação dos corpos d'água, entre outros —, a má gestão da permeabilidade urbana projeta consequências sociais, culturais, econômicas e políticas, que interferem diretamente na qualidade de vida dos cidadãos e na viabilidade urbana (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Alicerçado nestas compressões, afirma-se a emergência por olhares sistêmicos que compreendam as questões de gestão e transformação do solo urbano a partir de suas mais profundas complexidades.

No contexto de países em desenvolvimento, as mudanças no microclima das cidades, aliadas ao padrão de ocupação irregular da malha urbana, é fator determinante para desastres naturais tomarem proporções ainda maiores. Segundo Tucci (2008), o aumento da taxa de impermeabilização é uma das principais causas das enchentes, inundações e deslizamentos urbanos, considerando que, com a diminuição das áreas verdes, a capacidade de infiltração de água no solo é reduzida e a de escoamento superficial é aumentada. Deste modo, torna-se mais urgente o desenvolvimento de novas soluções no contexto urbano que consigam dialogar com a gama de aspectos envolvidos, gerando alternativas eficazes.

Para começarmos a endereçar os conflitos acima, a sustentabilidade se torna um conceito indispensável (FRY, 2017; POZZER et al., 2021). Ainda assim, não podemos reduzi-la apenas aos seus limites ecológicos — considerando que toda a problemática ambiental é construída também na esfera social (UN-HABITAT, 2010). À medida que o planejamento das cidades começa a deter seu foco no desenvolvimento sustentável e na conservação do ambiente, é possível atender as necessidades da população, garantindo harmonia entre o humano e a natureza (UN-HABITAT, 2010; UNESCO, 2013; POZZER et al., 2021).

Debruçado em tais entendimentos de sustentabilidade, o presente projeto propõe o desenvolvimento de um sistema-produto que atue na facilitação da permeabilidade urbana e que, por meio disso, proponha uma perspectiva de vida na cidade que traga a conscientização ambiental para o centro da experiência urbana. Como toda a vivência urbana é essencialmente contextual (VELHO, 2013), define-se os limites do Centro Histórico de Porto Alegre como foco das análises do presente projeto — tratando-se, além, do local em que a autora reside e está cultural e socialmente imersa. Porém, entende-se que um produto como o proposto possuiria condições de abranger outros contextos, considerando que problemas referentes à permeabilidade do solo urbano ramificam-se em diferentes localidades em âmbito global.

Por fim, vale contextualizar que este trabalho foi escrito pela autora no ano de 2020 em meio à pandemia ocasionada pelo vírus SARS-CoV-2, o que ocasionou tensionamentos inevitáveis em seu processo. Ainda assim, o projeto apresentado consegue alcançar a devida complexidade que o problema exige, além de reforçar a emergência de pesquisas relacionados à redução dos impactos ocasionados pelo homem e de novas iniciativas que consigam tornar mais equilibradas as relações sociedade-ambiente.

1.1 PROBLEMA DO PROJETO

Como desenvolver um sistema-produto sustentável que facilite a permeabilidade da água no meio urbano, além de atuar como elemento de consciência da população e como incentivo a novas práticas de planejamento urbano?

1.2 JUSTIFICATIVA

Antes de mais nada, o presente projeto se justifica a partir do entendimento do papel do designer enquanto agente de transformação social, interessado em questões de interesse e impacto na vida comunitária. Tal emergência se torna incontornável quando posta em perspectiva com a posição da autora enquanto estudante graduanda de uma universidade federal, fomentada através de recursos públicos. Paralelo a tal consciência evidencia-se a latência de antigos problemas ainda persistentes e que hoje se complexificam devido a um contínuo processo de interconexões e pela propagação desenfreada de informações na esfera do digital. Desses fatores, entende-se necessário um olhar sistemático para as questões da

contemporaneidade, estando constantemente atento a novas percepções de modo a seguir resolvendo os problemas de forma potente (CARDOSO, 2012).

Ao pensar no conceito de sustentabilidade em um projeto, é preciso entender a pluralidade de questões que o termo está relacionado e as áreas que são necessárias abranger, tendo um olhar mais complexo sobre o problema. Pozzer et al. (2021) salientam que o conceito de sustentabilidade é integral à vida contemporânea e traz um significado sistêmico, relacionando os aspectos econômicos, políticos, sociais, culturais e ambientais da sociedade, tratando antes sobre como todos esses eixos se relacionam. Para Cormier e Pellegrino (2008), a ocupação de áreas e o uso dos recursos naturais sem a preocupação com as características ambientais, sociais, econômicas e culturais da região, gera um conflito entre o crescimento urbano e a conservação da natureza. Este conflito, por sua vez, caracteriza regiões que podem ser definidas como não urbanizadas, sendo causa de condições críticas da vida urbana, denominadas por Sidney Santos (2013) como a *Sociopatologia das Cidades*.

Quando o foco são os problemas sociais nas cidades contemporâneas, não é possível desassociá-los com a historicidade da ocupação urbana que segue se desdobrando. Segundo Cormier e Pellegrino (2008), esse processo tem ocorrido de maneira intensa, exploratória e não inclusiva com todos os interesses e relações envolvidas, especialmente no que se refere à esfera socioambiental, historicamente negligenciada, o que interfere diretamente na realidade social. Para os autores, quando a expansão da rede urbana prejudica a qualidade na esfera ambiental das cidades, também compromete a qualidade de vida dos cidadãos.

A impermeabilização do solo e sua constituição material na grande maioria das cidades, como colocam os autores Fritzen e Binda (2011) e Tucci (2008), representa uma das principais manifestações do desenvolvimento urbano, podendo gerar interferências ao cotidiano da população e em suas localidades. O processo de urbanização, segundo Tucci (2008), também inclui a verticalização das cidades, a redução de áreas verdes e das calçadas públicas, além do incentivo pela pavimentação predominantemente asfáltica das vias urbanas. Salienta-se, assim, a relação de que quanto mais a cidade cresce, maior é a tendência à impermeabilização e, conseqüentemente, maior o risco dos fenômenos naturais prejudiciais ao contexto das cidades. Tal condicionante reforça o fato de que a forma como o processo de urbanização ocorre é determinante sobre os impactos que hoje em dia são evidenciados em cada localidade (TUCCI, 2008).

As maneiras com que se configura formal, visual e materialmente o processo de ocupação nas cidades são produtoras diretas de impactos sociais, podendo implicar em reações indesejáveis decorrentes das alterações no relevo e no microclima, além de alterar ciclo hidrológico natural da água (MARTINS et al., 2005). Em áreas cada vez mais impermeabilizadas, o fluxo de infiltração é muito pequeno ou até mesmo nulo, o que aumenta o escoamento superficial, gerando a necessidade do desenvolvimento de um sistema urbano de drenagem, o que atuaria apenas enquanto medida paliativa. Caso contrário, o caminho das águas acabaria por dirigir-se diretamente aos cursos hidráulicos, podendo promover enchentes e/ou alagamentos (FRITZEN; BINDA, 2011).

A realidade brasileira e de outros países em desenvolvimento possui mais um agravante: a existência da grande quantidade de resíduos sólidos que são levados às redes de drenagem, muito em razão da falta consciência ambiental da população e do descarte inadequado dos resíduos. Tais práticas provocam a obstrução do sistema local de esgotos e, conseqüentemente, intensificam alagamentos e enchentes. Segundo Hüffner e Mendes (2013), estes são problemas de um sistema de drenagem não efetiva, que não considera os hábitos das pessoas e nem a forma como elas utilizam os recursos do meio — a exemplo, ao fomentarem o desmatamento da vegetação natural, o que potencializa os problemas de inundações e alagamentos nas bacias hidrográficas. Ocorre também que, ao longo do percurso, a água entra em contato com o esgoto, acumulando grande quantidade de organismos patogênicos, que em contato com a população, possuem grande potencial na promoção de doenças (HÜFFNER; MENDES, 2013).

Apesar do processo de impermeabilização do solo urbano ser essencialmente prejudicial e cada vez mais aplicado no cotidiano das cidades, é possível ter acesso a muitas soluções e técnicas compensatórias para sua redução. Para Fritzen e Binda (2011) a solução é replanejar os espaços urbanos, aumentando as áreas verdes e permeáveis, promovendo técnicas e infraestruturas adequadas para tal, de modo a manter o desenvolvimento sustentável, a harmonia ambiental e o equilíbrio da biosfera enquanto imperativos fundamentais. Mascaró e Mascaró (2009) traz como alternativa de baixo custo a implantação de calçadas de acordo com a topografia do terreno, além da substituição da pavimentação em estacionamentos e vias de fluxo lento por pavimentações porosas. Ainda que o pavimento permeável siga sendo responsável por apenas uma pequena fração de toda a pavimentação urbana global, alternativas inovadoras e sustentáveis podem se configurar em uma solução pois tendem a reduzir

temperaturas, capturar gás carbônico, aumentar a permeabilidade do solo, manter a biodiversidade e diminuir o escoamento superficial das águas pluviais (TIEPO et al, 2014; MENDES; AMARANTE, 2021).

Como visto, são inúmeras as possibilidades de soluções acessíveis e de curto prazo para minimização da impermeabilização do solo urbano, tendo em vista que já existe uma série de técnicas compensatórias e alternativas de pisos permeáveis para aplicação em diversos contextos. A pergunta que fica, portanto, refere-se às razões para o incentivo insuficiente na gestão urbana brasileira para uma ampla difusão de projetos de pavimentação permeável — considerando, naturalmente, que tais alternativas incorporem como base a viabilidade econômica e política equivalentes às alternativas impermeáveis já utilizadas. Dada a consciência científica das consequências socioambientais estruturadas até aqui, por que não se tem como requisito de projetos a preservação da cobertura vegetal urbana? Por que, quando se realiza a manutenção e alterações das vias urbanas, os pavimentos utilizados ainda não são os que possibilitam a permeabilidade do solo construído?

De modo a endereçarmos as perguntas acima, é preciso antes entender como dar partida à consciência sustentável também no nível projetual, gerando possíveis soluções que realmente se mostrem eficazes. Segundo Marchioni e Silva (2011), apenas é possível ter um projeto sustentável quando ele é contínuo, fazendo-se necessário acompanhar o desenvolvimento local e indicar possíveis falhas no planejamento urbano e na gestão infraestrutural de regiões. Essas iniciativas devem, por sua vez, agregar um conjunto amplo de funções para além das alternativas já existentes no mercado, propondo-se a entender as necessidades reais da população através de uma produção que priorize o menor impacto ambiental. É necessário, também, entender o contexto característico do processo de urbanização em que cada cidade está inserida. Embora seja uma preocupação e uma ocorrência global, é na localidade de cada cidade, nos desdobramentos de suas ocupações, conforme suas particularidades históricas e culturais, sua organização socioespacial e suas configurações políticas e socioeconômicas urbanas que residem os efeitos e as informações necessárias para qualquer projeto que busque qualificá-la (VELHO, 2013). Ainda assim, torna-se essencial construir um método de projeto que conceba um sistema-produto com potencial de reprodução e adaptação para uma diversidade de contextos urbanos, desde que analisados os fatores específicos, divergentes ou não, que influenciam na problemática de sua morfologia e gestão urbana.

Para além, o presente projeto permite que tratemos o design e os limites do conceito de sustentabilidade de forma sistêmica, organizando-se em conjunto com áreas adjacentes como a arquitetura, a ciência dos materiais e a construção civil, sendo tais também responsáveis pela construção dos espaços e pela viabilidade da vida urbana (FRY 2017). Dado que toda a iniciativa de gestão hídrica em áreas urbanas é, por definição, interdisciplinar, tangenciando uma vasta gama de especialidades necessárias para que o problema seja melhor endereçado (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007), posicionar o design enquanto componente de um sistema amplo de disciplinas torna-se essencial (FRY 2017).

Paralelamente, faz-se necessário conscientizar-se, enquanto projetista da morfologia dos espaços, sobre a importância de não responsabilizar somente a intensificação dos processos de urbanização pela insustentabilidade das cidades contemporâneas. Dadas as atuais compreensões acadêmicas sobre as influências da ação humana nos ecossistemas como um todo, projetos debruçados em entendimentos sistêmicos de sustentabilidade deveriam ganhar destaque (FRY 2017; POZZER et al., 2021). Neste cenário, as entidades governamentais seriam responsáveis por incentivar projetos com tal intuito e abrangência, enfatizando a devida contrapartida tanto civil quanto da iniciativa privada. Para isso, porém, é essencial a constituição de um senso firme de responsabilidade e participação nos processos de planejamento e desenvolvimento urbano sustentável (MINAYO, 2003).

Por fim, vale reforçar que o viver urbano é essencialmente relacional e transitivo. Como posto por Moreira (1999), o espaço urbano é definido apenas a partir das dinâmicas relações entre o humano, o espaço construído, a natureza e o tempo. Essa relação produz mudanças no ambiente, adequando-se através dos anos, sendo necessário que suas ferramentas se mostrem flexíveis, possibilitando que as práticas de hoje existam também em razão do futuro das cidades (MOREIRA, 1999; FRY, 2017).

Em suma, a razão por trás do tema do presente projeto está relacionada ao desenvolvimento de um sistema-produto que parta não somente da imediata resolução de um problema urbano, mas que também atue como agente conscientizador para práticas sustentáveis e para a geração de um futuro possível. Assim, o projeto busca promover a utilização adequada de recursos naturais e um melhor relacionamento entre as pessoas com seu meio urbano. Adiante, espera-se que este trabalho não seja somente produto de uma mera predileção pessoal, mas que busque em embasamentos teóricos alternativas não convencionais, mas efetivas,

contribuindo para o campo do design e ampliando os entendimentos dos problemas urbanos.

1.3 OBJETIVOS

Compreende-se como **objetivo geral** do presente projeto desenvolver um sistema-produto sustentável e diferenciado de pavimentação urbana, que facilite a infiltração da água, diminuindo o escoamento superficial e reforçando-se enquanto elemento semântico junto ao contexto urbano onde será alocado. Identificam-se, adiante, os seguintes **objetivos específicos**: [1] contextualizar o cenário do desenvolvimento urbano atual e seus impactos na sociedade; [2] elaborar discussões acerca do desenvolvimento de projetos sustentáveis; [3] identificar maneiras para se incentivar a consciência social da sustentabilidade a partir de um sistema-produto; [4] investigar os critérios técnicos para a aplicação e uso da pavimentação permeável, identificando potenciais ergonômicos e funcionais; [5] investigar materiais e tecnologias diferenciados que atendam aos requisitos identificados, promovendo inovação com foco em uma concepção sistêmica de sustentabilidade.

2 PLANO DE PROJETO

O plano de projeto é realizado a partir da escolha e descrição de duas metodologias norteadoras amplamente reconhecidas no meio acadêmico e de projeto do campo do design: a primeira, que servirá de base projetual, trata-se do *Modelo de desenvolvimento integrado de produtos*, de Back et al. (2008); a segunda, com caráter complementar, trata-se do *Metaprojeto*, de Dijon de Moraes (2010).

2.1 ESTUDOS METODOLÓGICOS

A presente etapa consiste na descrição e estudo de cada uma das metodologias propostas de modo a expor suas potencialidades para o processo do presente projeto. Espera-se, com isso, que suas especificidades sirvam de alicerce na criação de um modelo metodológico adaptado que atenda de modo eficiente toda a complexidade percebida no problema a ser endereçado.

2.1.1 Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – Back et al. (2008)

A partir da década de 1980, em diversas universidades brasileiras, passou-se a reconhecer a importância de um método sistemático e estruturado no desenvolvimento de produtos. Respondendo a tal demanda, foram sendo introduzidas, em currículos de graduação em engenharias e design, disciplinas com foco em processos metodológicos de projetos de produtos (BACK et al., 2008). Uma das principais metodologias difundidas com esta finalidade foi a do *Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos de Nelson Back*, publicada em 1983 e garantindo grande repercussão no meio acadêmico e industrial. Sua relevância foi gradualmente se reforçando à medida que alunos egressos de cursos estruturados segundo a tal passavam a levá-la para seus empregos em diversos eixos industriais, constatando-se, com isso, os benefícios do pensamento projetual sistêmico (BACK et al., 2008).

De modo geral, a metodologia de Back, também referida pela sigla PRODIP, procura descrever a totalidade dos aspectos e procedimentos relativos em cada momento de um processo projetual de produtos. Enquanto ferramenta, ela está segmentada em cinco etapas: a primeira é a etapa de *Planejamento de Projeto*, responsável pelo de entendimento, organização do projeto e a contextualização do problema; a segunda etapa é a do *Projeto Informacional*, responsável pela concentração, pesquisa e definição dos fatores que norteiam o problema do projeto até a concepção do produto; em seguida, tem-se a fase de *Projeto Conceitual*, que compreende

tarefas que resultam na concepção criativa da estrutura do projeto de forma conceitual e funcional do produto; a quarta etapa é da do *Projeto Preliminar*, onde é possível determinar a viabilidade técnica e definir a configuração final do produto; a última etapa é a denominada de *Projeto Detalhado* e tem como propósito as especificações para a viabilização do produto, a organização final da documentação do projeto e sua apresentação final. Na Figura 1 abaixo é possível ter uma visão linear da metodologia que será utilizada para a adaptação da metodologia final.

Figura 1 - Modelo de Desenvolvimento Integrado de Produtos

Back et. al. (2008)

MODELO PRODIP | Planejamento e Projetação



Fonte: Adaptado pela autora com base em Back et al. (2008).

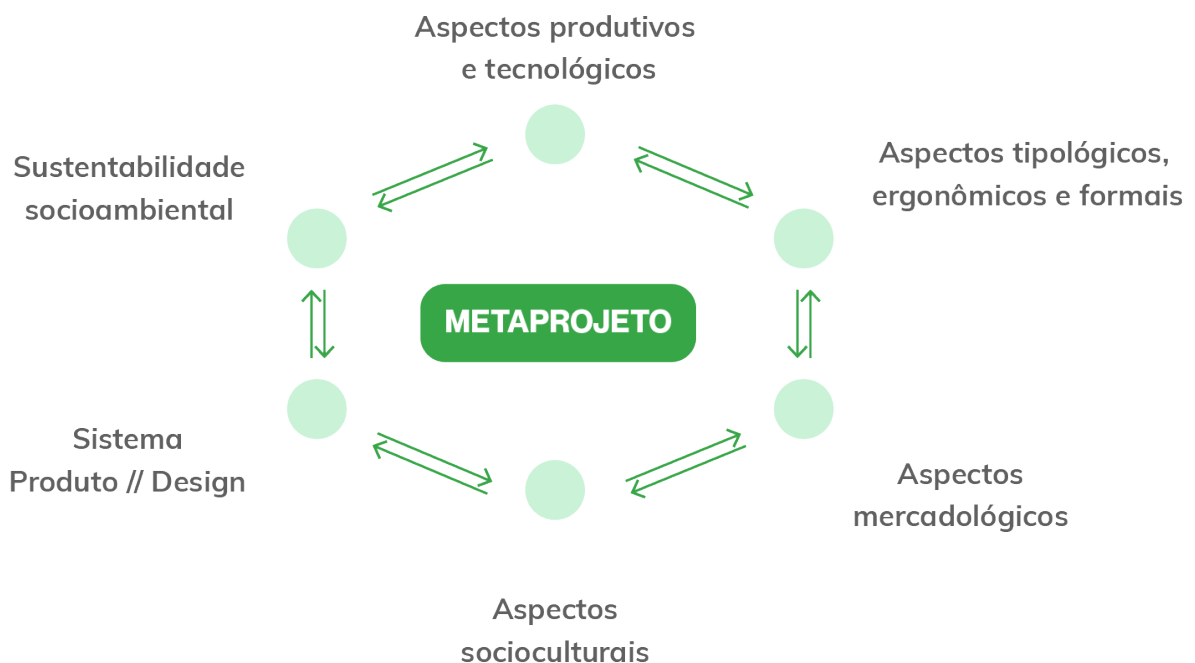
De modo a garantir uma abrangência do processo projetual como um todo, a metodologia de Back (2008) apresenta-se vantajosa. Ainda assim, sua rigidez e linearidade podem se mostrar um obstáculo para a leitura de um contexto e problema complexo como o tratado pelo presente projeto. Para endereçarmos essa questão, encontrou-se propícia trazer os conceitos de metaprojeto, de Dijon de Moraes, para o centro da discussão. Estes pontos serão descritos na etapa seguinte.

2.1.2 Metodologia de Metaprojeto – Dijon de Moraes (2010)

De modo a explorar de forma sistêmica e abrangente o tema da sustentabilidade, encontrou-se no olhar crítico e embasado da metodologia de Metaprojeto de Dijon de Moraes (2010) um caminho viável. Embora a metodologia PRODIP de Back seja completa para a execução de qualquer projeto, sua estrutura rígida mostra-se insuficiente para a temática complexa do presente projeto. No modelo de Metaprojeto, Dijon de Moraes (2010), porém,

chama a atenção para uma crise projetual justamente embasada em modelos de projeto demasiadamente lineares e inflexíveis, fazendo-se necessária uma dinâmica, holística e cultural sobre o problema da realidade complexa contemporânea. A metodologia de Metaprojeto possibilita uma visão crítica sobre o projeto a partir de fatores: produtivos, tecnológicos, mercadológicos, materiais, ambientais, socioculturais e estético-formais. Trata-se de uma estrutura não linear de projeto, onde cada ponto se relaciona com o outro, articulando um sistema de conhecimentos necessários para o desenvolvimento do projeto (MORAES, 2010).

Figura 2 - Método de Moraes Fonte de Moraes (2010)



Fonte: Adaptado pela autora com base em Moraes (2010).

Alicerçado nos conceitos abordados em ambas metodologias, determina-se um modelo adaptado que melhor atenda ao problema de projeto elencado. A estrutura totalizante da PRODIP (BACK, 2008), aliada às reflexões iterativas e contextuais do Metaprojeto (MORAES, 2010), dão corpo à um procedimento estruturado em cinco etapas sequenciais e inter-relacionadas, conforme a apresentação a seguir.

2.2 MÉTODO ADAPTADO

Etapa 1 – Problema: proposta do projeto definida através do levantamento de um problema a ser solucionado. Esta etapa é constituída pela justificativa, objetivos, empatia pelo assunto e sua contextualização. Abrangendo conhecimentos prévios, metaprojeto, fundamentos teóricos para a compreensão do problema e tomada de decisões projetuais a partir do plano de projeto.

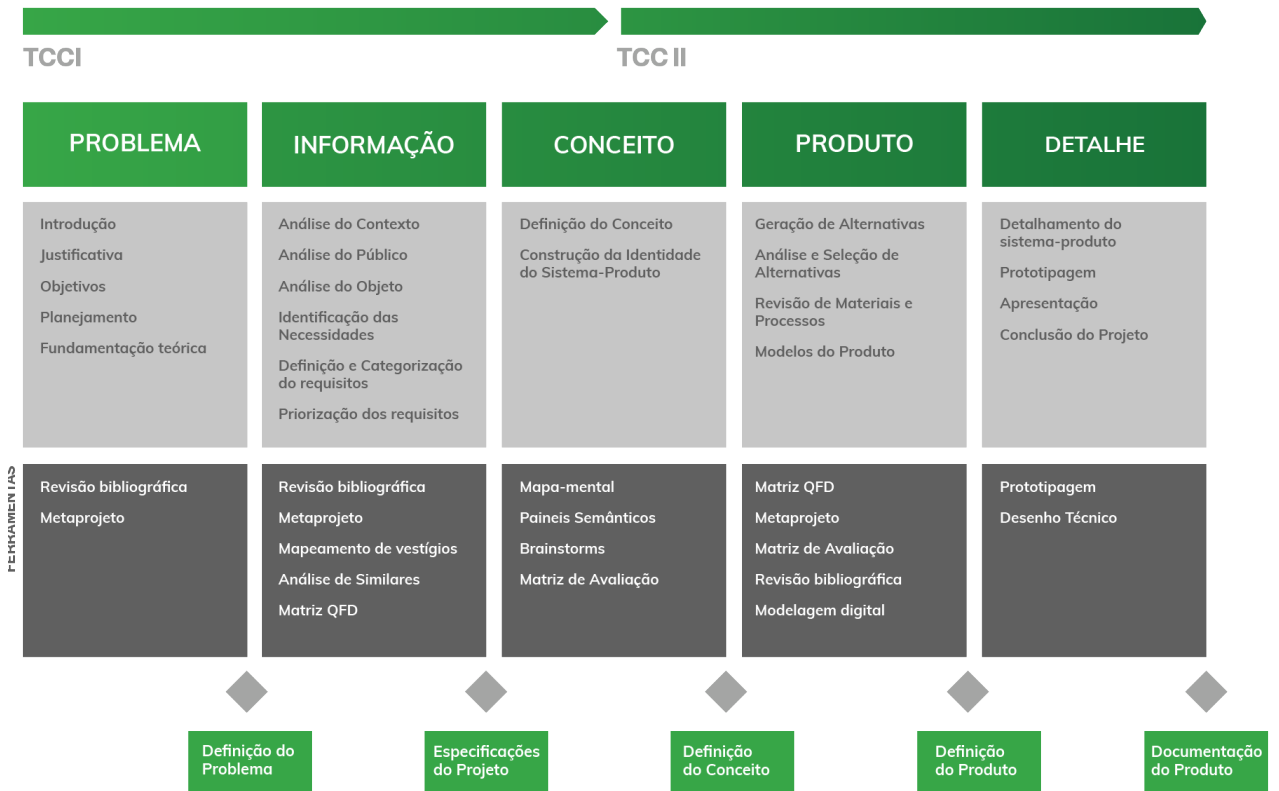
Etapa 2 – Informação: a partir da compreensão do problema, se faz necessário levantar informações determinantes para o desdobramento do problema e para as definições do sistema-produto final. Tais informações são referentes ao *meio*, ao *produto* e ao *público* do projeto em questão. Serão essas as informações responsáveis pelas especificações que nortearão o desenvolvimento conceitual e o detalhamento final do sistema-produto.

Etapa 3 – Conceito: etapa realizada a partir da definição dos requisitos e restrições de projeto, englobando a constituição do conceito geral para o sistema-produto a partir de ferramentas como painel semântico, mapas mentais e *brainstorms*. Tais ferramentas possibilitarão a definição de aspectos de expressão intrínsecos ao projeto.

Etapa 4 – Produto: com os requisitos do projeto e conceitos alinhados, é possível partir para a etapa de geração de alternativas. De modo geral, tal etapa descreve a criação de concepções do sistema-produto e seleção de materiais, além de processos que atendam o problema em questão. Ao final, é feita a seleção da alternativa que mais se adeque às especificações e necessidades a partir de uma matriz de avaliação.

Etapa 5 – Detalhe: nesta última etapa, é realizado o detalhamento da proposta final do sistema-produto através da apresentação de especificações técnicas referentes a desenhos técnicos e modelos prototipados. O objetivo da etapa final é possibilitar o alinhamento da concepção final do sistema-produto com detalhes que viabilizem sua produção industrial aparente — ainda que não englobando seus procedimentos específicos de fabricação.

Figura 3 - Método adaptado de projeto.



Fonte: Autora (2023).

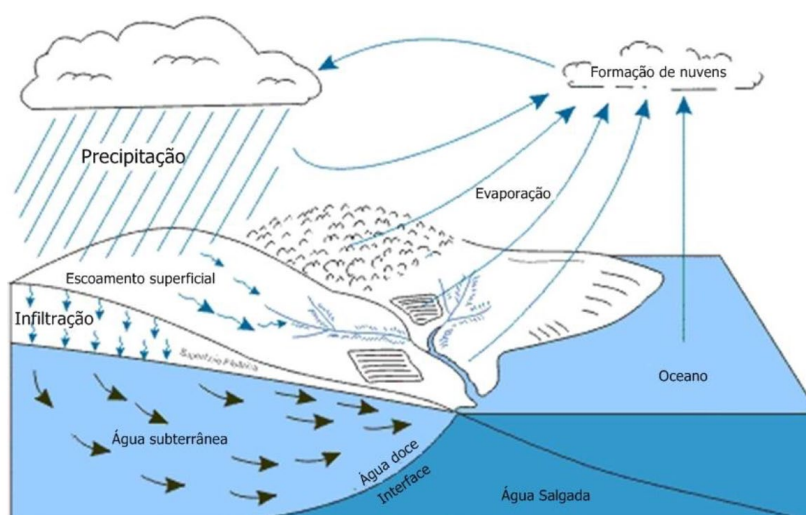
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O solo fornece funções ecossistêmicas indispensáveis para a existência humana, atuando como principal fonte de alimentos e matérias orgânicas renováveis, abrigando grande parte da biodiversidade do planeta, regulando os microclimas, filtrando e moderando o fluxo de água para os aquíferos, além de contribuir para estética das paisagens na superfície da terra (CORMIER e PELLEGRINO, 2008). Uma das principais propriedades do solo é sua permeabilidade, referindo-se à capacidade de circulação um fluido através do material, podendo ou não alterar sua estrutura e composição. Essa condição se deve ao tamanho e espaçamento dos grãos que compõem o solo – a sua *porosidade* – possibilitando que fluídos, como a água, consigam infiltrar com maior ou menor dificuldade através de seus poros. A permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir a infiltração da água através dele, sendo o grau de permeabilidade expresso numericamente pelo *coeficiente de permeabilidade* (TUCCI, 2008). Esse coeficiente será necessário para especificar detalhes técnicos do produto final, sendo possível encontrar mais informações sobre ele no Anexo 1.

3.1 CICLO HIDROLÓGICO DA ÁGUA

Na dinâmica da permeabilidade dos solos, a água é o elemento de infiltração mais frequente. Para tratar de permeabilidade, é necessário compreender o ciclo percorrido pela água e as consequências de cada etapa do ciclo. Na Figura 4 abaixo, é possível visualizar como o sistema do ciclo hidrológico da água ocorre e os agentes envolvidos.

Figura 4 - Ciclo Hidrológico.



Fonte: Souza (2012, p. 6).

À medida que o volume de infiltração diminui – principalmente quando a área urbana é muito extensa – devido à falta ou redução da infiltração da água das chuvas, o nível do lençol freático tende a baixar, reduzindo assim o fluxo e escoamento subterrâneo de água e a alimentação dos sistemas aquíferos (TUCCI, 1997).

3.2 DESENVOLVIMENTO URBANO E O AUMENTO DA IMPERMEABILIDADE

O crescimento dos espaços urbanos e a concepção de ocupação de cidades que se configura hoje começaram a moldar-se após a Revolução Industrial, com o consequente êxodo do campo para as cidades. O aumento da densidade demográfica ao redor dos centros industriais, ocasionado pela necessidade da população em ir a busca de trabalho, aliado ao sonho da vida moderna, desencadeou um processo de crescimento acelerado, sem planejamento de infraestrutura e de ocupação urbana.

A forma como a população foi se desenvolvendo nos centros urbanos, também levantou questões político-sanitárias, pois já não era mais possível simplesmente atirar dejetos nas ruas ou ter construções com contato direto com o solo. Saneamento e salubridade passaram a serem enfatizados no contexto das cidades. A partir do surgimento de uma necessária reforma sanitária, o processo de modificações urbanas se intensificou e a impermeabilização do solo, passou a ser a principal estratégia de higienização de saneamento urbano (TUCCI, 2008).

Como resultado do desenvolvimento econômico, o mundo está se tornando cada vez mais urbanizado: em 1900, 13% da população mundial era urbana, e agora chega a 50%, em apenas 2,8% do território global (TUCCI, 2008). As cidades deixaram de ser somente um isolado conjunto de edificações para tomarem proporções maiores, sobrepondo-se aos entornos, surgindo, periferias, subúrbios, distritos industriais, estradas e vias expressas, modificando toda a paisagem e englobando as zonas rurais. Aos poucos, os espaços foram interligando-se e transformando-se em urbanos no geral (ROLNIK, 2004). Atualmente, metade da população mundial vive em regiões urbanas e estima-se que até 2050, o percentual chegará em 80% (BETTENCOURT; WEST, 2010). Proporcionalmente, quanto maior o crescimento das cidades, mais intensa é a implementação de uma estrutura viária, maior será a verticalização e modificações nos leitos de rios; deixando pouco espaço livre para a permeabilidade e a incidência de áreas verdes (MASCARÓ; MASCARÓ, 2009).

As áreas urbanas segundo Liu, Chen & Peng (2014), podem ser classificadas em quatro classes de superfícies: a impermeável, representadas por vias, calçadas, ruas, edificações, telhados e estacionamentos; a permeável referente às áreas vegetação florestas, gramados ou solo direto; o corpo hídrico, sendo natural ou artificial, constituída por rios, lagos e pântanos; e a infraestrutura verde, referente às novas alternativas de manejo de precipitação como jardins de pluviais, pavimento permeável, telhados permeáveis, reservatórios de infiltração, jardins verticais, e cisternas de captação de água da chuva. A partir dessa classificação foi realizado um estudo na cidade de Beijing que constatou que o escoamento superficial em áreas impermeáveis atingiu 83,8% a 95,4% do volume da precipitação, enquanto nas áreas permeáveis o escoamento variou 10,9% a 42,4%. O estudo também aponta que se as áreas impermeáveis, não sendo considerados telhados, fossem substituídas por pavimentos porosos o fluxo de escoamento pode reduzir 66,5 a 59,6% e 54,2–51,0%, respectivamente, nos intervalos de recorrência da tempestade (LIU; CHEN; PENG, 2014).

O escoamento superficial das águas pluviais é o segmento do ciclo hidrológico, através do deslocamento da água na superfície do solo. Para elucidar, a partir da precipitação uma parte do volume de água fica retida na vegetação onde é absorvida pelas plantas ou dissipada pelo processo de evaporação, a outra parte vai para o solo onde tende a acumular nas áreas de relevo com altitude mais baixa, até ser absorvida ou tende a escoar, quando não absorvida.

O escoamento da água na superfície acontece quando o volume de precipitação ultrapassa a capacidade de “infiltração” do solo. Quando a taxa de permeabilidade não supre a vazão de água ocorre o processo de alagamentos e enchentes. Na Figura 5 é possível ver um comparativo desenvolvido pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA) sobre a porcentagem de escoamento superficial e infiltração em diferentes percentuais de impermeabilização.

Figura 5 - Influência do incremento da urbanização no escoamento superficial direto.

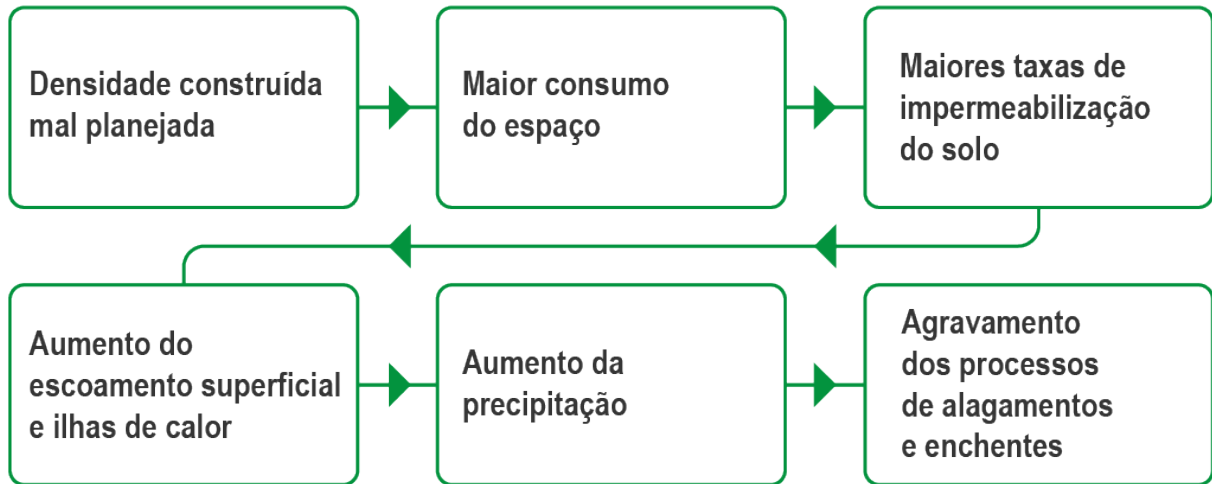


Fonte: Adaptado da *United States Environmental Protection Agency* (2005).

Quando a água encontra uma superfície onde ela possui maior dificuldade em escoar ou simplesmente não ocorre o escoamento, trata-se de uma superfície impermeável. A água pode seguir três direções principais: para cima, quando evapora; para baixo, quando infiltra e horizontal, quando acontece o escoamento superficial. Quando ocorrem chuvas intensas e umidade elevada, quase não há evaporação, e quando o solo está em uma condição impermeabilizada, as inundações tendem a aumentar e intensificar o poder das enchentes (GURGEL, 2017).

O uso desordenado do solo expõe muitos problemas. Seja por planejamento inadequado, falta de planejamento ou omissão do poder público. Como resultado, a impermeabilização do solo impede a infiltração da água, acentuando os problemas da erosão urbana e aumentando os picos de cheia (ANDREOLI et al., 2003). Na Figura 6 é realizado um esquema de como se deu o processo de urbanização em relação às interferências no ciclo do solo.

Figura 6 - Diagrama da influência da ocupação dos solos no ciclo hidrológico.



Fonte: Adaptado pela autora com base em Andreoli et al. (2003).

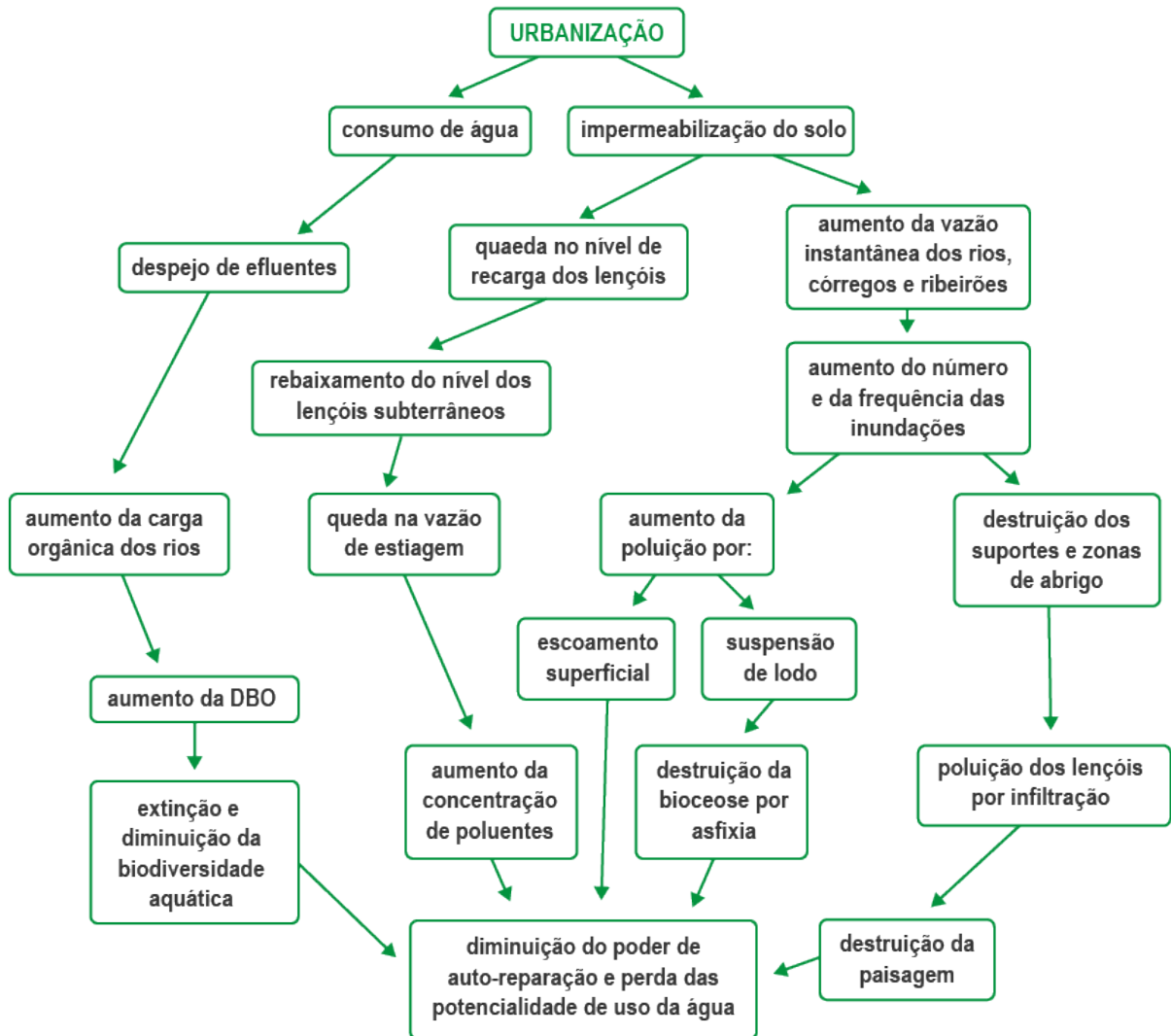
Ao ocorrer a alteração de um espaço, gradualmente várias características do meio vão se alterando. Sabe-se hoje que a intensificação desse processo de impermeabilização, atribuída no passado como uma questão de desenvolvimento e solução sanitária ocasionou uma série de mudanças e impactos nas características do meio ambiente. Esses impactos ocorrem a partir da modificação da morfologia terrestre e da exploração dos recursos naturais – sem precedentes e de forma desequilibrada, atreladas ao crescimento populacional e a necessidade de expansão urbana.

3.2.1 impactos provenientes do desenvolvimento de cidades impermeáveis

O crescimento resultante do processo de urbanização e das mudanças significativas da morfologia urbana, associadas com o aumento da taxa de impermeabilização, desencadeou uma série de impactos negativos, que podem causar alterações drásticas no ciclo natural, climático, hídrico, além da influência direta na qualidade de vida da população urbana. Esses impactos não são somente exclusividade dos centros urbanos, mas também se estendem e afetam médias e pequenas cidades. (SANTOS; RUFINO; BARROS FILHO, 2017).

Alguns estudos foram realizados por autores como Tucci e collischonn (1998), Fritzen e Binda (2011) e Vargas (1999) no sentido de levantar e quantificar os impactos gerados nos processos de urbanização. Utilizando como referência o material teórico desenvolvido pelos autores, é possível definir através de um sistema, como os principais impactos socioambientais negativos provenientes da crescente tendência de impermeabilização se relacionam conforme Figura 7 abaixo:

Figura 7 - Relação de influências da impermeabilização do solo e os processos de urbanização.



Fonte: Adaptado pela autora com base em Tucci e Collischonn (1998) e Vargas (1999).

Em um primeiro momento, o aumento da impermeabilização tem um impacto positivo no desenvolvimento urbano porque corrige questões de saneamento, qualidade de vida e mesmo de deslocamento urbano. No entanto, devido à falta de planejamento, a maximização da infraestrutura urbana através da impermeabilização culmina em uma sobrecarga de malha urbana e as consequências passam a se tornar inexoráveis. A má gestão dos meios urbanos associada a falta de consciência de população na ocupação das cidades é o que torna os impactos negativos ainda mais prejudiciais (TUCCI, 1997).

3.2.2 Alagamentos, Enchentes e Inundações

"As enchentes e as inundações não configuram situações de risco quando o homem não ocupou a planície de inundação."

(White, 1974 apud Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999)

Os impactos ocasionados pela crescente impermeabilização do solo acabam contribuindo para o aumento do volume pluvial escoado e a redução de amortecimento, causando aumentos nas vazões máximas, que podem representar seis vezes a vazão de pré-urbanização (TUCCI, 1997). Outro fator que influencia no aumento da vazão e das fortes chuvas, é o aumento das zonas de calor promovidas pelo processo de impermeabilização das cidades e pela redução da capacidade de escoamento, ambas relacionadas ao desenvolvimento urbano desenfreado e sem planejamento. Associadas a esses fatores, as enchentes e inundações são um grave problema que vem se tornando cada vez mais recorrente. Segundo Organização das Nações Unidas, o Brasil é o 6º país do mundo que mais sofre com ações climáticas, sendo algumas dessas ações definidas como: a) Alagamentos - acúmulo de água em regiões urbanas; b) Enchentes - o transbordamento natural do nível de água de rios e canais devido às chuvas muito intensas; c) Inundações - inundação é o transbordamento de água num determinado território. (DICIONÁRIO AURÉLIO, 2020).

As enchentes e inundações pós-urbanização são maiores, fluem mais rapidamente e são mais destrutivas do que as enchentes provocadas por tempestades semelhantes antes da urbanização (SPIRN, 1995, p. 147). Sendo classificadas, n contexto brasileiro, por Tucci (2008) em duas categorias: a) Inundações de áreas ribeirinhas - são inundações naturais onde ocorre o transbordamento do leito dos rios, devido ao volume pluvial e capacidade do escoamento na bacia hidrográfica; b) Inundações em razão da urbanização - são as inundações que ocorrem em detrimento da impermeabilização do solo e da dificuldade da drenagem urbana, sendo por canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento.

Geralmente, as áreas mais vulneráveis e mais afetadas são as com cotas mais baixas, áreas preservação permanente, perto de leito de rios e bacias hídricas. Sendo muitas vezes ocupadas por habitações, turismo, comércio e outras atividades. Nesses locais, a quantidade e a velocidade do escoamento também podem causar erosão, que poderiam ser evitadas se ocorresse maior infiltração da água no solo (HOLZ, 2012).

A proporção dos danos relacionados a estes desastres naturais está diretamente ligada à forma como a ocupação urbana se dá na região afetada. Quanto menor for o planejamento da ocupação de determinada região vulnerável a enchentes, maior será a proporção dos desastres, que além de danos materiais pode ocasionar mortes. Ou seja, as enchentes e inundações são somente prejudiciais ao meio urbano, pois estão relacionadas a ações antrópicas que acabam revertendo em problemas a própria população.

Diante de todos esses fatos, é possível constatar que a população está arcando com as consequências pelo modo que vem habitando as cidades. Pelo crescimento descontrolado das regiões urbanas, atrelado à falta de interesse da esfera pública em promover iniciativas e projetos sustentáveis.

3.3 CONTEXTO NO BRASIL

Assim como outras nações latino-americanas, o Brasil apresenta um intenso processo de urbanização desde a segunda metade do século XX (PESAVENTO, 1985). Inicialmente, tal processo se deu de forma lenta, sendo amplamente influenciado pelo incentivo a construção de uma infraestrutura industrial centralizada em torno de capitais no sudeste e sul do país (PESAVENTO, 1985). Apesar de sua grande extensão territorial, o processo de urbanização no Brasil se deu inicialmente de forma majoritariamente centralizada, concentrando a população em espaços reduzidos, produzindo grande competição pelos mesmos recursos naturais como o solo e a água (TUCCI, 2008).

Progressivamente, as cidades, que ofertavam mais oportunidades de emprego e de serviços também para membros de classes socioeconômicas subalternizadas, passaram a alojar novos núcleos residenciais de construção acelerada, geralmente caracterizados por sua irregularidade (PEQUENO, 2008). Segundo Pequeno (2008), tais ocupações foram formadas majoritariamente por edificações precárias e improvisadas, cujas localizações estavam relacionadas com a proximidade do trabalho e às facilidades de mobilidade urbana. Este processo, estimulado pelo êxodo rural, provocou um aumento das regiões periféricas de grandes cidades, gerando o aumento da densidade populacional, a ocupação irregular do solo e a consequente exclusão das parcelas marginalizadas da sociedade (MARICATO, 2003).

Atualmente, as cidades brasileiras vêm seguindo um padrão acelerado de urbanização, atingindo uma taxa de 85% em 2010, segundo o IBGE (2020). Segundo o Relatório da ONU

para os Assentamentos Humanos (ONU-HABITAT, 2010), esse percentual tende a aumentar, atingindo significantes 90% em 2020. O crescimento urbano se deu especialmente nas Regiões Metropolitanas (RM) e nas cidades que se transformaram em centros regionais. As RM são constituídas por várias cidades vizinhas, que acabam, por fim, reproduzindo todo o processo inadequado de urbanização para as cidades de pequeno porte. No entanto o crescimento das RM comparado ao crescimento das regiões periféricas é muito menor. Ou seja, nas realidades brasileiras, as periferias que são categorizadas pela maior vulnerabilidade social estão tendo um crescimento desordenado muito mais acelerado que as cidades maiores.

Esse processo é caracterizado pela verticalização urbana, redução de áreas verdes, desmatamento da mata nativa, assentamentos em áreas irregulares, passeios públicos estreitos e pavimentação asfáltica das vias urbanas. Evidenciando o crescimento desordenado e sem planejamento de sustentabilidade até mesmo em cidades de pequeno porte (TUCCI; COLLISCHONN, 1998). É cada vez mais frequente o emprego de manta asfáltica, sendo este tipo de pavimentação utilizado com caráter de modernização, garantindo uma boa visibilidade à administração pública responsável pela execução (TIEPO et al, 2014).

A realidade de urbanização brasileira vem demonstrando grandes impactos na qualidade de vida da população e provoca densos conflitos no meio ambiente, principalmente aqueles relacionados com as modificações do ciclo hidrológico, criando fortes impactos no escoamento natural das superfícies (BEZERRA, 2015). Outro problema característico do contexto brasileiro é que existem muitas ocupações irregulares e desordenadas em áreas de risco (regiões ribeirinhas, morros e encostas), o que torna a proporção dos impactos ainda maior. Em algumas cidades, no Brasil, a população em área irregular ou informal chega a 50% (MMA, 2020), configurando um déficit habitacional. Sendo a característica da habitação dessas áreas irregulares o principal fator de risco para os desastres. No total, dos 65,5 milhões de domicílios habitados por mais de 210 milhões de brasileiros, 5,217 milhões (7,8%) correspondem a moradias do IBGE (2020). Em algumas regiões segundo o IBGE, esse percentual aumenta sendo a região Norte com o maior índice de ocupações irregulares (18,9%) do total de 18,4 milhões de domicílios. Seguido da região Sudeste (8,1%) onde 28,6 milhões das residências são ocupadas de forma irregular. Logo atrás está a região Nordeste com 8,6% das quase 17 milhões de residência são enquadradas como aglomerados irregulares.

Porém, ocupações irregulares não são característica exclusiva dos espaços favelares.

Segundo Rolnik (2004), a paisagem é tida como um produto de consumo exposto à especulação descontrolada. Em outras palavras, áreas não construídas passam a ser caracterizadas enquanto atrativos naturais de alto valor, favorecendo sua superestimação urbanística mesmo para o desenvolvimento de empreendimentos de alto padrão. Essas edificações, ao contrário de áreas periféricas, favelares ou ribeirinhas, tem sua avaliação de impacto relativizada e legitimada pelo governo ainda que suas condições de urbanidade e de impacto do solo sejam questionáveis (ROLNIK, 2004).

Segundo Tucci (2008) As principais consequências relacionadas à infraestrutura e a urbanização nos países em desenvolvimento, com destaque para a América Latina, são: a grande concentração populacional em pequenas áreas, o que causaria problemas na qualidade de vida dos cidadãos como deficiência no transporte público e redução de condições de saúde; o aumento das periferias de forma descontrolada, localizadas majoritariamente em bairros afastados do centro, onde não se tem recursos básicos como segurança, infraestrutura de água e esgoto, transporte e coleta de lixo, geralmente associadas com a demanda de empregos informais e mesmo ilegais, como tráfico de drogas; a urbanização e o planejamento sendo determinados pela população de média e alta renda, com distanciamento da população de baixa renda, culminando em uma divisão entre uma cidade formal e outra informal, sendo observadas mesmo ocupações de propriedades em desuso, edificações em áreas de risco, ambas com frequentes desastres naturais associados (TUCCI, 2008).

Entende-se, enquanto alguns dos principais problemas da urbanização irregular, a falta de tratamento de esgoto e saneamento básico, ocupação irregular de leitos de rios e encostas, canalização de leitos de rios, ocasionando cheias e assoreamento dos rios por causa dos sedimentos, e a conseqüentemente deterioração das águas (TUCCI; COLLISCHONN, 1998). Segundo Tucci (2008) O desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água. As conseqüências do modelo de urbanização que o Brasil é caracterizado interferem diariamente no contexto das cidades, a partir de uma tempestade é possível verificar a dificuldade no transporte das cidades, com ruas impossibilitadas de acessar quedas de postes de luz e estabelecimentos ilhados. Estes prejuízos vão além dos transtornos gerados no cotidiano das cidades, podendo acarretar também em perdas materiais, possibilidade de maior propagação de doenças e até mortes. A média histórica de óbitos no Brasil por desastres varia

de 150 a 300 pessoas por ano, sendo que, muitas vezes, um único desastre pode representar um número muito maior. Além disso, todo este quadro gera impactos financeiros significativos, tanto para a regularização imediata da situação, como também de obras preventivas e corretivas. Para o coordenador Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina, Antônio Edésio, ações preventivas além de salvar vidas também geram economias para o poder público, pois a cada real que seria investido em ações e projetos de prevenção, são investidos sete reais na mitigação dos prejuízos com os desastres (MMA, 2020). Outro ponto a se destacar é que devido às consequências dessa expansão, ocorrem descasos sociais com a redução alimentos e recursos, moradia insuficiente, instabilidade urbana e falta de qualificação da força de trabalho. Não bastando cuidar somente da natureza, mas também das relações e qualidade de vida das pessoas a partir do mesmo conceito de sustentabilidade (SANTOS, 2016).

Os Motivos que consolidaram esse padrão desastroso de urbanização segundo Tucci (2008) são: a falta de conhecimento da população e dos profissionais, sem todas as informações necessárias ou falta de acesso a elas; a concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle dos sistemas, estando desatualizados quanto à visão ambiental e geralmente buscando soluções estruturais; visão setORIZADA do planejamento urbano e falta de capacidade gerencial, pois os municípios com maior índice de desenvolvimento (às vezes) não tem estrutura de planejamento e gerenciamento adequado. É possível atribuir também o sistema de desigualdade social como um grande fator, pois quem tem a possibilidade de modificar o modelo de urbanização, tende a planejar somente para seus interesses, sendo a população informal sofrendo descaso. Porém sabe-se hoje, que se toda a população não estiver crescendo e se desenvolvendo de forma adequada, com distribuição de recursos, e benefícios essenciais para todos, acaba interferindo na qualidade de vida de toda a população. Inclusive consta como objetivo nas diretrizes da nova agenda urbana da ONU o desenvolvimento sustentável das cidades (ONU-HABITAT, 2023). São tomadas de decisões e formato de desenvolvimento imediatista que geram custos altos, e o oportunismo de algumas empresas para aumentar seus lucros que acabam gerando um pior desenvolvimento das cidades brasileiras TUCCI (2008).

3.3.1 Drenagem Urbana no Brasil

O principal recurso, no Brasil, para de gestão dos impactos ocasionados no ciclo hidrológico da água e da gestão das águas pluviais, por conta do excesso de impermeabilização,

é a drenagem urbana. Segundo o IBGE (2020), em 99,8% dos municípios, o serviço de drenagem urbana é prestado pelas próprias Prefeituras Municipais, sendo que em somente 26,3% desse total refere-se a drenagens urbanas com instrumentos reguladores. Como é possível comparar na Tabela 1.

Tabela 1 - Municípios com drenagem urbana, por existência de instrumentos reguladores, segundo as Grandes Regiões brasileiras.

Grandes Regiões	Municípios com serviço de drenagem urbana		
	Total	Com instrumentos reguladores (%)	Sem instrumentos reguladores (%)
Brasil	4 327	26,3	73,4
Norte	222	20,7	78,8
Nordeste	1 227	13,4	86,5
Sudeste	1 468	26,3	73,2
Sul	1 094	21,8	56,5
Centro-Oeste	316	21,8	77,8

Fonte: Tucci et al (2007).

A Tabela 1 mostra como ainda é pequeno o percentual de sistemas de drenagem urbanos que possuem instrumentos reguladores, comparados ao percentual dos que não possuem. O que evidencia a necessidade urgente da reformulação das gestões das águas urbanas e de um planejamento adequado. Pois somente deixar que o sistema de drenagem supra da vazão de água, nos municípios brasileiros, não soluciona o problema. Principalmente pela forma como estão sendo resolvidos hoje, onde acabam gerando mais impactos na qualidade de vida da população. Segundo Tucci et al. (2007) a maioria dos sistemas de drenagem das cidades brasileiras é do tipo combinado, ou seja, misturam esgoto cloacal domiciliar com a água da chuva, o que complica ainda mais as inundações, tornando uma questão de saúde pública. Porque traz mais um fator de risco para os cidadãos, ou seja, a disseminação de doenças. Outro problema para Tucci et al. (2007) nos sistemas de drenagem das cidades brasileiras é a existência de grande quantidade de resíduos sólidos que são trazidos às redes de esgoto devido à falta de educação ambiental da população e o descarte inadequado, provocando o entupimento

do sistema e conseqüentemente o agravamento das inundações.

Os autores ainda reforçam que existem iniciativas dispersas de drenagem urbana em algumas das principais cidades brasileiras. No entanto, ainda se verifica a necessidade de uma visão mais abrangente de sustentabilidade da drenagem urbana, considerando aspectos relacionados à integração com os setores envolvidos no estágio de planejamento do meio urbano (TUCCI ET AL., 2007).

De acordo com Tucci (2008), a gestão das águas pluviais das cidades, há muito tempo, baseia-se no princípio da remediação da drenagem, através da retificação do leito dos rios e córregos, o que acaba somente transferindo o problema. Esse fato, aliado ao caos do desenvolvimento urbano, tem causado enormes danos ambientais, como assoreamentos causados por aterros em áreas de várzea, desmatamento, impermeabilização do solo, lançamentos de efluentes e resíduos sólidos nas redes de drenagem, resultando na perda da qualidade de vida dos moradores. Sendo a gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda não vislumbrada com a devida importância pelos gestores, dada a ausência de um planejamento específico para o setor (TUCCI ET AL., 2007).

Podendo concluir que além do sistema de drenagem ser uma solução paliativa ao problema de impermeabilização, ele também não é efetivo, pois não considera como as pessoas o utilizam, se irão utilizá-lo inadequadamente e também não ajuda as pessoas a não usarem de forma equivocada. Evidenciando o descaso aos interesses e necessidades da população.

3.4 NECESSIDADE DE UM PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL

Um dos maiores desafios atuais é conseguir chegar em um equilíbrio entre o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente (ZANGALLI JR, 2013). Para conseguir resolver esse conflito, a sustentabilidade se torna um conceito indispensável para ser implementada em projetos e ações do dia a dia. A Sustentabilidade é um termo muito amplo e complexo. O Dicionário Aurélio define o termo sustentabilidade como: "Qualidade ou propriedade do que é sustentável, do que é necessário à conservação da vida." (AURÉLIO, 2020). Referindo-se a aspectos relativos a uma sociedade sustentável, tais como: sociais, econômicos, políticos, culturais e ambientais; relacionando-se entre si e gerando um sistema de relações e influências no meio. Sendo necessário considerar todas essas relações, pois não há como debater princípios ambientais, somente pelo conceito ecológico, até porque toda

concepção que cerca a problemática é socialmente construída. Reafirmando que a complexidade do espaço urbano não pode estar desassociada de um planejamento urbano claro, estruturado e abrangente que de forma multissetorial, levando em conta as necessidades das pessoas e do meio ambiente através de aspectos econômicos, sociais, materiais, ecológicos e administrativos (BISPO; LEVINO, 2011).

Para Zangalli Jr. (2013) as discussões acerca do conceito de sustentabilidade ainda vão estar presentes no meio científico e econômico por muito tempo e que está longe de se esgotar o processo de consolidação dos conceitos. No entanto, Brand (1999, p. 638) argumenta que a cidade sustentável, embora seja uma pauta muito vigente no ambiente político e científico, não necessita ser encarada como uma agenda técnica, com requisitos a seguir, mas sim como “um ideal: uma fixação de aspirações sociais e significados espaciais com a capacidade de reorientar o sentido do desenvolvimento urbano e legitimar as ações estatais em nome do bem coletivo”.

À medida que o planejamento das cidades tem como foco o desenvolvimento sustentável e a conservação do ambiente, é possível atender as necessidades da população, garantindo harmonia entre o homem e a natureza (TUCCI, 2008). Para isso, segundo Jacobi (2003, p. 200) é imprescindível o "despertar ecológico" para o equilíbrio da vida nas cidades, sendo necessário fortalecer os padrões ambientais adequados, nas vivências urbanas para estimular a consciência ambiental. A partir do exercício da cidadania e na reformulação de valores éticos e morais, individuais e coletivos. Pois, quanto mais elevarmos, a partir da ótica sustentável, nosso padrão aceitável de desenvolvimento das cidades, mais abrimos oportunidades para novos desenvolvimentos e manifestações, centrados na melhoria de do bem estar coletivo.

No contexto da sociedade atual, as necessidades da população acabaram sendo desenvolvidas sem priorizar aspectos ecológicos e o resultado sustentável ou não destes. Como resultado, o desenvolvimento que deveria ser a solução e sinônimo de evolução para as cidades, acaba tendo efeito contrário e gerando problemas para os espaços. Resultando em mudanças artificiais e perturbações inadequadas ao meio ambiente provocadas pela ação humana. O espaço deveria "funcionar" de forma natural, pois quando utilizamos o espaço de forma que não leve em consideração o que o ambiente precisa, é um erro.

O debate acerca do desenvolvimento sustentável vem ganhando força, pois são notórios os benefícios que o planejamento adequado vem atribuindo a qualidade de vida das pessoas e a

conservação ambiental. Souza e Rodrigues (2004) corroboram ao afirmar que planejar diz respeito a estruturar o futuro das cidades, buscando precauções para evitar problemas a fim de ganhar possíveis benefícios. Sendo necessárias soluções eficientes, ou seja, que promovam a solução definitiva do problema ou chegar o mais próximo disso, levando em consideração todos os aspectos do meio, com os mínimos impactos ambientais e com o mínimo investimento possível. Lidando de forma conjunta com a "justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento, que se sustente econômica e financeiramente".

No entanto, o contexto da sociedade contemporânea e planejamento urbano tendem a isolar as pessoas da natureza e fortalecer o espaço industrial, distinguindo e tornando incorretas as características do ambiente natural (GEHL, 2015). Percebe-se que o vínculo entre as pessoas que valia originalmente o investimento de energia e tempo, bem como o sacrifício de interesses pessoais e imediatos, tem se tornado "cada vez mais frágil e temporário" (BAUMAN, 2007, p. 08). Sendo necessário para Bauman (2009), trazer o foco do design somente para um gênero de ação, mas sim para toda a experiência completa e multifacetada. Desse modo, os projetos que compreendem as cidades devem considerar a tentativa contínua dos cidadão em estruturá-las, organizá-las e identificá-las (LYNCH, 1960; JACOBS, 1961; ITTELSON, 1978).

Para isso uma das alternativas é partir do micro para o macro. Oportunizando situações em que população entenda o problema como um problema coletivo, se questione e busque soluções para os seus desafios cotidianos. Pois cada indivíduo tem o poder mudar, adaptar os problemas, a partir do entendimento dele. Para poder mudar seu estilo de vida, em prol da problemática sustentável, para poder cobrar autoridades políticas, repensar hábitos e assim construir uma nova cultura. Contudo, para conseguir esse engajamento, somente o entendimento não basta é preciso trabalhar com o emocional, com o pertencimento, com o desejo de mudança coletivo da população.

3.5 CONECTAR ESPAÇOS E PESSOAS PARA GERAR CONSCIÊNCIA

(i) a cidade como um modo de estruturar a experiência de cada um, tanto temporalmente como espacialmente – um framing compartilhado de nossa experiência no mundo;

(ii) uma estrutura que converge práticas de temporalidades distintas; um caleidoscópio que projeta atos passados ao presente: em canais de movimento e lugares de atividade

e memórias que conectam atos na atualidade do agora;

(iii) a cidade como coexistência de diferentes “modos temporais e espaciais de ser” e como possibilidade de encontro e reconhecimento do outro, um framing da experiência da alteridade. Em outras palavras, a vida urbana envolve uma ambiguidade fundamental: ela ampara diferentes experiências individuais e as relaciona em modos de experiência em comum, sob forma da vida urbana.

(NETTO, 2013, p. 236)

Cada pessoa tem um conceito social atribuído ao ambiente em que vive, esse conceito é geralmente determinado pela vida em sociedade, pela cultura, história e pelas influências presentes no espaço-tempo. É a partir do entendimento que se tem pelo meio, que as ações sobre o espaço acontecem. As alterações no espaço urbano e a passagem do tempo geram, logicamente, reflexos no espaço físico, mas também modificam o espaço imaginário e a concepção do espaço local. A delimitação do território é constantemente relacionada à dimensão cultural (das ideias), pois todo espaço humano, mesmo o espaço material, é de natureza antropológica (NETTO, 2013). Em outras palavras, a cidade é como uma sobreposição de camadas, que combinam vivências, tempo, seres, projeções, encontros e reconhecimentos do outro. Esse tema é atribuído por Netto (2013) como Urbanidade, sendo um esboço de experiências da alteridade. Para o autor, os traços de práticas anteriores se projetam em cada presente urbano, assim como as práticas sociais se interligam a questão do tempo. Cidade e estrutura, interligando passado, presente e futuro, através das vivências diárias e práticas da população (NETTO, 2013).

A concepção de espaço, não é somente relacionada às demarcações de territórios e configurações espaciais nele existentes, mas também pelo imaginário dos agentes que se relacionam nele. Para Martins, Remesar e Cortez (2005) o espaço urbano é composto por sistemas de espaços públicos como ruas, praças, jardins e parques. Os autores determinam que todas as paisagens urbanas, elementos visíveis e sensíveis no espaço, englobam tal conceito e reforçam que, para obter o entendimento do meio urbano, a participação de seus habitantes é imprescindível, definindo que “o espaço público é composto, ordenado e mantido em função do seu uso e da sua percepção social” (MARTINS, REMESAR e CORTEZ, 2005, p. 22).

Partindo desta lógica, permite-se pensar que as manifestações de formas no espaço, além de serem reflexos da sociedade, também podem ser responsáveis por atribuir construções

sustentáveis na vida das pessoas, através da compreensão e entendimento de um sistema-produto sustentável. Pois os elementos que constituem nossas vivências (memórias), quando projetadas no espaço urbano modificam e temporalizam nossas percepções, complementando nossas experiências presentes continuamente e enriquecendo-as com as experiências pré-estabelecidas. As percepções sociais são conectadas por memórias presentes no espaço, em configurações materiais urbanas nas quais vivemos em nossa sociedade (NETTO, 2013). O que permite propor o incentivo a uma consciência sustentável através dos próprios espaços e objetos urbanos estarem reproduzindo e serem de fato sustentáveis. Pois como seria possível conscientizar e introduzir o desejo por uma sociedade sustentável se o próprio meio não estabelece manifestações com esse conceito?

Se tratando de semiótica do espaço, o que pode ser proposto é a orientação dos efeitos de sentidos, no qual a compreensão do espaço conecte-se com o pensamento para construir e conscientizar sentido de análise (ZANGALLI JR, 2012). Para isso, Brand (1999), defende que a sustentabilidade seja algo que ultrapasse o real e encontre dimensões simbólicas dentro da sociedade que a concebe. Logo, quando se adquire o entendimento subjetivo de sustentabilidade, é possível transportar esse entendimento para ações do dia a dia, tomadas de decisões; elevando o grau de consciência. Às vezes as pessoas visualizam determinados objetos, mas não o compreendem, limitando o conhecimento pleno. Quando passam a ter acesso à informação, a compreender determinado objeto e o conceito por trás, podem elevar seu nível de exigência de qualidade de vida em sociedade. Sabendo qual o papel do objeto é possível identificar a existência de um problema, ter consciência de que o ele existe, e é manifestado em outras situações cotidianas. É através da reprodução de hábitos sustentáveis na sociedade, proporcionada pela constância de manifestações desta natureza, que consegue-se chegar ao ponto da naturalização, do habitual e do cultural sustentável.

Portanto, é necessário que as pessoas entendam o planejamento sustentável e a necessidade de proteção das áreas verdes, pois a infraestrutura sustentável é desenvolvida exatamente para que a utilização do meio aconteça sem riscos à população e para proporcionar serviços ecológicos em benefício das pessoas (HERZOG, 2013). Para estabelecer essa comunicação, é necessário levantar os pontos de relacionamento que as pessoas têm acesso no meio urbano. Por exemplo, ao mesmo tempo em que uma pessoa transita na rua ela está cercada de outros contextos que ressignificam o estar no meio, como seus pensamentos, convicções,

predefinições. Elementos como celular e outras comunicações também estão presentes, o que conecta ao contexto outras informações e indivíduos que podem interferir na forma conecta com meio, mas também pode ajudar a compreendê-lo.

Como solução, Gehl (2013) sugere ter como finalidade conectar o ser humano à natureza, aumentando assim o bem-estar social, pois somos seres "biopsicossociais". Além disso, a população passa a usar esses espaços de maneira coletiva, por ser um ambiente agradável para lazer, descanso, contemplação e passagem. O conceito de infraestrutura verde abrange conectividade, multifuncionalidade e conservação, agregando benefícios e resiliência ao ambiente urbano (GEHL, 2013, com base na Agência Europeia do Meio Ambiente). Pois é no espaço citadino que as possibilidades de estar e de ser se constroem, através de conexões e referências. Talvez a mais forte questão a ser relevada seja a da apropriação coletiva do lugar, o que este lugar pode comunicar para sociedade e o que o "eu cidadão" pode fazer para construir e encontrar o lugar que dele espera, pertence e o necessita (SANTOS, 2016, p. 20).

3.6 PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL COMO TÉCNICA COMPENSATÓRIA

A partir da década de 1970, foi desenvolvido, na Europa e na América do Norte, o conceito de "tecnologias alternativas" ou "compensatórias" de drenagem, cujo objetivo é compensar os impactos e efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, aumentando a qualidade de vida da população e contribuindo para preservação do meio ambiente (ZEFERINO, 2018). Dentre as alternativas de compensação levantadas por pesquisadores e técnicos está a pavimentação permeável, tendo seu uso operacional iniciado a partir da década de 1980, em áreas de estacionamento, vias de pedestres e vias locais de pequeno porte.

Atualmente, os pavimentos permeáveis estão sendo utilizados em meios de circulação urbana, inclusive em vias de tráfego intenso. Resultando na melhoria da segurança e conforto, devido à diminuição do empoçamento de água, melhoria da aderência, redução da aquaplanagem e redução do ruído de circulação (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Os pavimentos permeáveis também possuem como benefício o aproveitamento da área útil do terreno, já que a área pavimentada com esta tecnologia pode ser usada com qualquer finalidade, reduzindo a erosão, devido à proteção do solo exposto. Em áreas de grande densidade urbana, estacionamentos e o sistema viário podem ocupar até 30% de toda a área da

bacia de drenagem (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005) o que representa uma grande oportunidade para a implementação pavimentos permeáveis.

3.6.1 Sobre os Pavimentos Permeáveis

Os Pavimentos permeáveis são dispositivos que possuem a capacidade de infiltração, através de espaços livres na sua estrutura, que acabam facilitando a passagem de água pela sua estrutura, reduzindo, assim, o escoamento superficial, e a erosão do solo. A camada de base granular funciona também como um filtro, reduzindo a poluição da água que infiltra no solo e o aumento da recarga do lençol freático (MARCHIONI; SILVA, 2010). A camada superficial de revestimento permeável atua como um rápido condutor, direcionando o escoamento para o reservatório de pedras subterrâneo (ARAÚJO, 2000). Basicamente o pavimento permeável funciona filtrando e armazenando a água de escoamento superficial diminuindo o risco de alagamentos e inundações (SCHOLZ; GRABOWIECKI, 2007).

Baptista, Nascimento e Barraud, (2005) identificam a pavimentação permeável em três níveis diferentes de atuação no controle do escoamento superficial: 1) pavimentos com a presença de revestimentos superficiais permeáveis que reduzem a velocidade do escoamento superficial e realizam a retenção temporária de pequenos volumes de águas pluviais;

2) pavimentos com estrutura porosa, onde é efetuada a retenção temporária das águas pluviais, provocando o amortecimento de vazões e a alteração no desenvolvimento temporal nos hidrogramas;

3) pavimentos com estrutura porosa e que facilitam a infiltração, ocorrendo a retenção temporária das águas pluviais e também a infiltração de parte delas. Proporcionando o amortecimento de vazões, a alteração temporal nos hidrogramas e a redução dos volumes efetivamente escoados.

Os pavimentos permeáveis são diferenciados segundo Marchioni e Silva (2010) em pavimentos compostos por blocos de concreto vazados ou assentados com espaço entre os blocos para permitir a infiltração da água (intertravados) ou de concreto ou asfalto porosos.

Figura 8 - Revestimentos de pavimento intertravado. [esquerda] Peças de concreto com aberturas para infiltração de água; [centro] com infiltração pelas juntas de assentamento; [direita] com concreto poroso.



Fonte: Marchioni e Silva (2010).

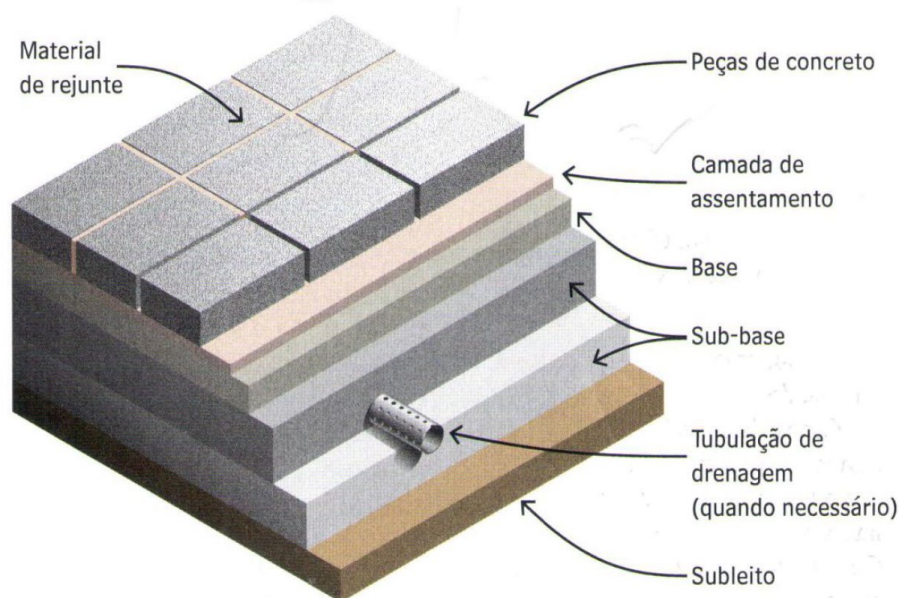
Figura 9 - Pavimento de concreto permeável.



Fonte: Marchioni e Silva (2010).

O revestimento permeável deve permitir a passagem rápida da água, para então ficar armazenada por um período nas camadas de base e sub-base, funcionando como reservatório e filtro. Independentemente de o pavimento ser permeável ou não, precisa suportar as cargas solicitadas, e transmiti-las ao solo em uma magnitude que ele suporte. No caso dos pavimentos permeáveis, a estrutura dos pisos precisa ser projetada para permitir o escoamento da água infiltrada para o solo ou para um sistema de drenagem. (MARCHIONI; SILVA 2011). Sendo a seção tipo para revestimento utilizando peças pré-moldadas de concreto, basicamente, representada a da Figura 10:

Figura 10 - Camadas do pavimento intertravado permeável, sendo essas: revestimento, camada de assentamento, base e sub-base, tubulação de drenagem e subleito.



Fonte: Marchioni e Silva (2010).

Segundo Marchioni e Silva (2010), o controle do escoamento superficial, através da pavimentação permeável, apresenta as seguintes vantagens: redução do escoamento superficial em superfície impermeável; redução dos condutos da drenagem pluvial; redução dos custos do sistema de drenagem pluvial e da lâmina de água de estacionamentos e passeios e redução da poluição da água durante o processo de infiltração.

Em relação às desvantagens, o mesmo autor cita: A recorrente manutenção do sistema para evitar que fique colmatado com o tempo; o maior custo direto da construção (sem considerar o benefício de redução dos condutos) e o risco de contaminação dos aquíferos, quando não aplicado corretamente.

3.6.2 Diretrizes técnicas da pavimentação permeável

Segundo Marchioni e Silva (2011) algumas informações e diretrizes técnicas devem ser levantadas a fim de garantir a viabilidade do desenvolvimento do projeto e da aplicação do pavimento permeável:

1) *Precipitação na região*: Com os dados dos valores de precipitação do local se obtém a precipitação que será utilizada para dimensionar o pavimento permeável. Sendo esses dados

definidos pelo período de 5 a 10 anos para projetos de microdrenagem.

2) *Tráfego no local*: Devem ser conhecidos os dados de tráfego no local de implantação. Esse dado é expresso em solicitações equivalentes ao eixo padrão de 18000 kip (80 kN) e normalmente se adota a vida útil do pavimento de 20 anos.

3) *Capacidade de suporte do solo*: A capacidade de suporte do solo é determinada através da norma brasileira NBR 9895 - Solo: Índice de Suporte Califórnia.

4) *Coefficiente de permeabilidade do solo*: Pode ser determinado através dos métodos de ensaios descritos nas normas brasileiras NBR 13292 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante - Método de ensaio ou NBR 14545 - Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Quanto mais baixo o coeficiente de permeabilidade, menos permeável é o solo. Para utilização de pavimentos permeáveis em solos muito pouco permeáveis pode ser necessário a utilização de tubos de drenagem. Dessa forma evita-se que a água permaneça muito tempo na estrutura do pavimento podendo ocasionar perda de suporte. Esse levantamento juntamente com o *Capacidade de suporte do solo* serve para dimensionar a camada de base do pavimento permeável. Na Tabela 2 estão descritos alguns valores típicos de coeficiente de permeabilidade de solos.

Tabela 2 - Valores típicos de coeficiente de permeabilidade.

Argilas	< 10 ⁻⁹ m/s	Areias finas	10 ⁻⁵ m/s
Siltes	10 ⁻⁶ a 10 ⁻⁹ m/s	Areias médias	10 ⁻⁴ m/s
Areias argilosas	10 ⁻⁷ m/s	Areias grossas	10 ⁻³ m/s

Fonte: Elaborado pela autora com base em Pinto (2002).

5) *Norma*: As peças de concreto para pavimentação devem atender os requisitos da NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação, sendo de concreto convencional ou de concreto poroso. No caso das peças porosas, além da resistência à compressão também é necessário verificar o coeficiente de permeabilidade do material. Para estimar este coeficiente, pode ser utilizado um parâmetro de carga variável conforme o ensaio com o corpo de prova completamente saturado.

Também são definidas pelo mesmo autor as seguintes recomendações para a aplicação de pavimentos permeáveis: 1) as áreas de contribuição (área drenada) não podem exceder em cinco vezes a área do pavimento e recomenda-se, no mínimo, 30 m de distância entre córregos, reservatórios de água e pântanos; 2) recomenda-se uma declividade do pavimento de no mínimo 1% e no máximo de 5%, caso contrário a velocidade do escoamento superficial reduz a sua infiltração. Nas áreas no entorno do pavimento devem ser evitadas declividades superiores a 20%. A camada de assentamento deve possuir espessura de 50 mm, e tem como principal função fornecer uma superfície uniforme e nivelada para o assentamento das peças de concreto pré-moldadas. A base e sub-base devem ser dimensionadas de acordo com o projeto e as condições que submetidas o pavimento, assim como deve ser verificado a necessidade da tubulação de drenagem (MARCHIONI; SILVA, 2010).

4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Com a definição da problemática do projeto pode-se relacionar três fatores principais a serem analisados na etapa de pesquisa: o *contexto*, manifestado pela morfologia urbana e fatores naturais; o *público*, através das suas atividades, ações e seu comportamento coletivo; e o *objeto*, relacionado às manifestações físicas-funcionais de produtos de design.

5 PESQUISA

A etapa de pesquisa consiste nas análises dos três pilares de projeto: *contexto*, *público* e *objeto*. Juntamente, com a identificação, priorização das necessidades e interpretação dos requisitos do público e do projeto.

5.1 ANÁLISE DO CONTEXTO

Esta etapa compreende a contextualização do ambiente de estudo, prevendo: um breve histórico sobre o desenvolvimento urbano, análise de vestígios e o levantamento das diretrizes técnicas específicas da região para aplicabilidade do sistema-produto.

5.1.1 Sobre Porto Alegre

"É dentro das cidades, em suas menores unidades, que se compreendem as necessidades de estar, na forma de bairros. Portanto, é nos bairros que as comunidades ganham as suas principais características, das pessoas que se organizam culturalmente."

(SANTOS, 2016)

Para obter uma ótica mais direcionada para o problema, fez-se necessário analisar o contexto mais próximo, sendo este o bairro Centro Histórico de Porto Alegre. A cidade, capital do estado do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 1.488.252 habitantes (IBGE, 2020) está situada em uma posição geográfica com morro e áreas planas, cercada pelo Rio Gravataí, Lago Guaíba e, ao sul, pela Lagoa dos Patos.

Figura 11 - Vista de aérea de Porto Alegre com suas bacias hídricas.



Fonte: André Silvestri (2012).

O Brasil, devido a sua posição geográfica e aspecto climático, além da grande extensão territorial, possui uma extensa e rica rede hidrográfica (GORSKI, 2019). Essa característica se repete em Porto Alegre, onde suas bacias hídricas podem representar um fator de grande importância turística e de vitalidade urbana, ainda que se leve em conta os estados de poluição das águas. Vale ressaltar, que os moradores da cidade possuem uma relação muito próxima com as áreas públicas da cidade, em especial pontos relacionados a manifestações espaciais hídricas (naturais e artificiais), sendo muito comum a utilização dos espaços públicos como a orla, largos e praças. Aos finais de semana os pontos urbanos de interação coletiva têm grande adesão de público, atraindo também os moradores de cidades vizinhas.

Figura 12 - Espaços públicos de interação da população em Porto Alegre – Orla do Guaíba.



Fonte: Jaime Lerner Arquitetura (2018).

Figura 13 - Espaços públicos de interação da população em Porto Alegre – Parque Farroupilha.



Fonte: SESC RS (2021).

Figura 14 - Espaços públicos de interação da população em Porto Alegre – Ponte de Pedra.



Fonte: Joel Vargas/PMPA (2019).

Segundo o departamento de drenagem urbana da prefeitura de Porto Alegre a posição geográfica da cidade é uma aliada às enchentes e alagamentos. Que são frequentes na rotina urbana da cidade. Desde a grande cheia que ocorreu em 1941 a cidade passou por um grande projeto do DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento), que resultou no projeto de macrodrenagem da cidade (PORTO ALEGRE, 2020). Assim como outras cidades em desenvolvimento no Brasil, Porto Alegre possui uma crescente de urbanização caracterizada pela impermeabilização dos espaços. Áreas onde anteriormente eram rurais estão se modificando para áreas residenciais. Aumentando conseqüentemente as áreas de impermeabilização e o escoamento pluvial, o que compromete o sistema de drenagem utilizado na cidade.

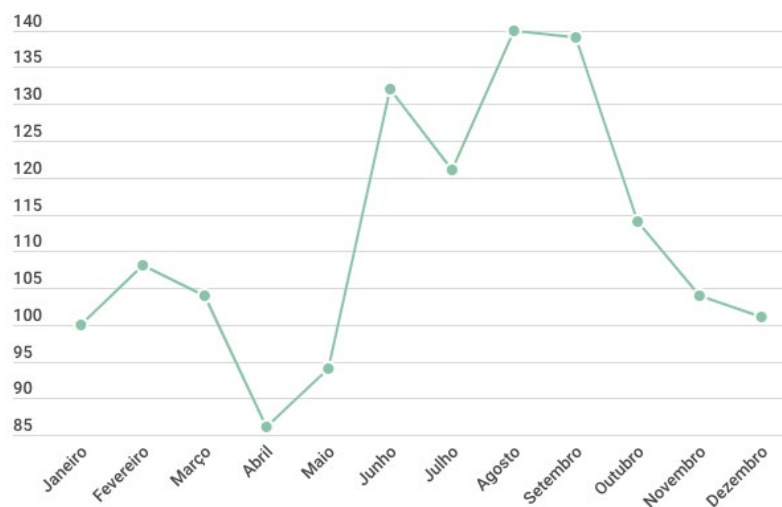
As políticas públicas para o desenvolvimento de cidades sustentáveis vêm crescendo de forma gradativa e lenta. Podendo observar-se iniciativas dispersas em algumas das principais cidades brasileiras. Embora o uso de medidas de controle de fluxo de escoamento em Porto Alegre tenha reduzido significativamente o custo de implementação da maioria dos sistemas de drenagem municipais, os empreendedores locais ainda não aderiram totalmente à ideia de manutenção do sistema, pois caracterizam um custo adicional. Quando se estuda os planos diretores das cidades é possível ver que as obrigatoriedades ainda estão muito abaixo do que pode ser feito, para melhorar a qualidade de vida urbana. Verifica-se a necessidade de uma

visão mais abrangente, partindo de um ponto de vista sustentável da drenagem urbana, considerando aspectos relacionados à integração dos os setores envolvidos no estágio de planejamento do meio urbano (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007).

5.1.2 Levantamento de dados técnicos para a aplicação da pavimentação permeável no bairro Centro Histórico

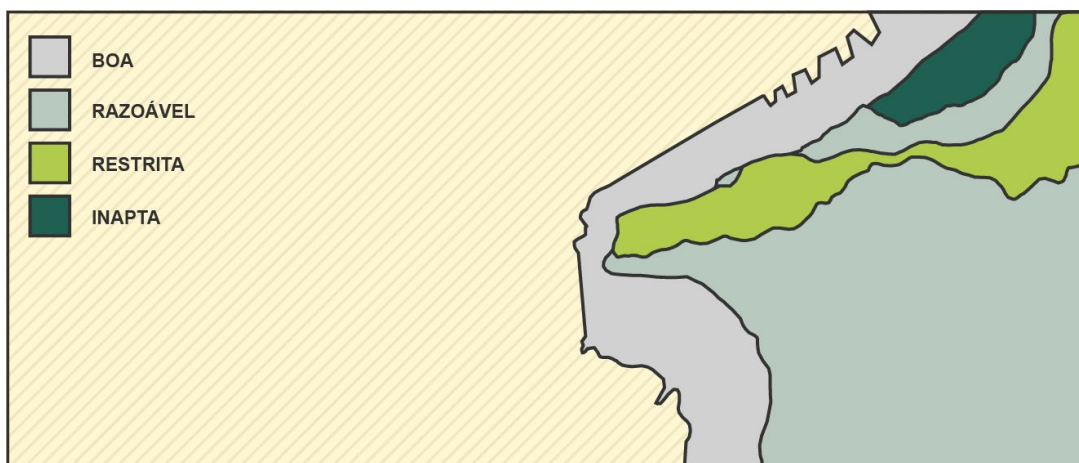
Utilizando-se das diretrizes definidas essenciais por Marchioni e Silva (2011), para a aplicação da pavimentação permeável é possível realizar o levantamento de informações como *Precipitação na região, Topografia do Terreno e Capacidade de suporte do solo* nas figuras 15, 16 e 17 referentes fatores morfoclimáticos do bairro Centro histórico.

Figura 15 - Média mensal histórica de Precipitação Pluviométrica de Porto Alegre entre 1961 e 1990.



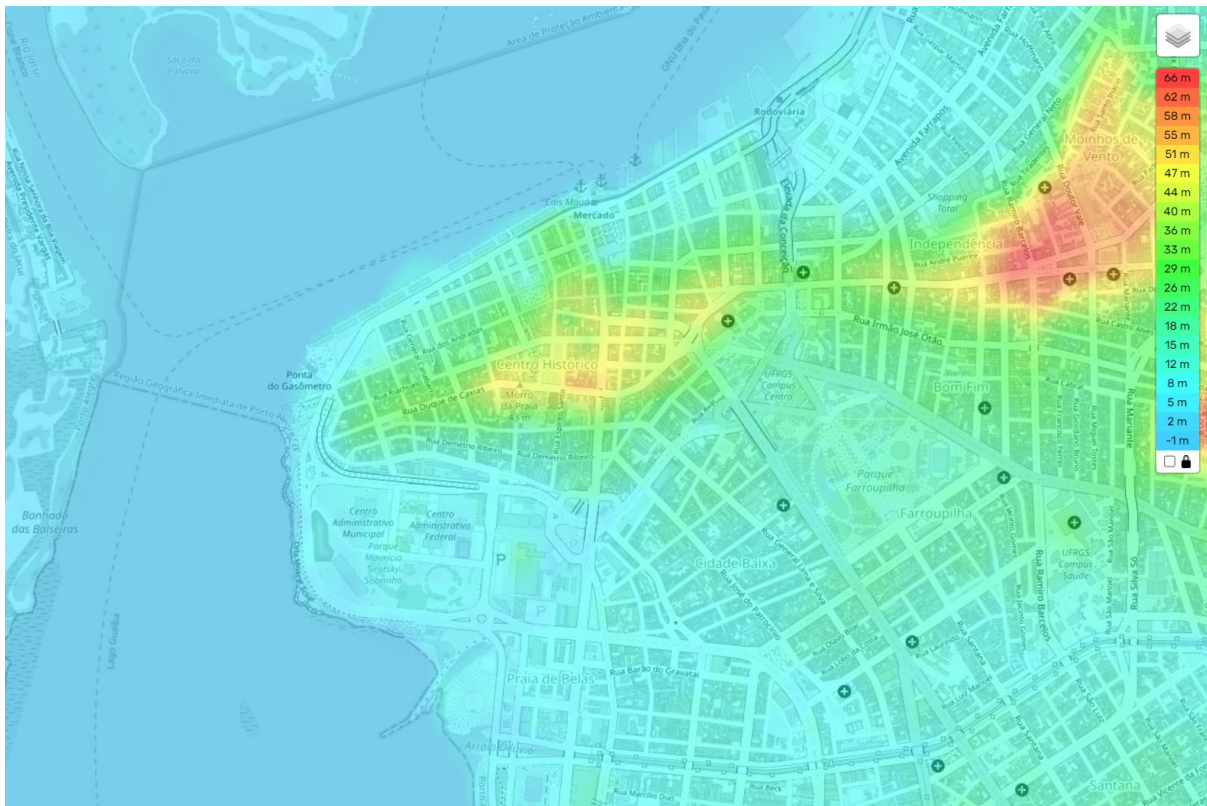
Fonte: Centro Integrado de Comando (2020).

Figura 16 - Mapa de aptidão do solo para aterro e pavimentação.



Fonte: Atlas Digital UFRGS (2020), adaptado pela Autora (2023).

Figura 17 – Representação planialtimétrica da região do bairro Centro Histórico de Porto Alegre.



Fonte: Topographic-map.com (2023).

Permitindo concluir que a região do bairro Centro Histórico em Porto Alegre, possui áreas aptas para a aplicação da pavimentação permeável, excluindo as regiões de aterro e declividades acentuadas superiores a 10%. As informações com o volume pluviométrico serão necessárias para a realização de teste de eficiência do pavimento projetado na segunda etapa do projeto.

5.1.3 Análise de vestígios

Nesta etapa, serão utilizados os métodos de *vestígio* fotografado e descrito (GEHL; SVARRE, 2018) de modo a registrar os pontos de possível interesse para o projeto. Sendo através dos vestígios do bairro Centro Histórico, identificando as necessidades de uso da população e do projeto.

Tabela 3 - Análise de vestígios centro histórico de Porto Alegre.

Registro fotográfico	Diagnóstico	Definição de necessidades
	<p>Desgaste da grama, devido ao grande fluxo de transeuntes.</p>	<p>Inserir um pavimento permeável híbrido que fosse adequado para o grande fluxo e para o crescimento de grama. Pois teria menos desgaste do que a grama e ainda permitiria a permeabilidade.</p>
	<p>Pintura posterior a aplicação do pavimento com a motivação de sinalização para saída de garagem.</p>	<p>Desenvolver um pavimento que já tivesse como tipologia a função de sinalizar a saída do estacionamento e permitisse a permeabilidade da água.</p>
	<p>Fita antiderrapante aplicada em zona de declive acentuado.</p>	<p>Atribuir ao projeto a necessidade de produzir um sistema-produto que possuísse a funcionalidade de ter maior aderência em zonas de declive e também não ser escorregadio.</p>
	<p>Pavimentos utilizado na área histórica do bairro com a manutenção incorreta.</p>	<p>Desenvolver um produto que possua fácil manutenção e que não possibilite a manutenção incorreta.</p>
	<p>Pavimento com módulos, formas diversas e desenhos.</p>	<p>Apreço estético e formal para compor os elementos identitários da via urbana.</p>



Utilização de outros materiais e produtos para compor os elementos da via.	Propor uma tipologia de produtos que componham os elementos da via urbana, sem que precise do complemento de outros materiais.
--	--

Fonte: Autora (2023).

Ao analisar os elementos presentes na via urbana do Centro Histórico de Porto Alegre é possível notar que os pavimentos aplicados, além de serem não permeáveis em sua grande maioria, também não abrangem todas as necessidades básicas da população em termos de usabilidade. Isso é percebido, por exemplo, na utilização de materiais e recursos técnicos informas para que exerçam funções que um projeto cuidadoso de pavimentação poderia resolver. Percebe-se, portanto, uma oportunidade de atribuir ao sistema-produto uma possível resolução a tais necessidades identificadas.

5.2 ANÁLISE DO PÚBLICO

Esta etapa diz respeito a estudos sobre o público-alvo do projeto, compreendendo: a caracterização das atividades que ocorrem no bairro Centro Histórico de Porto Alegre e a compreensão das ações realizadas pelo público no meio urbano, que norteiam a identificação das necessidades e contribuem para a definição dos requisitos de projeto.

5.2.1 Sobre o público

Tratar sobre o público que transita pelo bairro Centro Histórico é como compreender traços do público de toda a cidade, sendo um espaço plural agregando espaços de comércio, lazer, cultura e residencial. Além do público pertencente à cidade também agrega a população advinda das regiões metropolitanas. Trata-se de um espaço contínuo, de grande fluxo e permanência. Mesmo se tratando de um público abrangente e bastante diverso é possível analisar e definir as necessidades deste público a partir das ações deste público no espaço (GEHL, 2015). Definindo os agentes deste meio como *público*, pois se refere a pessoas que realizam a atividades comuns e coletivas de esfera pública. Sendo esses agentes os usuários do projeto.

5.2.2 Identificação das atividades realizadas pelo público no espaço

A identificação das atividades realizadas pelo público que experiencia a cidade, em específico o bairro Centro Histórico em Porto Alegre, se dá pelo método proposto por Gehl e Svarre (2018) e adaptado pela autora que cruza as ações e formas de movimento do público no espaço – caminhar, ficar de pé e sentar – com sua motivação, atividades necessárias e opcionais; e proposto pela autora acrescentar ações realizadas com veículos e com dispositivos celulares, que são bastante utilizados no contexto atual. Sendo as *atividades necessárias* caracterizadas por atividades de rotina como ir ao trabalho e compromissos sociais; e as *atividades opcionais* por aquelas atividades voltadas ao lazer, prazer e contemplação. Vale ressaltar que Gehl (2013) define um ambiente com pouca qualidade quando se apresentam mais *atividades necessárias* comparadas às *atividades opcionais*. Quando as manifestações das atividades se cruzam de forma adequada, ocorre o que Gehl (2013) denomina *atividades sociais* de troca e experiência entre os indivíduos, tornando as interações com o ambiente de forma equilibrada e com qualidade. O processo de análise se deu pela vivência diária da autora pelo espaço centrais, sendo o bairro sua região de residência, trabalho e lazer.

Tabela 4 - Caracterização das atividades do público identificadas na região central de Porto Alegre.

	Opcionais	Necessárias
Caminhar	Admirar a paisagem, conversar, descobrir lugares, encontrar pessoas, observar, passear.	Caminhar com bengalas/cadeira de rodas/bengala para cegos, caminhar e brincar com pet, chegar em casa, coletar lixo, encontrar pessoas, encontrar lugares, entrar em espaços, fazer compras, fazer entregas, pedir ajuda, pedir esmola, se abrigar, trabalhar, vender.
Correr	Admirar a paisagem, alongar, exercitar, passear.	Acelerar para ganhar tempo, entrar em espaços, se proteger, treinar.
Ficar de Pé	Admirar a paisagem, conversar, passar o tempo, observar, fumar.	Atender pessoas, dialogar, esperar, estar à disposição fiscalizar, realizar performances artísticas, parar, realizar segurança, trabalhar, vender.

Sentar	Conversar, estar em bares, fumar, fazer churrasco, jogar, ler, observar.	Comer, descansar, parar, trabalhar, desempenhar alguma função que só é possível sentado.
Com Veículos (carros, bicicletas, patins, patinete, entre outros)	Passear, praticar esportes, passar o tempo.	Abastecer, dirigir, fazer entregas, fazer rondas, trabalhar, guardar veículos, se deslocar, realizar manutenção do veículo.
Com Dispositivos Celulares	Interagir em redes sociais, conversar com amigos, registrar momentos e espaços, ouvir música, obter informações, jogar, ler, assistir vídeos.	Carregar o celular, trabalhar, interagir com contatos de trabalho, localizar-se, conferir informações técnicas, realizar compras, trabalhar.

Fonte: Autora (2023).

Percebe-se que, inicialmente as atividades necessárias se apresentam em maior número – caracterizadas, principalmente, por ações de trabalho, comércio e deslocamentos –, com exceção da ação com *Dispositivos Celulares* que possuem atribuições compatíveis entre as ações opcionais e necessárias. Os *Dispositivos Celulares* ampliam os formatos de ações, gerando relações de ações mais distintas, porém complementares com as outras ações.

5.3 ANÁLISE DO OBJETO

Esta etapa compreende os estudos específicos sobre o objeto de design proposto, sistema-produto de pavimentação urbana, sendo apresentados no meio de maneira permeável ou não.

5.4.4 Análise de Similares

O presente item propõe uma revisão de produtos similares de mercado, sendo dois deles com perfil comercial e outro referente a um projeto urbanístico conceitual. Dentro do escopo do projeto: *pavimentação permeável*, serão analisados três produtos com intuito de contribuir com informações para o desenvolvimento do projeto. As análises irão levantar aspectos como: estrutura e materialidade; conceito, funcionalidade e estética.

Tabela 5 - Análise de Similares de Pavimentação Permeável – TURFSTONE.

TURFSTONE™



Fabricante	Belgard
Descrição	Pavimento de concreto intertravado permeável (PICP) no formato de grid hexagonal.
Dimensões	40 x 60 x 8 cm
Materialidade	Estrutura modular em concreto vazado. Os agregados de base e sub-base possuem aproximadamente 32% e 40% de espaço aberto, respectivamente, proporcionando armazenamento temporário de água.
Funcionalidade	Estrutura simples e modular, que possibilita a permeabilidade através do formato do produto (vazado), permitindo que a vegetação cresça entre ele. Pode ser utilizado em estacionamentos, pátios e calçadas.
Manutenção	Fácil manutenção e aplicação
Conceito	Pavimento simples, com formas geométricas que deixam a composição clássica e agradável.

Fonte: Autora (2023).

Tabela 6 - Análise de Similares de Pavimentação Permeável - Linha piso drenante TECPAVI.

Linha piso drenante TECPAVI



(1)

(2)

(3)

(4)

Fabricante	Tecpavi
Descrição	Linha de pavimentos porosos pré-moldados, com módulos diversos.
Dimensões	(1) 25x25x6 cm - Peso por m² : 140/180 kg (2) 20x10x6 cm - Peso por m² : 140/180 kg (3) 40x40x6 cm - Peso por m² : 145/ 225 kg (4) 11x22x6 cm - Peso por m² : 140/180 kg
Materialidade	Estrutura pré-moldada moldada em concreto poroso com formas diversas.
Funcionalidade	Para pavimentação de ruas e pátios de empresas, podendo ser aplicado com areia ou pó de pedra. Possui alta aderência e alta resistência ao atrito e um melhor conforto térmico, ajudando a combater inundações e enchentes, permitindo a micro-drenagem das águas pluviais.
Manutenção	Fácil manutenção e aplicação
Conceito	Formas geométricas padrões para facilitar a fabricação e conseguir melhor preço final.

Fonte: Autora (2023).

Tabela 7 - Análise de Similares de Pavimentação Permeável - Projeto HIGHLINE.

Projeto HIGH LINE



Projeto	Piet Oudolf, James Corner, Charles Renfro
Descrição	Projeto urbanístico voltado para a valorização do meio sem descaracterizar a identidade do espaço urbano, resolvido de forma sustentável e gerando engajamento da população.
Dimensões	Variadas
Materialidade	Placas lineares de concreto com sistema de drenagem.
Funcionalidade	A forma propicia a função de permeabilidade e valorização da vegetação nativa.
Manutenção	Difícil manutenção e complexa aplicação.
Conceito	Agregar a identidade do meio para proporcionar valorização do espaço de forma sustentável.

Fonte: Autora (2023).

Ao pesquisar as alternativas similares de pavimentação permeável no mercado foi possível perceber os avanços referentes à tecnologia dos materiais e investimento para novas alternativas. Porém no que se refere aos aspectos estéticos e conceituais, no contexto do Brasil, ainda não se tem muita variedade. Limitando à ocorrência de formas geométricas básicas, sem influência de conceitos de design.

Como critério de comparação, faz-se necessário realizar uma análise cruzada dos similares de pavimentação permeável (Tabela 8) Desta forma os modelos são cruzados com seus aspectos e pontuados de 0 a 5, sendo 0 uma correspondência fraca e 5, uma forte.

Tabela 8 - Análise cruzada de similares de pavimentação permeável.

	Turfstone	TecPavi	High Line
Dimensão	4	5	3
Materialidade	5	4	4
Funcionalidade	5	5	5
Manutenção	5	5	2
Conceito	2	1	5
TOTAL	21	20	19

Fonte: Autora (2023).

5.4 DEFINIÇÃO DA PESQUISA

5.4.1 Necessidade e Requisitos do público

A partir das análises de *contexto*, *público* e *objeto* é possível identificar as necessidades do público para que elas sejam convertidas nos requisitos de projeto. Segundo Back et al. (2008), as necessidades do usuário são palavras ou frases que expressam o que o público precisa ao usar o produto. Para entendimento geral dos envolvidos no projeto, autor defende o uso de uma linguagem simplificada. O quadro abaixo apresenta as necessidades identificadas, sendo traduzidas em requisitos do público e categorizadas em atributos do projeto.

Tabela 9 - Atributos dos projetos.

IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES	FONTE	REQUISITOS DO PÚBLICO	ATRIBUTOS
Ocupação urbana de forma equilibrada	Bibliografia	Planejamento adequado das cidades.	Sustentabilidade/ Bem-estar

Conseguir locomover-se com mais facilidade na cidade	Bibliografia Observação	Facilitação da mobilidade urbana/ Não gerar obstáculos	Acessibilidade
Menos impacto no microclima das cidades	Bibliografia	Gerar alternativas sustentáveis	Ecologia
Desenvolvimento de projeto sustentáveis	Bibliografia	Motivar interesse por projetos sustentáveis	Engajamento
Possuir mais informações sobre sustentabilidade	Bibliografia Observação	Facilitar a comunicação	Comunicação/ Entendimento
Consciência das ações do cotidiano	Bibliografia	Proporcionar acesso à informação	Entendimento/ Acessibilidade
Calçadas com a manutenção em dia	Observação	Facilitar ou não necessitar de manutenção	Segurança/ Estética
Conseguir transitar na cidade até mesmo em dias de chuva	Observação	Facilitar a adaptação em situações imprevisíveis	Resiliência
Possuir mais espaços de uso coletivo	Bibliografia Observação	Proporcionar interação	Comunicação / Coletividade
Sentir-se pertencendo ao espaço	Bibliografia Observação	Gerar Pertencimento	Engajamento / Segurança
Clima ameno	Bibliografia Observação	Diminuir o impacto no microclima	Ecologia
Ter mais áreas com vegetação nas cidades	Bibliografia Observação	Possibilitar mais contato com a natureza	Ecologia/ Experiência
Possuir mais parques na cidade	Bibliografia Observação	Proporcionar mais meios de contemplação	Bem-estar/ Experiência
Menos acúmulo de resíduos sólidos nos sistemas de drenagem	Bibliografia Observação	Conscientizar sobre o descarte adequado de resíduos	Entendimento/ Engajamento

Menos acúmulo de água nas calçadas	Bibliografia Observação	Redução do escoamento superficial	Sustentabilidade/ Resiliência
Mais soluções integradas com outras áreas	Bibliografia	Proporcionar soluções efetivas	Sustentabilidade Versatilidade
Precariedade e deterioração dos espaços	Bibliografia Observação	Facilitar a manutenção	Resiliência
Espaço visualmente mais agradável	Observação	Gerar coesão estética	Estética/ Experiência
Ter espaço para guardar veículo e/ou bicicletas	Bibliografia Observação	Possibilitar a versatilidade de usos	Versatilidade Segurança
Melhor utilização dos recursos	Bibliografia	Gerar entendimento do meio	Sustentabilidade Custo
Conseguir localizar-se na cidade	Bibliografia Observação	Gerar coesão estética	Acessibilidade
Gerar interações virtuais	Bibliografia Observação	Conectar interações	Experiência / Comunicação
Possibilita o acesso a todos	Bibliografia Observação	Ser inclusivo	Acessibilidade
Não ser custoso	Bibliografia Observação	Possuir baixo custo	Custo Acessibilidade

Fonte: Autora (2023).

5.4.2 Requisitos do Projeto

A partir da definição dos requisitos do público, é possível realizar a conversão para os requisitos do projeto referentes ao desenvolvimento do sistema-produto sustentável. Essa etapa é como Back et al. (2008) define como: a tradução para requisitos referentes a engenharia do produto. A tabela a seguir, utiliza a categorização dos atributos para definir os requisitos de projeto.

Tabela 10 - Conversão dos atributos em requisitos de projeto.

SISTEMA-PRODUTO DE PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL	
ATRIBUTOS	REQUISITOS DE PROJETO
Acessibilidade	Constituir elementos que não gerem obstáculos Possuir linguagem uso universal Possuir elementos de acessibilidade Facilitar a penetração da água no solo
Autonomia	Possibilitar a auto-funcionamento do sistema produto Gerar alternativas que o sistema-produto funcione sem necessitar de outros recursos
Bem-estar	Agregar elementos que promovam bem-estar para o público alvo Ser agradável e confortável
Coletividade	Gerar interações de uso coletivo
Comunicação	Manifestar clareza nas informações Facilitar a comunicação entre as pessoas Integrar formas de comunicação
Custo	Possuir baixo custo ou custo competitivo com as demais alternativas do mercado
Ecologia	Viabilizar alternativas mais próximas do natural Gerar menos impactos ao solo e meio natural Gerar menos resíduo e poluição Valorização da cobertura vegetal e do meio natural Utilizar recursos e materiais que agridam menos o meio ambiente Buscar novas alternativas que auxiliem no desenvolvimento ecológico do projeto
Engajamento	Proporcionar sentimento de apreço pelo sistema-produto Possibilitar interação do público com o sistema produto
Entendimento	Viabilizar a compreensão sobre o funcionamento sistema-produto Viabilizar a compreensão do significado o sistema-produto Facilitar as diretrizes técnicas para fabricação, produção e aplicação do sistema produto
Estética	Possuir estética agradável ao público Conectar o público com novas manifestações estéticas

Experiência	Somar níveis de estímulos simbólico-sensíveis ao sistema-produto
Resiliência	Possuir fácil adaptação a qualquer adversidade do meio Prever a resiliência natural Contribuir para o desenvolvimento mútuo entre os contextos naturais e o urbanos
Segurança	Não gerar risco para o público Coerência nas diretrizes do projeto Fornecer estabilidade
Sustentabilidade	Resolver de forma equilibrada todos os fatores que envolvem o sistema produto
Versatilidade	Possibilitar outras funções e usos do sistema-produto Ampliar as relações com o público

Fonte: Autora (2023).

5.4.3 Priorização dos requisitos

A priorização dos requisitos do projeto foi realizada através da ferramenta de matriz de *Desdobramento da Função Qualidade* (QFD), indicada por Back et al. (2008). A matriz QFD tem como objetivo converter os requisitos do projeto em especificações técnicas, relacionando os requisitos do público e de projeto. As tabelas QFD completas podem ser encontradas no Anexo 2. O quadro a seguir apresenta o resultado ordenado da matriz QFD.

Tabela 11 - Sistema Produto de Pavimentação Permeável.

PONTUAÇÃO	ORDEM	REQUISITO DE PROJETO
302	1º	Resolver de forma equilibrada todos os fatores que envolvem o sistema produto
296	2º	Viabilizar a compreensão do significado o sistema-produto
294	3º	Facilitar o acesso de água no solo
289	4º	Gerar menos resíduo e poluição
278	5º	Não gerar risco para o público
271	6º	Viabilizar a compreensão sobre o funcionamento sistema-produto
271	7º	Possuir fácil adaptação às adversidades do meio

270	8°	Gerar interações de uso coletivo
270	9°	Utilizar recursos e materiais que agridam menos o meio ambiente
268	10°	Viabilizar alternativas mais próximas do natural
266	11°	Manifestar clareza nas informações
266	12°	Proporcionar sentimento de apreço pelo sistema-produto
264	13°	Conectar o público com novas manifestações estéticas
262	14°	Possuir estética agradável ao público
260	15°	Possibilitar interação do público com o sistema produto
255	16°	Agregar fatores fenomenológicos ao sistema produtor
254	17°	Valorização da cobertura vegetal e do meio natural
246	18°	Facilitar as diretrizes técnicas para fabricação, produção e aplicação do sistema produto
241	19°	Gerar alternativas que o sistema-produto funcione sem necessitar de outros recursos
240	20°	Facilitar a comunicação entre as pessoas
240	21°	Facilitar o desenvolvimento mútuo entre natural e o urbano
240	22°	Integrar formas de comunicação
234	23°	Constituir elementos que não gerem obstáculos
234	24°	Coerência nas diretrizes do projeto
225	25°	Possibilitar a auto-funcionamento do sistema produto
225	26°	Prever a resiliência da vegetação natural
224	27°	Gerar menos impactos ao solo e meio natural
222	28°	Ampliar as relações com o público
220	29°	Fornecer estabilidade

189	30°	Ser agradável e confortável
188	31°	Possuir elementos que sejam de uso universal
187	32°	Agregar elementos que promovam bem-estar para o público alvo
182	33°	Integrar formas de comunicação
178	34°	Possibilitar outras funções e usos do sistema-produto
175	35°	Ser inclusivo com diversidade do público

Fonte: Autora (2023).

6 CONCEITO

Para o desenvolvimento do Sistema Produto de Facilitação da Permeabilidade em Meios Urbanos faz-se necessário, segundo a metodologia de Back (2008), a etapa de geração do CONCEITO. Essa etapa do projeto compreende o desenvolvimento da *linguagem e expressão* do projeto, na qual é possível definir o estilo dos produtos, suas orientações e visualizações conceituais. Para tal, utiliza-se ferramentas como o Mapa Mental e os Painéis Semânticos de Baxter (2011), além de aspectos do Metaprojeto Dijon de Moraes (2010), com intuito de obter a definição e organização desses conceitos. Ao final da etapa de CONCEITO é possível definir os eixos expressivos do produto que nortearão a criação e o desenvolvimento de alternativas que melhor atendam aos requisitos apontados na etapa de pesquisa.

6.1 LINGUAGEM E EXPRESSÃO

Em Back (2008) é defendido que para o processo de criação e geração de alternativas de um projeto produto faz-se necessário direcionar atributos de estilo e expressão. Para o autor ao defini-los é necessário o cruzamento de dados das informações coletadas na etapa de análise de dados com *insights* que conduzem a linguagem visual do projeto. Utilizando-se assim de ferramentas como mapas mentais, painéis semânticos, criação de personas, para a organização visual das definições teóricas projetuais.

O presente projeto diz respeito à criação de um sistema-produto que facilite a absorção de água no meio urbano. De acordo com as análises exercidas no TCC I, entende-se que o projeto atua com grande relevância social, sustentável e tem como papel fundamental o diálogo com o meio e com as formas de interações sociais exercidas pelos transeuntes. A pesquisa também sugere o papel indispensável de trazer proximidade e conscientização da população acerca do produto a ser elaborado.

Deste modo, para obter os resultados esperados, o processo de definição de linguagem e expressão do projeto fará uso de duas ferramentas de desenvolvimento para as alternativas apresentadas pelos autores Bürdek (2010) e Baxter (2011). A primeira Mapa Mental, na qual serão levantadas possíveis traduções conceituais para as interpretações teóricas das atividades anteriores; e a segunda Painéis Semânticos, na qual essas traduções conceituais serão interpretadas em painéis visuais.

6.1.2 Mapa mental

Ao utilizar-se da ferramenta de mapa mental é possível atribuir traduções conceituais da etapa de pesquisa, com o objetivo de definir orientação para a etapa de criação. Trata-se de uma atividade empírica que tem como objetivo organizar o processo cognitivo do projetista de modo a auxiliá-lo na construção de uma rede de componentes relacionados ao seu problema de projeto (BÜRDEK, 2010).

A partir do conceito de via pública é possível atribuir mais conceitos e palavras chave na

Como objetivo final dessa atividade constrói-se conexões a partir de atributos iniciais que sejam considerados fundamentais para compreender a identidade da Via Pública.. Tais atributos são derivados em conceitos de maneira expressa, buscando insights que favorecem o processo do projeto, trazendo referências culturais, históricas e visuais. O Resultado do mapa mental encontra-se na Figura 18 abaixo.

Figura 18 - Mapa mental e definição de conceitos-chave.



Fonte: Autora (2023).

A partir do mapa mental foi possível evidenciar palavras que constituem narrativas sobre o conceito de via pública, sobre a utilização dos seus espaços e que atribuem conceitos para o desenvolvimento do projeto. Os círculos em verde na figura acima foram considerados atribuições conceituais relevantes para o projeto. Com esses conceitos possíveis justificar e

questionar no desenvolvimento do projeto:

Pertencimento: Quais formas, elementos e diretrizes de projeto podem ser explorados para transmitir o conceito de pertencimento do espaço para com o sistema-produto?

Segurança: Como tornar o projeto seguro e que também transmita a sensação de segurança para os transeuntes?

Sustentabilidade: Como tornar o projeto cada vez mais sustentável utilizando os aspectos econômicos, políticos, sociais, culturais e ambientais da sociedade?

Harmonia: como transmitir a sensação de harmonia, conceito presente no imaginário gaúcho, na formalização do produto?

Movimento: Sendo a finalidade da pavimentação facilitar o deslocamento tanto das pessoas, como da água como o conceito de movimento pode ser explorado no desenvolvimento do projeto?

Coletivo: A Via pública é coletiva, como reforçar o senso coletivo na geração final do projeto?

Modularidade: Como juntar todos os pilares intrínsecos na sociedade e na sustentabilidade e unir no produto? como modularizar e produzir as unidades de produto para a pavimentação de uma grande extensão?

Gerando assim palavras conceitos e atributos que possibilitarão visualizações formais na próxima etapa de criação de painéis semânticos.

6.1.3 Painéis Semânticos

Para construir uma linguagem que possibilite o desenvolvimento do processo criativo de um produto, Baxter (2011) constrói um exercício da produção de painéis visuais com a construção em três etapas para a definição das orientações conceituais do projeto. As etapas são: [1] Estilo de Vida - neste painel é possível construir as principais definições das inspirações e expressões dos usuários do projeto e do seu contexto no meio. Por se tratar de um público bastante diversificado (caminhantes do centro de porto alegre), o painel tem o intuito de definir as visualizações do público e sua interação com o meio; [2] Expressão do produto - o intuito

desse painel é encontrar linguagens visuais que estabeleçam o melhor entendimento das expressões do produto no projeto. Para Baxter (2011) este painel deve ser a síntese da primeira etapa para a visualização do produto final, sendo incorporado como referência para o desenvolvimento final; [3] Tema Visual - neste último painel, faz-se necessário compor com elementos visuais que trazem referências de similares de produto, atribuindo formas e cores que compreendam as expressões definidas anteriormente.

Como resultado final dessa etapa, produziu-se três painéis semânticos como arte das definições dos conceitos e das expressões apontadas no mapa mental. O resultado desta atividade pode ser analisado a seguir.

Figura 19 - Painel Estilo de Vida.

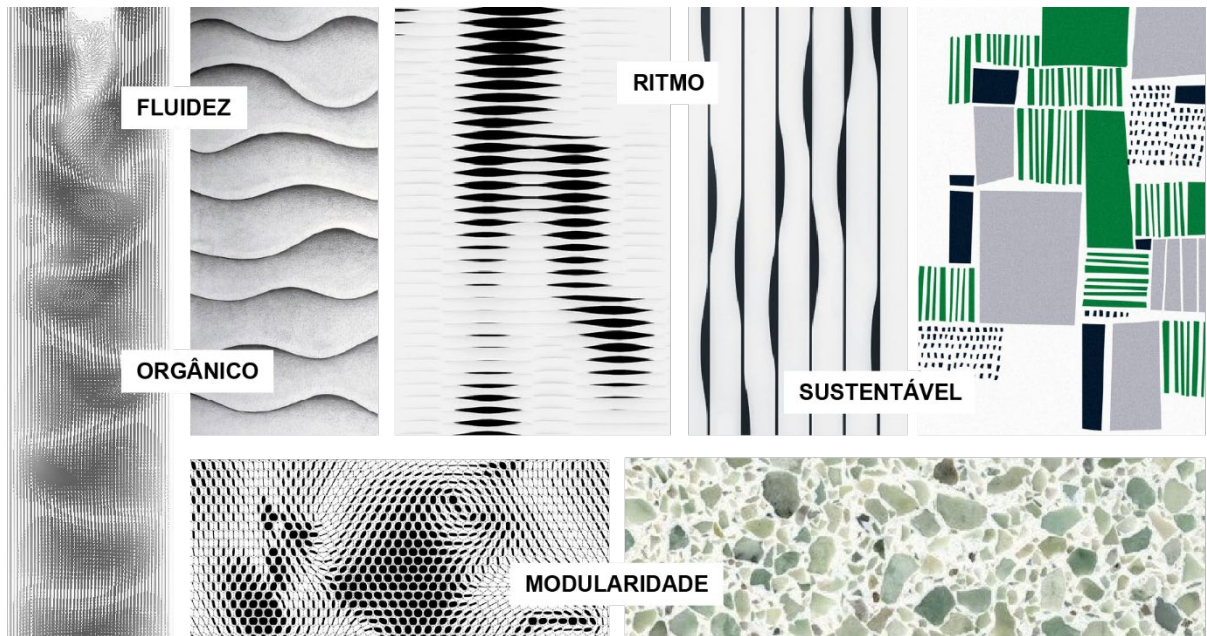


Fonte: Autora (2023).

No Painel Estilo de Vida, é possível visualizar o público, suas expressões e interações com o meio. Tratando-se de uma via pública, seus usuários compreendem as mais distintas personas que incidentalmente estejam passando pelo local. Tal diversidade de indivíduos configura também uma pluralidade de usos e atividades. Entende-se por interação do público com o produto o contato e as ações que possam ser realizadas com o meio, seja apenas caminhando ou mesmo as mais diversas atividades estáticas que possam nele ser performadas. Como podemos ver no painel, movimentar-se ou estar em repouso pode compreender tanto esportes

quanto funções laborais, dinâmicas e energéticas. Outra característica do lazer que conversa diretamente com a tradição de “ser porto-alegrense” é o hábito de “matear” ao ar livre, beber e compartilhar a bebida que é tradicional dos povos da região sul do Brasil, o chimarrão. Também reforçamos a importância cultural da contemplação do pôr do sol na orla do Guaíba, prática importante para os habitantes da capital.

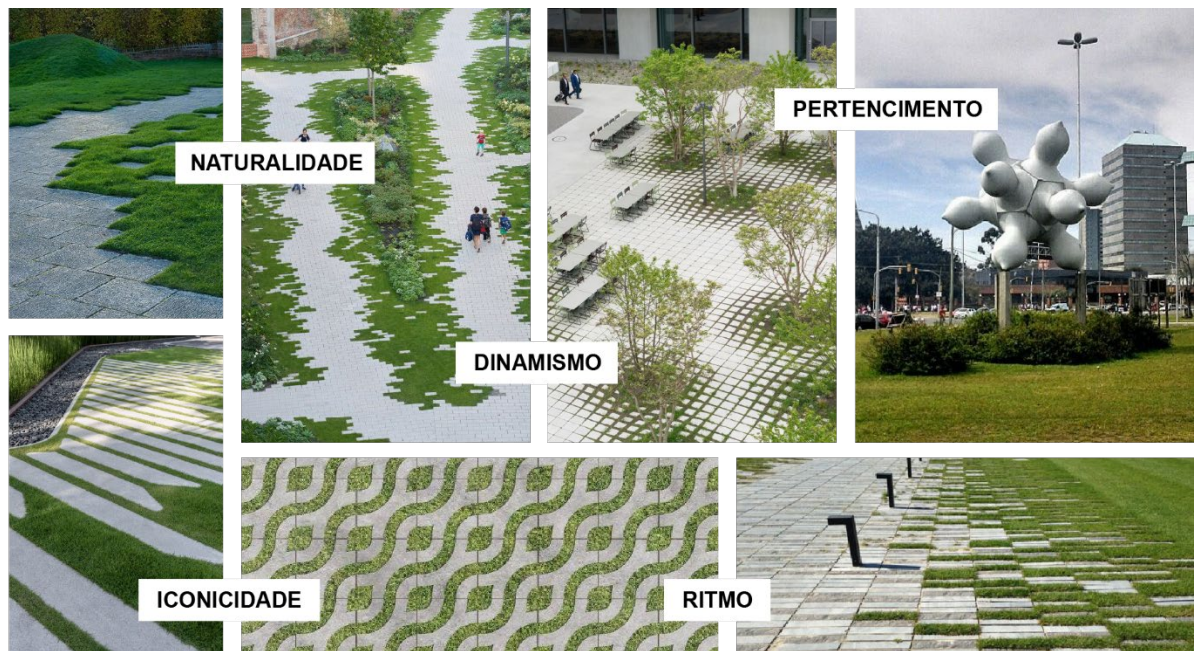
Figura 20 - Painel Expressão do Produto.



Fonte: Autora (2023).

O Painel Expressão do Produto, por sua vez, corresponde imagens que buscam traduzir aspectos conceituais conforme foram sendo elaborados no mapa-mental, agregando elementos visuais e materiais que nortearão a semântica do produto final. Imagens de ondulações, modularidades e organicidades são trazidas como forma de reforçar contrastes. Ao mesmo tempo que conversa com a seriedade e brutalidade de um pavimento, esta em relação com a natureza, com a sustentabilidade e com o verde das gramíneas. Cinzas, ondas, repetições dinâmicas estão entre os elementos visuais presentes neste segundo painel.

Figura 21 - Painel Tema Visual.



Fonte: Autora (2023).

Por fim, o Painel de Tema Visual procura representar alternativas mais diretas de como o sistema-produto poderia se configurar. Para tal, compreende imagens que trazem formas similares e possibilidades de materiais que irão contribuir na caracterização da visualização final do produto. Nesse painel já é possível agregar as referências diretas das possíveis formas e o do conceito que o produto irá possuir a partir de produtos similares. Além, são exploradas as muitas correlações entre o concreto e a gramínea como formas de contraste de mistura, concebendo uma materialidade dinâmica.

Ao Final da etapa de construção dos painéis Semânticos, é possível reforçar a importância construção dos painéis para a geração do produto final, possibilitando atribuir visualizações aos conceitos que irão nortear o projeto, servindo de inspiração para próxima etapa a de geração do produto.

7. PRODUTO

A etapa de PRODUTO corresponde ao desenvolvimento da criação e geração de alternativas. Para a execução dessa etapa de maneira mais efetiva utilizou-se como base as ferramentas de Painel Semântico e Mapa Mental, para utilizar um conceito sistêmico de criação e chegar em uma geração de alternativas mais assertivas.

7.1 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

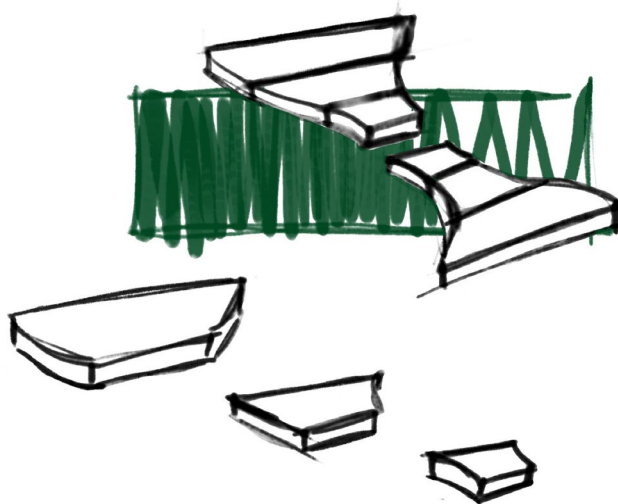
Para a etapa de ideação, a partir das análises da pesquisa, é possível constatar a necessidade de utilizar elementos culturais do imaginário Porto Alegrense. Para isso gerou-se as alternativas apresentadas a seguir.

7.1.1 Alternativa 1 - CUIA

A cuia é culturalmente um símbolo muito forte no estado do Rio Grande do Sul, herança deixada pelos povos indígenas e com a miscigenação de povos europeus que colonizaram nosso estado (<https://cultura.culturamix.com/regional/americas/cultura-do-rio-grande-do-sul>).

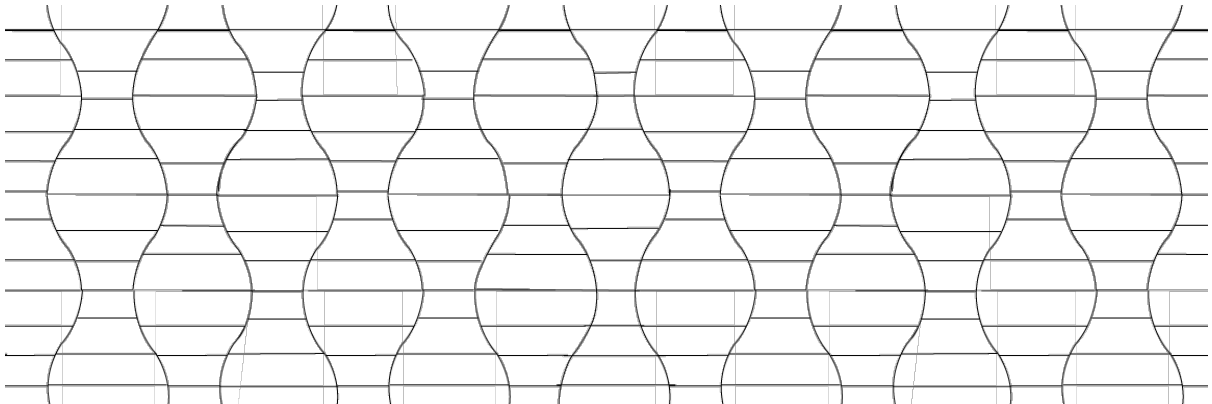
A primeira alternativa, portanto, estabelece uma relação visual com esse símbolo que é bastante presente no cotidiano gaúcho, servindo de contemplação e similaridade formal com esse elemento.

Figura 22 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 1 - Cuia.



Fonte: Autora (2023).

Figura 23 - Modularidade - Alternativa 1 - Cuia.



Fonte: Autora (2023).

Figura 24 - Mock-up - Alternativa 1 - Cuia.

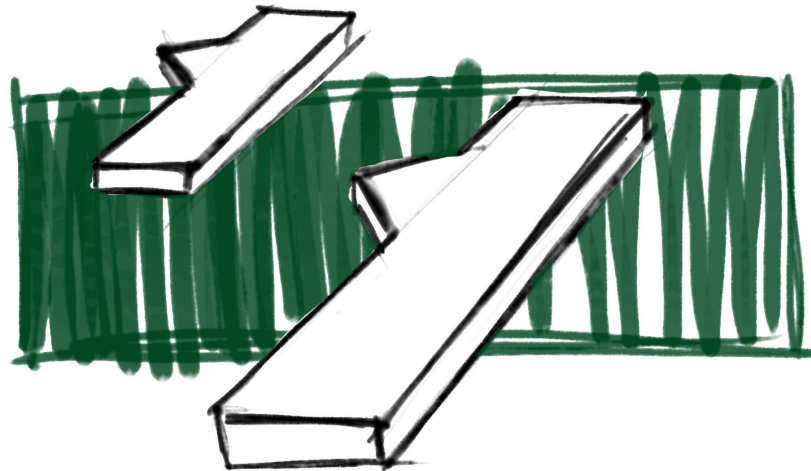


Fonte: Autora (2023).

7.1.2 Alternativa 2 - movimento da água - módulo simples

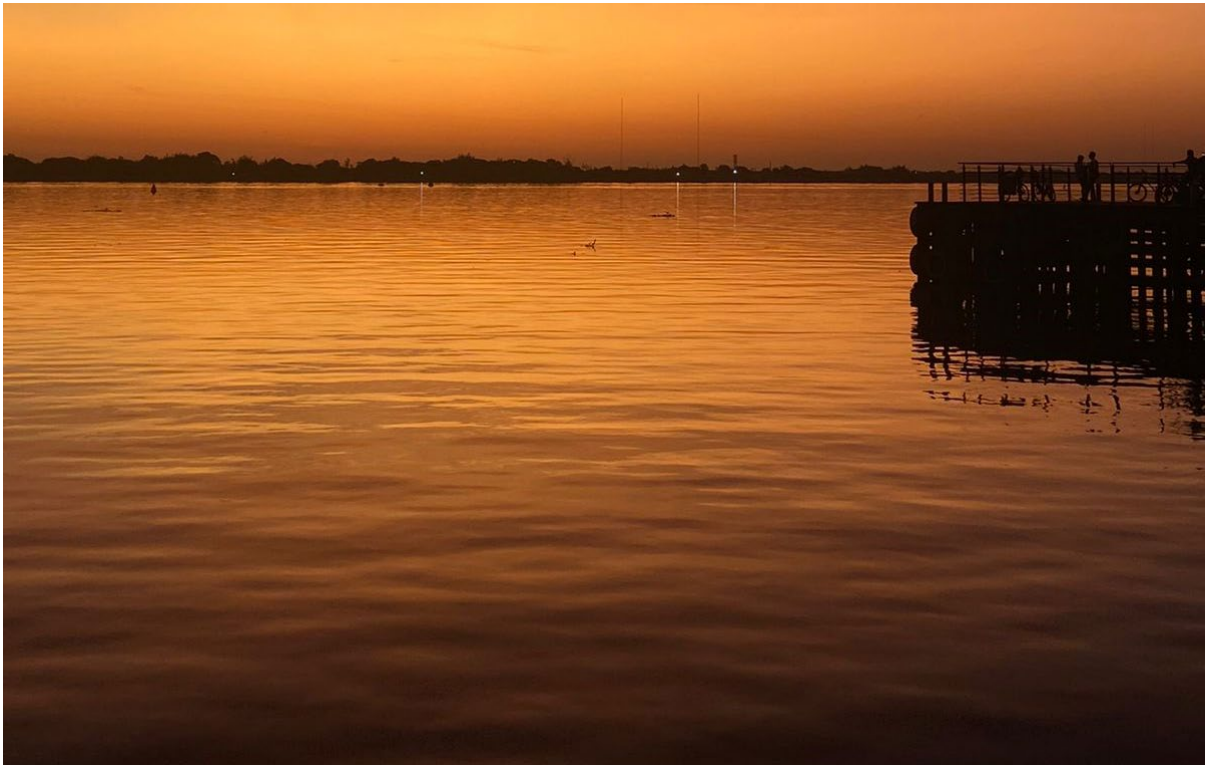
A partir do movimento da água no Pôr-do-sol do Guaíba, visualidade presente no cotidiano porto alegreense, foi possível desenvolver a segunda alternativa, na qual é possível visualizar o movimento da água a partir de um módulo simples.

Figura 25 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 2 - Movimento da Água Simples.



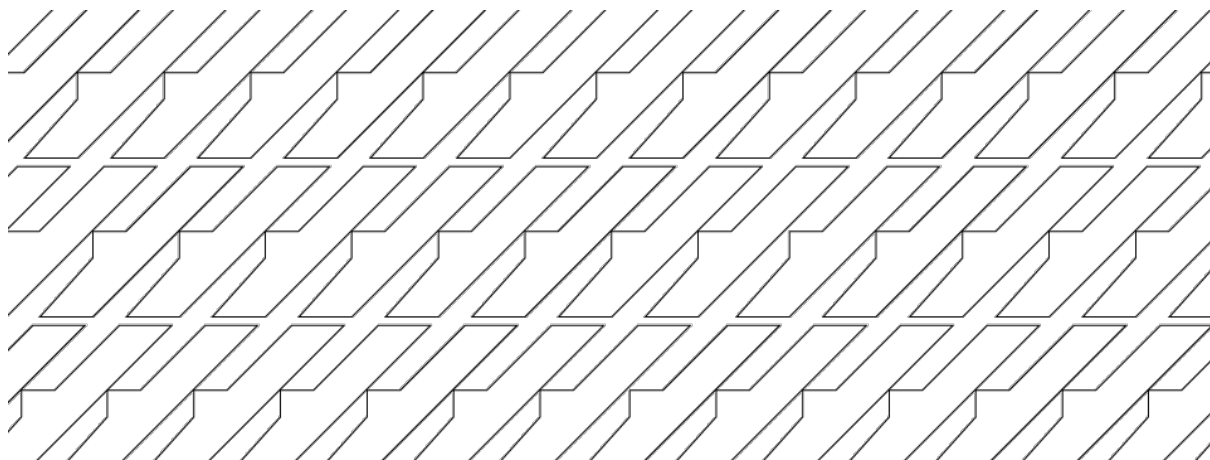
Fonte: Autora (2023).

Figura 26 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 2 - Movimento da Água Simples.



Fonte: Autora (2023).

Figura 27 - Modularidade - Alternativa 2 - Movimento da Água Simples.



Fonte: Autora (2023).

Figura 28 - Mock-up - Alternativa 2 – Movimento da Água Simples.

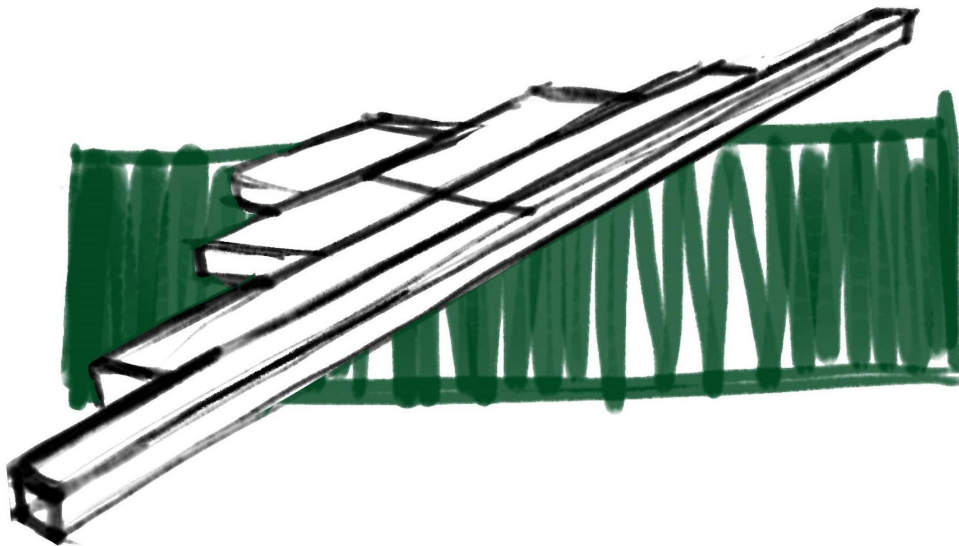


Fonte: Autora (2023).

7.1.3 Alternativa 3 - movimento água - módulo duplo

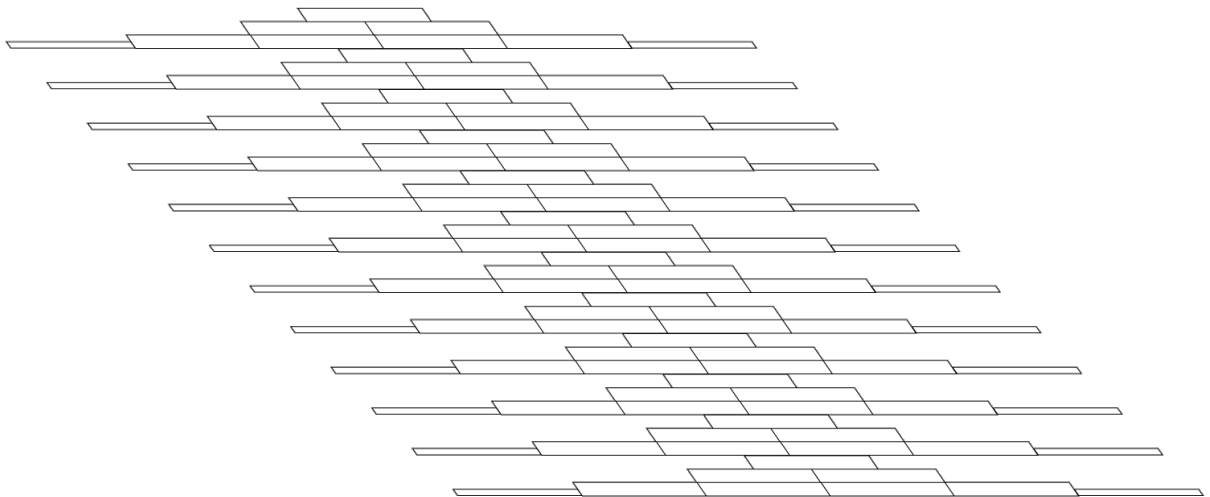
Utilizando o mesmo elemento de movimento da água do Guaíba foi possível gerar a alternativa de pavimento que remetesse ao movimento da água, mas nesse caso com a utilização de uma estrutura modular dupla, trazendo mais uma possibilidade visual ao projeto.

Figura 29 - Desenvolvimento Sketch - Alternativa 2 - Movimento da água Duplo.



Fonte: Autora (2023).

Figura 30 - Modularidade - Alternativa 3 - Movimento da água Duplo.



Fonte: Autora (2023).

Figura 31 - Mock-up - Alternativa 3 - Movimento da água Duplo.



Fonte: Autora (2023).

7.2 SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

Para sistematizar o exercício de seleção de alternativas, o presente trabalho utiliza uma das Matrizes de Seleção apresentadas no Método PRODIP de Back (2008). A chamada tabela

QFD. A partir desse processo é possível atribuir uma pontuação a cada alternativa, utilizando-se dos Requisitos de Projeto, de modo a gerar valores que definam qual a melhor alternativa a ser trabalhada para o desenvolvimento do projeto. O exercício completo pode ser visualizado no Anexo x. O quadro a seguir apresenta os valores em porcentagem finais do processo de seleção das alternativas.

Tabela 12 - Seleção de Alternativas.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Correspondência aos Requisitos de Projeto (MÉDIA QFD)	249,57	217,62	247,45

Fonte: Autora (2023).

Como resultado da da seleção de alternativas pela Matriz QFD (Anexo x), a alternativa selecionada para o desenvolvimento do projeto na próxima etapa foi a Alternativa 1 - CUIA.

7.3 MATERIAIS

Um dos pontos mais importantes do projeto é a seleção do material para a fabricação e desenvolvimento do Sistema-Produto, levando em consideração os pilares de sustentabilidade, apontados na etapa de REFERENCIAL TEÓRICO do projeto, e os requisitos obtidos na etapa de PESQUISA. Para o desenvolvimento do Sistema Produto de Facilitação da Permeabilidade em Meio Urbano, optou-se por buscar na área de pesquisa de novos materiais, referenciando trabalhos desenvolvidos nas universidades, centros de pesquisas locais do estado do Rio Grande do Sul e artigos da comunidade acadêmica. Com o objetivo de aproximar a pesquisa acadêmica, o projeto de design e a indústria do estado.

Para isso encontrou-se a pesquisa PEDRO Et. al (2017). onde é possível aliar o projeto com as áreas de pesquisa. Uma das alternativas para tornar o produto mais sustentável foi buscar por materiais que pudessem utilizar excedentes da indústria, proporcionando uma outra finalidade ao material que seria descartado. O Material, ainda em desenvolvimento, mistura concreto poroso, com resíduos de ágata da indústria (do estado) e/ou areia verde proveniente dos excedentes do processo de fundição; para o desenvolvimento do projeto a seleção desse

material, a autora entrou em contato com o pesquisador que é responsável pela pesquisa e desenvolvendo do material, com o objetivo de constatar se o material poderia ser utilizado para esse fim e se converge os requisitos do projeto.

7.3.1 Bloco de concreto com resíduos da indústria (BCCE)

Segundo Associação Brasileira de Fundição Abifa (2016), no Brasil foram geradas mais de 2,1 milhões de toneladas de fundidos, sendo a região Sul é responsável pela geração de 5,2% e, em relação à exportação, representam mais de 886 mil toneladas no período. Estes dados mostram a grande oportunidade para desenvolver um produto com esse novo material e juntar o projeto de design com áreas adjacentes como a de pesquisa de materiais, engenharia, produção e urbanismo.

Material BCCE é produto de uma pesquisa referenciada em Pedro Et. al (2017) que propõe a mistura de concreto *espumígeno* com areia de fundição e resíduo de ágata, assim gerando blocos de concreto celular espumígeno utilizando ácidos graxos de coco. Também sendo uma pesquisa base promissora para outros tipos de concreto. É leve que se distingue dos demais, devido à presença de espuma no interior da argamassa. Essa espuma é formada por bolhas de ar, que alteram as características físico-químicas do concreto. Na composição do concreto são agregados aditivos e são a partir desses aditivos que é possível criar porosidades dentro do concreto, possibilitando a permeabilidade do pavimento. Os aditivos são definidos como substâncias, que são intencionalmente adicionadas ao concreto, de acordo com as diretrizes de pesquisa e projeto, com o objetivo de fortalecer/melhorar determinadas características, inclusive favorecendo sua preparação, uso e resistência. Na composição desse novo material são adicionados os aditivos residuais da indústria: Areia de Fundição e Pó de Ágata (PEDRO et al., 2017).

7.3.1.1 Areia de Fundição

A areia descartada do processo de fundição, é um dos resíduos do processo moldagem e fabricação de peças e componentes industriais, é um material rico em sílica e argila, derivado de uma composição com areia natural, que é extremamente fina se comparada com a areia natural matéria-prima, corrente e classificada pela norma brasileira NBR 10004. O resíduo é inerte e não perigoso Andrade et al., (2018).

Quando não há mais condições de reutilizá-la no processo de moldagem, por deficiências nas características físico-químicas, a areia é retirada do sistema e torna-se um subproduto, conhecido como areia de fundição e é então descartada Andrade et al. (2018)

No Brasil, de acordo com a Resolução Consema, a areia de fundição pode ser utilizada em misturas asfálticas e peças de concreto, desde que sejam elementos sem função estrutural, e que atendam aos requisitos quanto à sua toxicidade. Consema Resolution (2008). Em relação aos estudos realizados, é possível citar o trabalho de Berti, Batista e Akasaki (2017) quanto ao uso de areia para descarte de fundição em substituição de parte da areia natural em argamassa, tendo obtido em ensaios de resistência, uma resistência superior em relação à amostra sem a adição de areia de fundição.

Na cidade de Passo Fundo - RS, a quantidade de resíduos de fundição gerados no polo metalmeccânico é de aproximadamente 120 toneladas/mês. Contendo em sua composição, bentonita, dextrina, pó de madeira, e em alguns casos resinas fenólicas e pequenos fragmentos de metais Pedro et al. (2017) O que reforça a possibilidade de uso desse insumo dado outra finalidade.

Os resultados obtidos segundo Pedro Et al. (2017) a partir dos experimentos de bancada indicam um resultado promissor e permitem inferir que os resíduos de areia de moldagem têm importante potencial na substituição da areia natural na fabricação de blocos de concreto. Em estudos anteriores, desenvolvidos pelo autor, também foi possível comprovar que alguns resíduos minerais, obtidos em diversos processos industriais, têm potencial para serem reaproveitados em alguns setores da indústria da construção civil Lopes (2009) e Ribas (2016). Os processos de caracterização, fabricação e cura que pretende utilizar nas pesquisas futuras são ecologicamente corretos e atendem requisitos de produção mais limpa e sustentável. Obedecem às normas brasileiras e podem diminuir a extração de areia natural, atividade que em alguns casos produz efeitos colaterais indesejados ao meio ambiente.

7.3.1.2 Pó de Ágata

No beneficiamento industrial de gemas, gera-se uma quantidade substancial de resíduos sólidos, com fragmentos de ágata, lama com óleo, pó de ágata e efluentes, contendo corantes e metais, além de peças semiacabadas que apresentem defeitos em sua formação ou impurezas e

não possuem metais, além de peças semiacabadas que apresentam defeitos em sua formação ou impurezas e não possuem valor comercial. Pedro et.al. (2017)

A possibilidade de utilização do resíduo da gema de ágata, denominado pó laminado, consiste basicamente em sílica (SiO_2), podendo ser adicionado na fabricação de blocos de concreto aerado espumado em substituição total à areia natural. A espuma pré-formada foi utilizada como o ar incorporado por agitação mecânica com uma mistura de agentes espumantes naturais derivados do coco Pedro et. al (2017).

Figura 32 - Teste do BCCE e Moldagem.



Fonte: Pedro et.al. (2017).

7.3.2 Processos de fabricação

Na fabricação de pavimentos similares utilizados para o mesmo fim, denominados PAVER, utiliza-se o processo de moldagem para a produção em escala industrial a partir de equipamentos, sendo necessário ensaios técnicos de acordo com o resultado desejado sobre as quantidade de concreto e aditivos na composição. Segundo CLEMENTINO et a.l. (2013) Na fabricação dos PAVERS, O cimento Portland é o aglomerante mais usado para a produção dos mais diversos tipos de concreto. A NBR 5732 (ABNT, 1991). Para a composição final do Sistema Produto de Permeabilidade Urbana, utilizando-se de resíduos da indústria seria necessários testes, para chegar na composição ideal.

As peças denominadas PAVER são produzidas de forma manual. Neste processo o A mistura de concreto é lançado nas formas, com vinte e quatro horas de secagem aproximadamente, podendo realizar a desmoldagem no dia seguinte da moldagem. Como os moldes são de plástico, aço ou fibra este processo gera peças com um acabamento superficial mais liso, resultando em uma aparência estética mais agradável (FERNANDES, 2018). Podendo utilizar-se então de máquinas de moldagem fabricação do molde onde a mistura será

despejada para a fabricação do produto final e também de máquinas para agregar a mistura e despejamento na composição cimentícia.

Figura 33 - Maquinário Escala industrial PAVER.



Fonte: Jarfel // Sahara (2017).

Figura 34 - Molde de Metal PAVER.



Fonte: Google Imagens (2023).

A partir dessas características, análises e referências, dados os limites de um trabalho de

Graduação TCC, é possível selecionar teoricamente o material BCCE. a partir do desenvolvimento de pesquisa do material testes podem ser feitos com essa finalidade em parceria com as indústrias de Passo Fundo que estão desenvolvendo esse material, possibilitando assim testes futuros.

7.3.3 Instalação

Para o projeto optou-se pela orientação de instalação da pavimentação intertravada que consiste no assentamento do PAVER o sobre uma camada fina de areia que serve de regularização da base e na distribuição de cargas e acomodação das peças. Neste pavimento as peças são dispostas de forma a transmitir parte da carga de uma peça para a peça vizinha através do atrito lateral entre elas. Não havendo a necessidade de rejunte, encaixando uma peça na outra e conferindo a qualidade de intertravado ao pavimento. (FERNANDES, 2008). Para apreciar o sistema de instalação de um pavimento intertravado e os elementos que o compõem, observar a Figura 10 do presente trabalho.

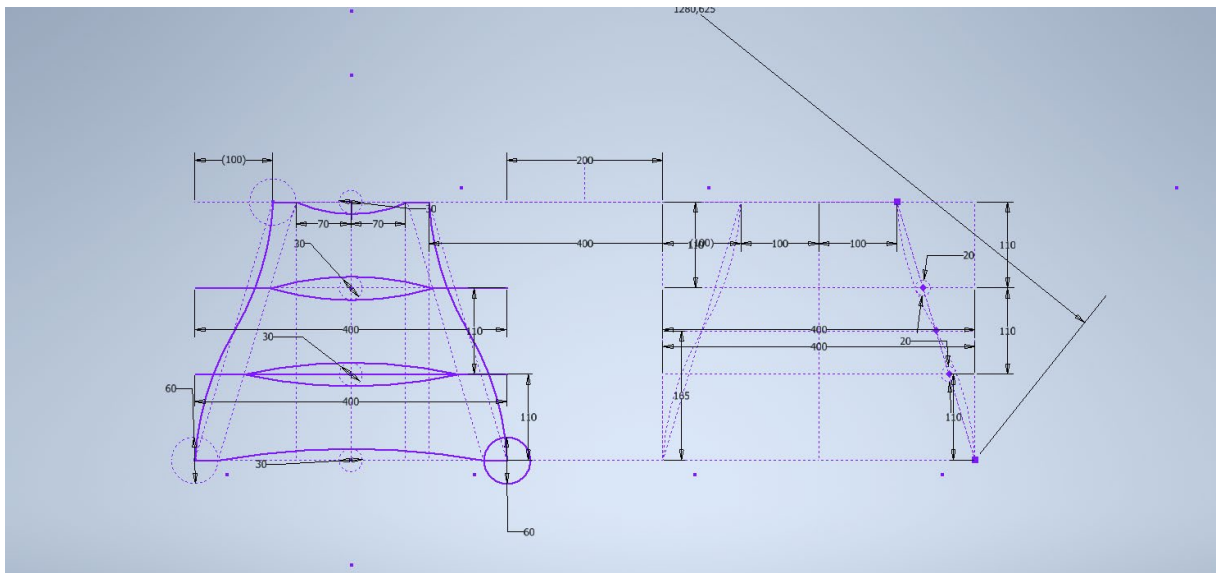
8. DETALHE

A partir de todas as definições de projetos e parâmetros apontados, é possível iniciar a modelagem técnica do pavimento e seu detalhamento. Na etapa de detalhe é onde se determina os elementos formais e de dimensionamento do produto de acordo com as definições estabelecidas no projeto.

8.1 DETALHAMENTO DO PRODUTO

A etapa do Detalhamento do Produto tem como objetivo apresentar os produtos desenvolvidos ao longo do trabalho, assim como seus detalhamentos e seus componentes principais. Trazendo a visualização final do produto e suas definições formais. Para o projeto ficar mais coeso optou-se por desenvolver o detalhamento das peças modulares da alternativa selecionada - ALTERNATIVA 1 - CUIA e também o Molde para seu desenvolvimento. Para a execução do detalhamento, utilizou-se o programa de modelagem Inventor Autodesk conforme o sketch na Figura 35, a seguir.

Figura 35 - Sketch inicial do detalhamento do CUIA PAVER.



Fonte: Autora (2023).

8.1.1 Módulos - CUIA PAVER

O sistema-produto Cuia Paver possui 3 módulos distintos que utilizam formas orgânicas de modo a remeter ao formato de Porongo, material tradicionalmente utilizado para a fabricação da cuia de chimarrão comum da cultura gaúcha. Ela possui elementos vazados e, ao ser instalada, permite o crescimento da vegetação de forma natural ou com orientação paisagística, entre seus módulos – além de também permitir a permeabilidade da água pela própria composição do material selecionado. O uso da CUIA PAVER é ideal para parques, passeios, orlas e via públicas de circulação turística. Sua manutenção, por sua vez, limita-se quase em na totalidade na conservação das distintas vegetações que podem ser instaladas em suas aberturas, determinando que, portanto, este processo siga as coordenadas das próprias políticas públicas de gestão urbana local.

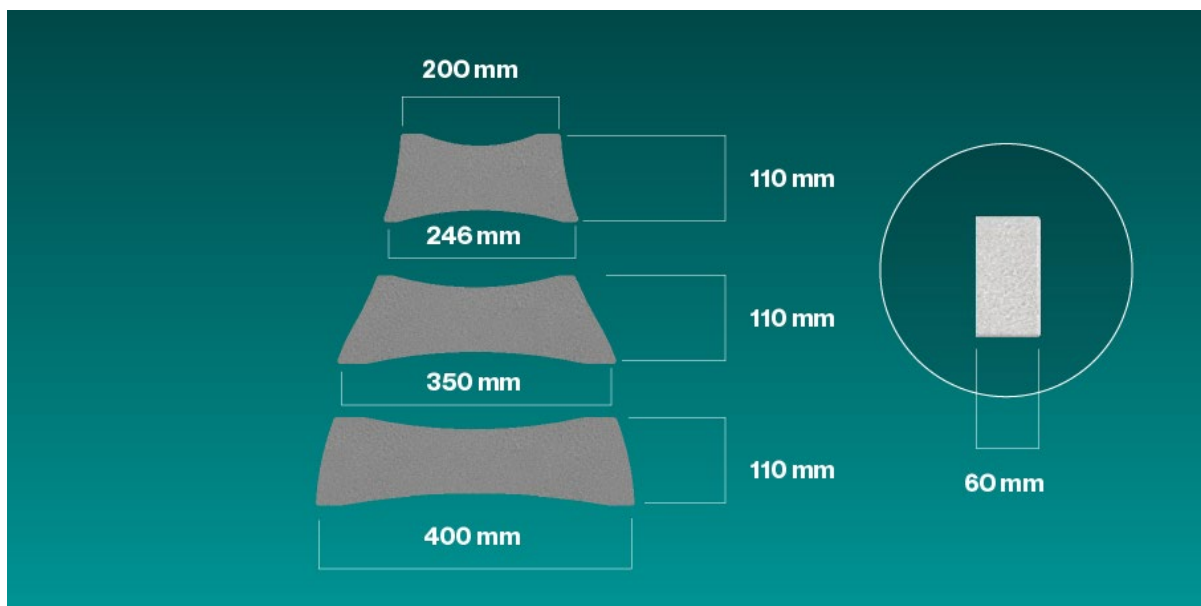
Figura 36 - Apresentação do sistema-produto CUIA PAVER.



Fonte: Autora (2023).

A etapa de detalhe também é onde se definem as dimensões do produto. Na figura abaixo é possível visualizar o resultado das definições das dimensões dos módulos que compõem o CUIA PAVER.

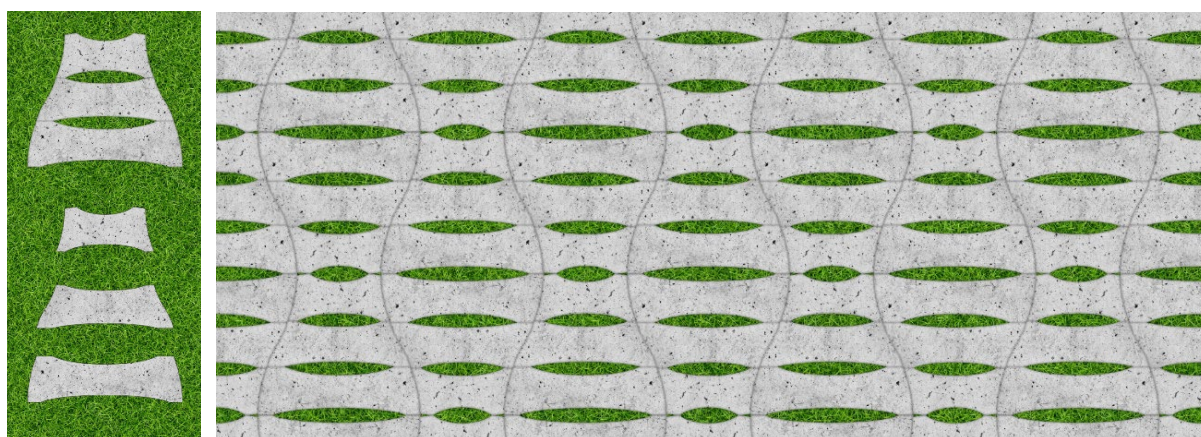
Figura 37 - Dimensões CUIA PAVER.



Fonte: Autora (2023).

Utilizando o programa de modelagem Inventor Autodesk é possível visualizar também o resultado final da composição dos módulos a partir da instalação do pavimento com a técnica de pavimentação intertravada, não possuindo juntas ou rejuntas.

Figura 38 - Composição - CUIA PAVER.



Fonte: Autora (2023).

Em determinados contextos, a presença do vazado na composição dos módulos poderia representar um fator de dificuldade para pessoas com necessidades especiais. Logo, fez-se necessário apresentar uma alternativa com os módulos sem os elementos vazados, para pontos com maior tráfego de transeuntes, o que diminui a permeabilidade da água, mas acaba favorecendo a acessibilidade e o deslocamento de pessoas com necessidades distintas. Na figura

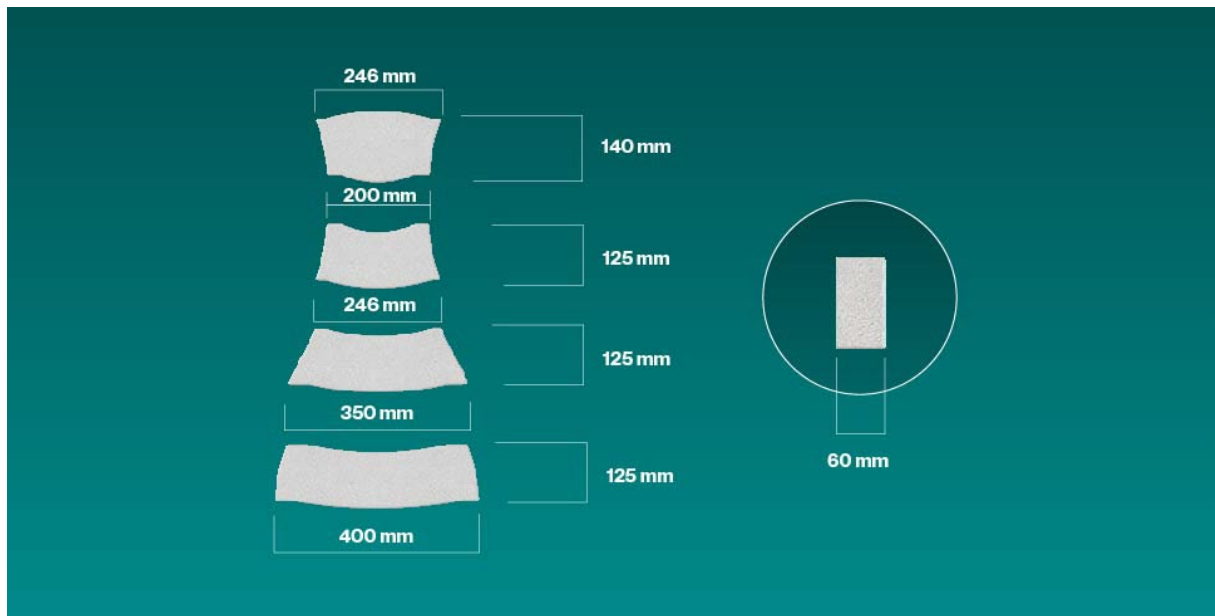
39 a seguir, é possível apreciar a proposta de modulação fechada para o sistema produto.

Figura 39 - Alternativa Cuia PAVER - módulos fechados.



Fonte: Autora (2023).

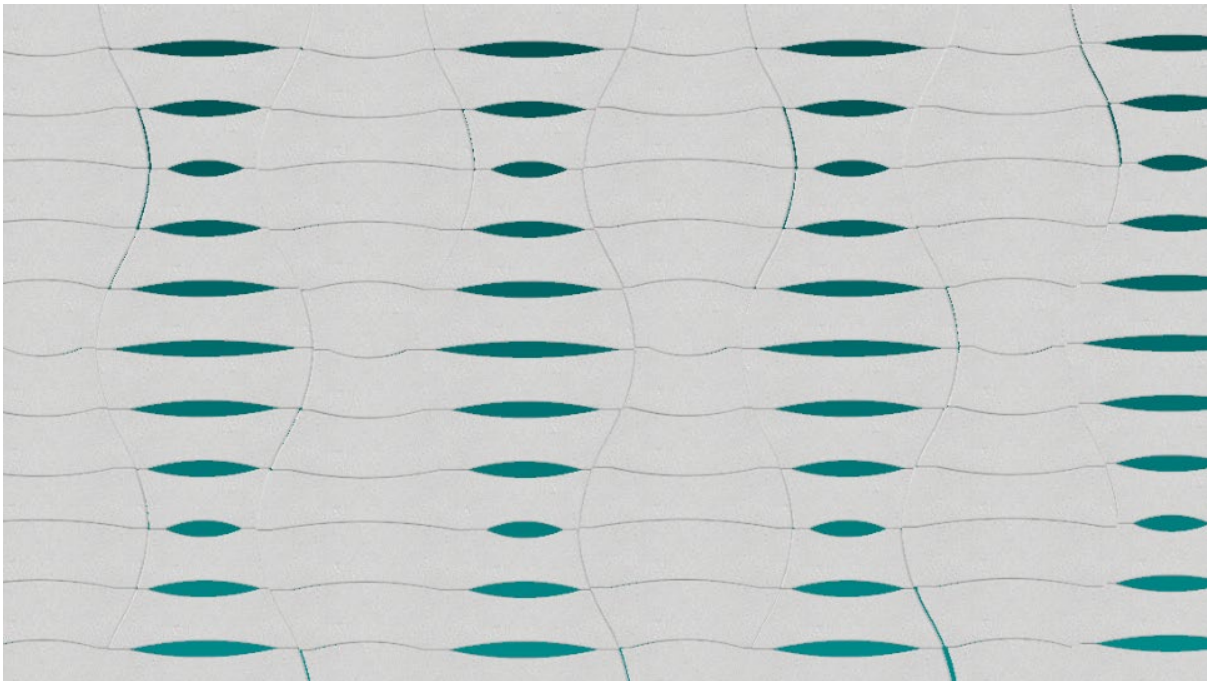
Figura 40 - Dimensão dos módulos fechados.



Fonte: Autora (2023).

Dadas as conformações externas de ambas propostas — vazado ou fechado —, os módulos permitem uma composição dinâmica, facilmente variando conforme necessidades técnicas, de acessibilidade ou mesmo estéticas.

Figura 41 - Composição intercalada - módulos abertos e fechados.



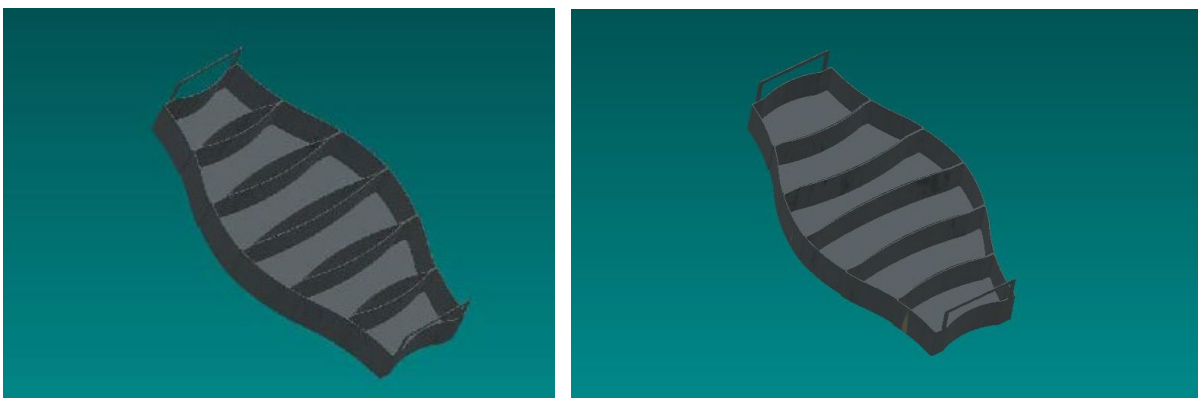
Fonte: Autora (2023).

O desenho técnico e detalhamentos específicos para a viabilização da produção, é possível encontrar no Anexo 3 do presente trabalho.

8.2.3 - Molde - PAVER CUIA

Para o desenvolvimento do Sistema-Produto de permeabilidade em meio urbano, julgou-se necessário trazer para o projeto o detalhamento do molde para a fabricação do CUIA PAVER, sendo o desenho do molde indispensável para a produção do pavimento. A Figura 42, a seguir, é uma visualização do resultado final do Molde CUIA PAVER.

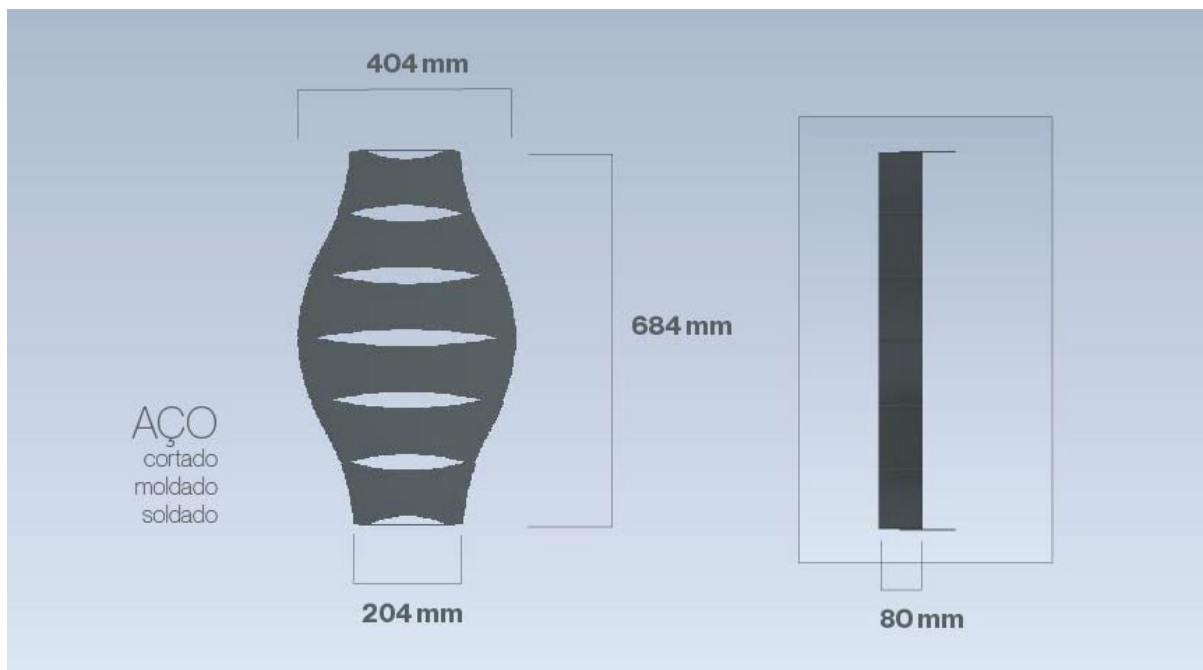
Figura 42 - Molde CUIA PAVER. Esquerda, módulo vazado; direita, módulo fechado.



Fonte: Autora (2023).

Para o desenvolvimento do Molde CUIA PAVER, optou-se por realizar a modelagem a partir de chapas de aço de espessura de 2 mm. Utilizando-se processos de recorte, dobra e solda das chapas. Garantindo assim melhor acabamento final do produto e durabilidade do molde.

Figura 43 - Dimensões Molde - CUIA PAVER.



Fonte: Autora (2023).

O detalhamento técnico final é possível encontrar no Anexo 3, referente ao detalhamento do projeto.

8.2 PROTOTIPAGEM

O processo de prototipação auxilia tanto as atividades de criação quanto a visualização tridimensional do produto projetado, seus acabamentos e composições. Prototipar também permite a indicação de funcionalidades, proporções, encaixes e parâmetros técnicos, com intuito de verificar os elementos do projeto e, caso seja identificada a necessidade, realizar seu aprimoramento.

O protótipo do produto de facilitação da permeabilidade em meio urbano foi realizado em escala real (1:1). Optou-se em produzir o modelo em isopor, pela facilidade de manipulação e conformação desse material para chegar na forma desejada e também pela

leveza do material. Para a concepção do protótipo de baixa fidelidade foi feito um gabarito em papel com as dimensões do produto para a reprodução mais próxima dos módulos e a repetição em quantidade destes.

Figura 44 - Processo de Prototipagem.



Fonte: Autora (2023).

Figura 45 - Protótipo final.



Fonte: Autora (2023).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do trabalho, é possível concluir que pensar em projetos e soluções sustentáveis para o meio urbano é de extrema necessidade no âmbito acadêmico. Quanto mais projetos de design tratem de soluções urbanas, mais questionamentos e abertura de ideias vão contribuir para um melhor contexto social no mundo. No presente projeto foram levantados pontos bastante pertinentes sobre a discussão da urbanidade porto-alegrense e brasileira, além de pontos relevantes para a execução final do projeto, sendo esses cruciais para obtenção do produto final. Por tratar-se de um projeto que considera fatores locais e voltado para o sistema de sustentabilidade do Rio Grande do Sul, o CUIA PAVER tem uma oportunidade muito promissora, ainda mais se aliado com investimentos de polos industriais do estado e com a reutilização de resíduos provenientes da indústria, dando um novo começo para o material excedente, e tornando a produção do Produto mais eficiente e sustentável. Indo além, considero que o trabalho cumpriu bem seu objetivo teórico. Sendo necessário para realização comercial e industrial testes em relação a composição do material final e ratificações no desenho do produto a fim de garantir mais eficácia no intertravamento do pavimento e melhora alguns fatores de segurança. Por fim, reafirmo com muita gratidão, o privilégio e satisfação que foi ter estudado em universidade pública como a UFRGS, com todas as trocas e rupturas de pensamentos que foram proporcionadas com essa experiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA. **Brazilian Foundry Association** - Abifa (São Paulo). Sectorial indices: annual performance report, 2016.

ANDRADE, L. De B.; CARNIN, R. L. P. Casting sand for use in Portland cement concrete: aggregate analysis. **Magazine Matéria**, 2018.

ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; FRANÇA, M.; TAMANINI, C. R.. Uso do biogás na secagem e higienização de lodo de esgoto em leito de secagem. In: I Simpósio Latino-Americano sobre Biossólidos, 2003, São Paulo. **I Simpósio Latino-Americano sobre Biossólidos**, 2003.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie., **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BARBIERI, Gorski Maria Cecília. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. Editora Senac São Paulo, 2019.

BAUMAN, Zygmunt. **A sociedade individualizada**. Rio de Janeiro, Editora Zahar: 2009.

BAUMAN, Zygmunt. **Tempos Líquidos**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2007.

BERTI, J. V. M.; BATISTA, J. P. B.; AKASAKI, L. L. Evaluation of the performance of the use of foundry sand in mortars by means of Compression Resistance tests. Scientific magazine. **Anap Brasil**, v. 10, n. 44-53, 2017.

BETTENCOURT, L., WEST, G. A unified theory of urban living. **Nature**, n. 467, p. 912–913, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1038/467912a>

BEZERRA, Manuela de Luna Freire Duarte. Taxa de (im)permeabilidade urbana intra-lote: um olhar sob a legislação. **Revista Campo do Saber**, V. 1, n. 2, 2015.

BISPO, Telma Cavalcanti; LEVINO, N. de A. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. **Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, v. 31, 2011.

BRAND, Peter C. The Environment and Postmodern Spatial Consciousness: A Sociology of Urban Environmental Agendas. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 42, n. 1, p. 631-648, 1999.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CORMIER, N. S., & PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem E Ambiente**, v. 25, p. 127-142, 2008. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i25p127-142>

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, n. 51, p. 1-18, 2007.

DICIONÁRIO AURÉLIO, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/aurelio> 2/>. Acesso em 13 de nov. de 2020.

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

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. **Alterações no Ciclo Hidrológico em Áreas Urbanas: Cidade, hidrologia e impactos no ambiente**. Ateliê Geográfico, Goiânia, 5(3), pp.239- 254, 2011.

FRY, Tony. Design for/by “The Global South”. **Design Philosophy Papers**, V. 15, N. 1, p. 3-37, 2017. DOI: 10.1080/14487136.2017.1303242

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GEHL, Jan. **La humanización del espacio urbano: la vida social entre los edificios**. Barcelona: Reimp, 2013.

GEHL, Jan; SVARE, Brigitte. **Vida nas cidades: como estudar**. São Paulo: Perspectiva, 2018.

GURGEL, Thalita de Souza. **Ocorrência de cheias no município de Macaíba no estado do Rio Grande do Norte**. Monografia (TCC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 23f, 2017.

HERZOG, Cecília Polacow. **Cidades Para Todos - (re)aprendendo a conviver com a Natureza**. Rio de Janeiro: Mauad, 2013.

HOLZ, Ingrid Herzog. **Urbanização e Impactos sobre áreas de preservação permanente: o caso do Rio Jucu – ES**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 211f, 2012.

HÜFFNER, A.; MENDES, C. A. B. Impactos Hidrológicos Decorrentes da Expansão Urbana na Bacia Barragem Mãe d'água, Viamão – RS. In: **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves. Nov. 2013.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 13 de nov. de 2020.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, 2003.

LIU, W.; CHEN, W.; PENG, C. **Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study**. Elsevier: Ecological Modelling, n. 291, p. 6–14, 2014.

LOPES, L. R. N. **Evaluation of the reduction of solid residues of resin sand in steel foundry through thermal recovery**. Salvador, 2009. 94 f. Dissertação (Professional Master in Management and Environmental Technologies in the Productive Process) - Polytechnic School, Federal University of Bahia, Salvador, 2009.

MARANGON, Márcio. Unidade 1 - HIDRÁULICA DOS SOLOS. **Mecânica dos Solos II**. Faculdade de Engenharia – NuGeo/Núcleo de Geotecnia. Juiz de Fora: UFJF, 2009. Disponível em: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2_unid01.pdf>. Acesso em: 12/10/2020.

MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. Melhores práticas pavimento intertravados permeável. **São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)**,

2011.

MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável** - Melhores Práticas. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2010.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole, legislação e desigualdade**. *Estudos avançados*, v. 17, n. 48, p. 151-166, 2003.

MARTINS, Ana Solange; REMESAR, Antoni; CORTEZ, Paula do Vale. **Do projeto ao objeto**: manual de boas práticas para o desenho de mobiliário urbano para os centros históricos. Lisboa: Centro Português de Design, 2005.

MASCARÓ, L. & MASCARÓ, J. **Ambiência Urbana**. 3ª ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009.

MENDES, M. V., & AMARANTE, M. DOS S.. Pavimentos permeáveis: a busca por otimização do escoamento superficial e manejo dos efluentes pluviais. *Revista Pesquisa e Ação*, v. 7, n.1, p. 19-38, 2021. Disponível em: <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/922>>

MINAYO, C. S. **Missão investigar: Entre o ideal e a Realidade de ser policial**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/>>. Acesso em 13 de nov. de 2020.

MORAES, Dijon de. **Metaprojeto: o design do design**. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

MORAIS, Ginny. Enchentes - O Brasil é 6º país do mundo que mais sofre com catástrofes climáticas. **Reportagem Especial – Rádio Câmara**. Brasília: [s/d]. Disponível em: <<https://tinyurl.com/mch2r46f>>. Acesso em: 12/10/2020.

MOREIRA, R. A.. Diferença e a Geografia: O ardil da identidade e a representação da diferença na Geografia. **Geographia**, revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFF, no. 1, ano 1, Niterói: UFF, 1999.

NETTO, Vinicius Moraes. A urbanidade como devir do urbano. **EURE (Santiago)**, v. 39, n. 118, p. 233-263, 2013.

ONU-HABITAT. **Planning Sustainable Cities: UN-HABITAT practices and perspectives**. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), 2010.

ONU-HABITAT. **The New Urban Agenda Illustrated Handbook**, 2023. Disponível em: <<https://unhabitat.org/pt-pt/the-new-urban-agenda-illustrated>>

PEDRO, R.; TUBINO, R.; ANVERSA, J.; DE COL, D.; LERMEN, R.; SILVA, R. de A. Production of Aerated Foamed Concrete with Industrial Waste from the Gems and Jewels Sector of Rio Grande do Sul-Brazil. **Appl. Sci.** 2017, 7, 985, p. 1-13, 2017; DOI: doi:10.3390/app7100985

PEQUENO, Renato. **Políticas Habitacionais, Favelização e Desigualdade Sócio espaciais nas Cidades Brasileiras: Transformações e Tendências**, São Paulo, 2008

PESAVENTO, S. J. **História da indústria sul-rio-grandense**. Guaíba: Riocell, 1985.

PORTO ALEGRE, Prefeitura de. **Características topográficas e cheias na cidade**. Departamento de Esgotos Pluviais, Drenagem Urbana, Topografia e cheias. Prefeitura de Porto Alegre, 2020. Disponível em: <<https://rb.gy/pd5p8>>. Acesso em: 12/10/2022.

POZZER, C. H., JACQUES, J. J., & RIBEIRO, V. G.. Design orientado à interculturalidade como ferramenta para a sustentabilidade cultural. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 144–157, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n1.144-157>

RIBAS, C. L.; Registration of possibilities for reusing discarded foundry sand to replace natural sand in the manufacture of concrete blocks and floors - UNIJUÍ - Northwest Regional University of the State of Rio Grande Do Sul - Department of Exact Sciences and Engineering - Lato Postgraduate Course Sensu in Industrial Engineering - Panambi / RS, 2016.

ROLNIK. R. **O que é a cidade**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 2004.

SANTOS, Karla Azevedo; RUFINO, Iana Alexandra Alves; BARROS FILHO, Mauro Normando Macêdo. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande-PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017.

SANTOS, Sidney Kelly. **Condições de Ambiência Urbana: Relação com a Qualidade**

de Vida e Sustentabilidade. Dissertação (Mestrado em Educação) – UNIFAE. São João da Boa Vista, 130f. 2016.

SANTOS, Sidney Kelly. **Sociopatologia das Cidades.** Disciplina ministrada no Curso de Especialização em Práticas e Políticas Públicas de Assistência Social. Faculdade Pitágoras de Poços de Caldas, 2013.

SCHOLZ, M.; GRABOWIECKI, P. Review of permeable pavement systems. **Building and Environment**, v. 42, p. 3830-3836, 2007.

SOUZA, Elias Gomes de. **Avaliação da capacidade de infiltração do solo da UTP Rio Tavares, Florianópolis/sc, para aplicação em sistemas de águas pluviais urbanas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012.

SPIRN, Anne Whiston. **O Jardim de granito:** a natureza no desenho da cidade. Edusp, 1995.

TIEPO, Cristiane; ROCHA, Vanessa Tibola da. Permeabilidade Urbana e Infraestrutura Verde: Alternativas para a Sustentabilidade Urbana. Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis – IMED. **3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis (SNCS)**, 2014.

TUCCI, C; COLLISCHONN, W. **Drenagem Urbana e Controle de Erosão.** In: Anais do VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão, Presidente Prudente, 1998.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Água no meio urbano. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Água Doce.** Porto Alegre: UFRGS: 1997.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas urbanas: Desenvolvimento urbano. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Rega/Global Water Partnership South América**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

UNESCO. The Hangzhou Declaration - Placing Culture at the Heart of Sustainable Development Policies. Hangzhou: Hangzhou International Congress, China, 2013.

VARGAS, Marcelo Coutinho. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente & sociedade**, n. 5, p. 109-134, 1999.

VELHO, Gilberto. Um antropólogo na cidade: ensaios de antropologia urbana. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

ZANGALLI JR, Paulo Cesar. Sustentabilidade Urbana e as certificações ambientais na construção civil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 291-302, 2013.

ZEFERINO, Maria Carolina. Medidas Mitigadoras e Compensatórias de Impactos Ambientais. **Blog Mata Nativa**, 2018. Disponível em: <<https://www.matanativa.com.br/blog/medidas-mitigadoras-e-compensatorias-de-impactos-ambientais/>>. Acesso: 12/10/2020.

ANEXO 1 – Coeficiente de Permeabilidade

A determinação do coeficiente de permeabilidade é feita tendo em vista a lei experimental de Darcy, proposta em 1856 (falar sobre o coeficiente de permeabilidade da água no solo) - caracterizada pela composição e estrutura do sólido permeado pela com a viscosidade da água. (Taxa de Permeabilidade) - depende do tipo de rocha, cobertura vegetal, topografia, precipitação e da ocupação do solo. A permeabilidade é, assim, uma propriedade não apenas do meio poroso ou do fluido, mas também da interação dinâmica entre ambos. SHEIDEGGER (1974). O estudo de Araújo et al (1999) aponta ainda um coeficiente de escoamento superficial de 0,66 para solo compactado, o que é muito superior ao obtido para os pavimentos permeáveis e explicita um possível erro de projeto, ao considerar áreas não pavimentadas como permeáveis. Considerando estes resultados, Marchioni e Silva (2011) indicam a adoção de um coeficiente de escoamento superficial de 0,05 para pavimentos permeáveis.

ANEXO 2 – Tabelas QFD

TABELA QFD – Alternativa 1 - CUIA

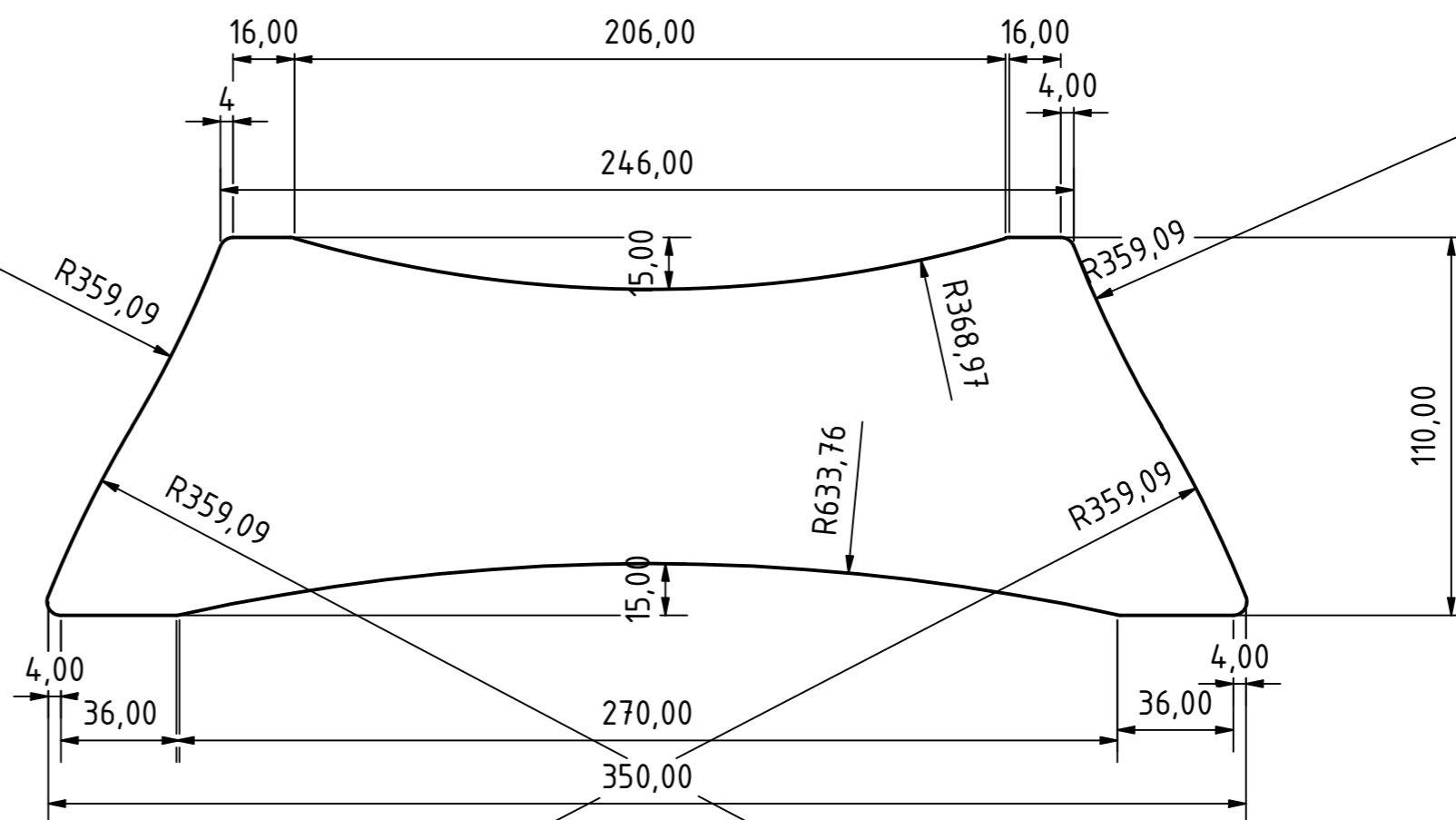
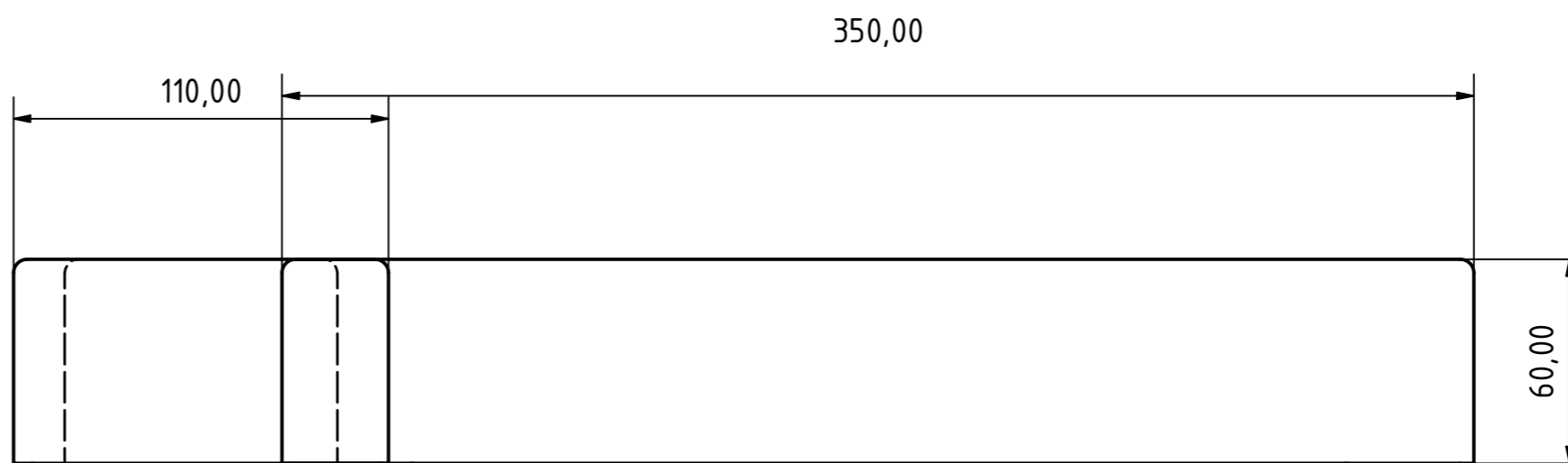
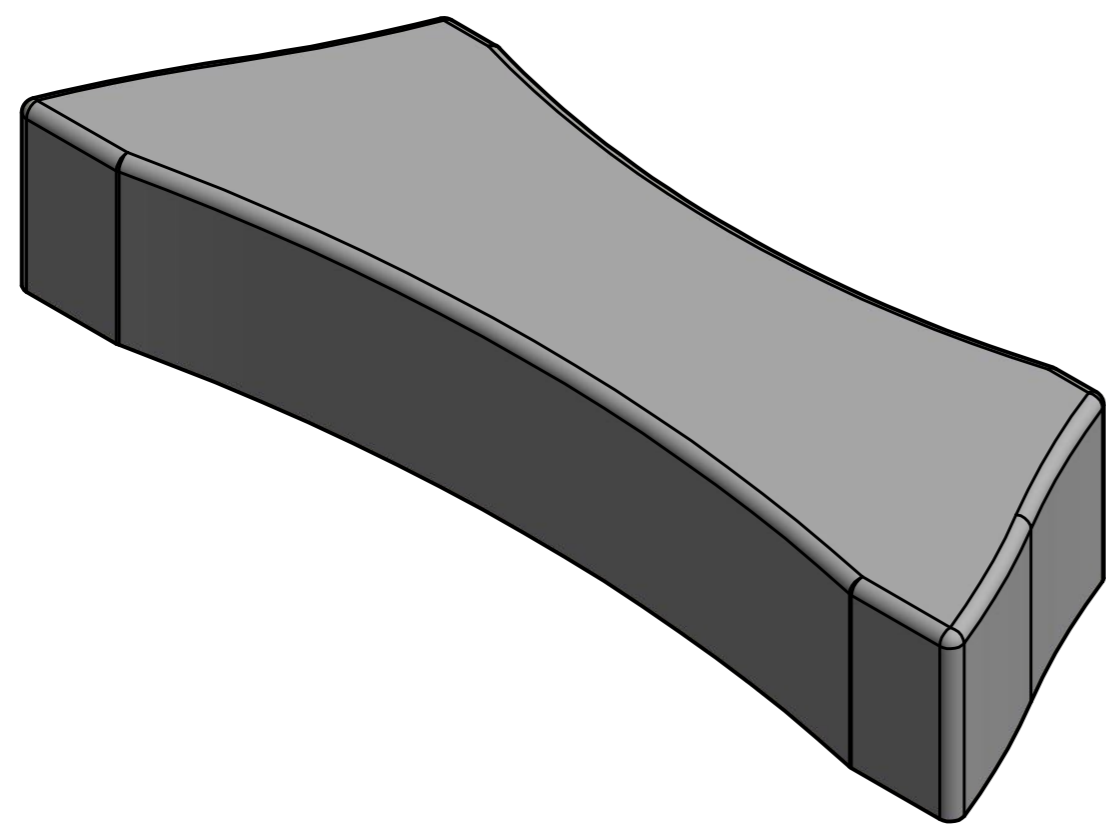
	Peso	Resolver de forma equilibrada todos os fatores que envolvem o sistema produto	Viabilizar a compreensão do significado o sistema-produto	Facilitar o acesso de água no solo	Gerar menos resíduo e poluição	Não gerar risco para o público	Viabilizar a compreensão sobre o funcionamento sistema-produto	Possuir fácil adaptação às adversidades do meio	Gerar interações de uso coletivo	Utilizar recursos e materiais que agridam menos o meio ambiente	Viabilizar alternativas mais próximas do natural	Manifestar clareza nas informações	Proporcionar sentimento de apreço pelo sistema-produto	Conectar o público com novas manifestações estéticas	Possuir estética agradável ao público	Possibilitar interação do público com o sistema produto	Agregar fatores fenomenológicos ao sistema produtor	Valorização da cobertura vegetal e do meio natural	Facilitar as diretrizes técnicas para fabricação, produção e aplicação do sistema produto	Gerar alternativas que o sistema-produto funcione sem necessitar de outros recursos	Facilitar a comunicação entre as pessoas	Facilitar o desenvolvimento mútuo entre natural e o urbano	Integrar formas de comunicação	Constituir elementos que não gerem obstáculos	Coerência nas diretrizes do projeto	Possibilitar a auto-funcionamento do sistema produto	Prever a resiliência da vegetação natural	Gerar menos impactos ao solo e meio natural	Ampliar as relações com o público	Fornecer estabilidade	Ser agradável e confortável	Possuir elementos que sejam de uso universal	Agregar elementos que promovam bem-estar para o público alvo	Integrar formas de comunicação	Possibilitar outras funções e usos do sistema-produto	Ser inclusivo com diversidade do público		
Acessibilidade	5	3	5	5	3	5	3	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5
Autonomia	3	3	5	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3
Bem-estar	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5
Coletividade	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	
Comunicação	3	5	3	5	5	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	
Custo	5	3	3	1	1	1	5	1	3	1	1	3	3	1	3	3	3	1	1	3	3	3	1	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3	3	1	1	
Ecologia	5	3	3	3	3	3	5	3	5	3	3	3	3	5	5	5	5	1	5	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	
Engajamento	3	5	5	5	5	5	1	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	1	3	5	5	5	5	3	5	5	1	3	
Entendimento	4	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3	5	5	3	3		
Estética	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3	5	5	1	5			
Experiência	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5	1	5	5	3	5	5	1	5			
Resiliência	4	3	1	3	3	5	3	1	5	1	3	3	5	5	5	3	5	1	3	3	3	3	5	3	5	3	3	1	3	3	3	3	3	3	1	1		
Segurança	5	5	3	5	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	3	5	5	3	3		
Sustentabilidade	5	5	3	3	5	5	5	3	3	3	3	3	5	3	3	3	5	3	3	3	3	3	5	3	3	1	3	5	3	5	3	5	3	5	5	3	3	
Versatilidade	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	5	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	5	1	1	1	3	1	1	1		
Valor Final de Importância	245	233	261	229	256	263	214	261	197	261	271	277	285	289	281	304	147	261	261	271	271	279	276	307	287	157	207	271	255	265	203	271	257	145	217			

TABELA QFD – Alternativa 2 – Módulo Simples

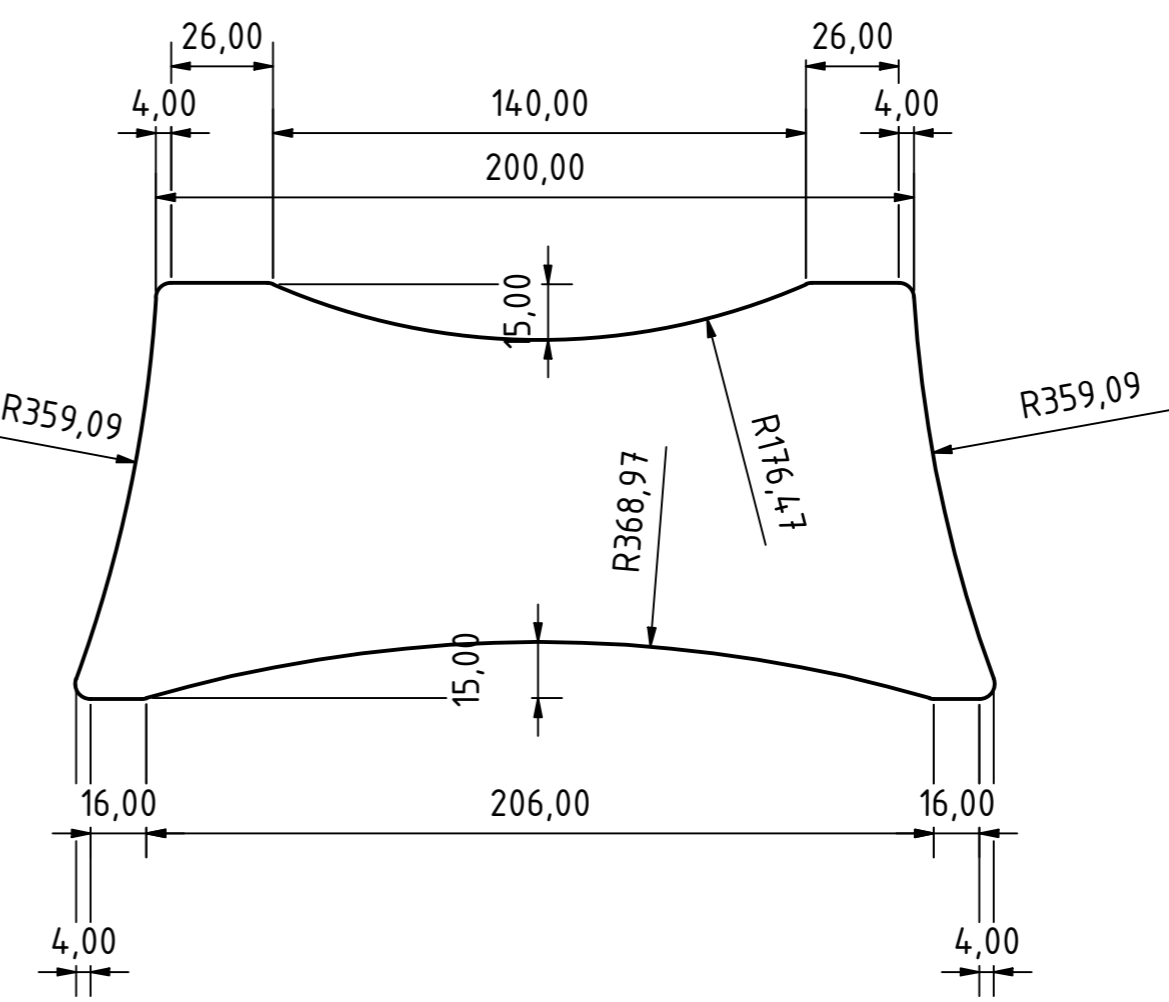
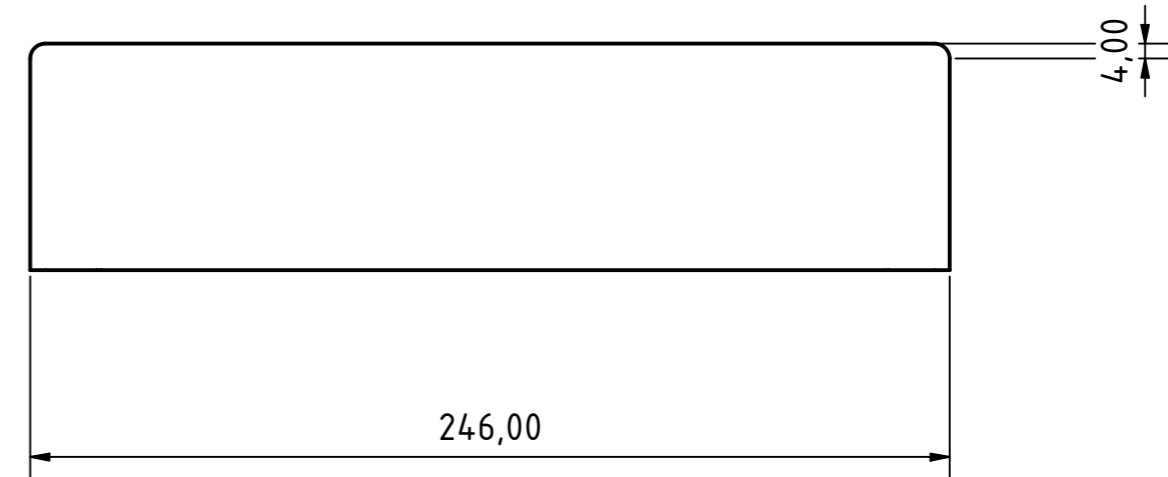
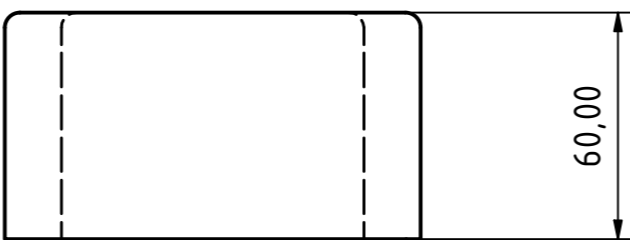
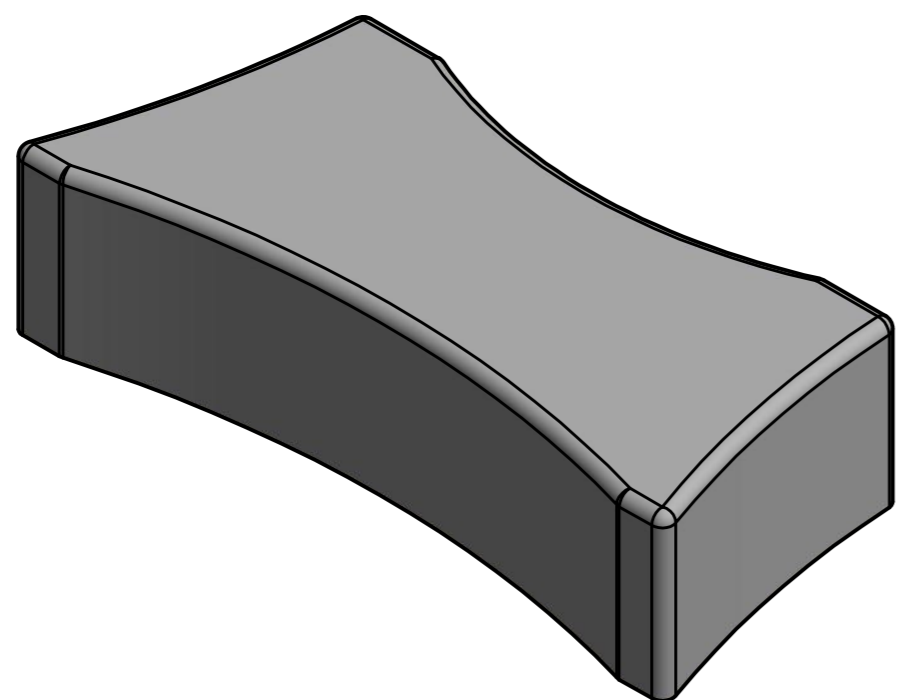
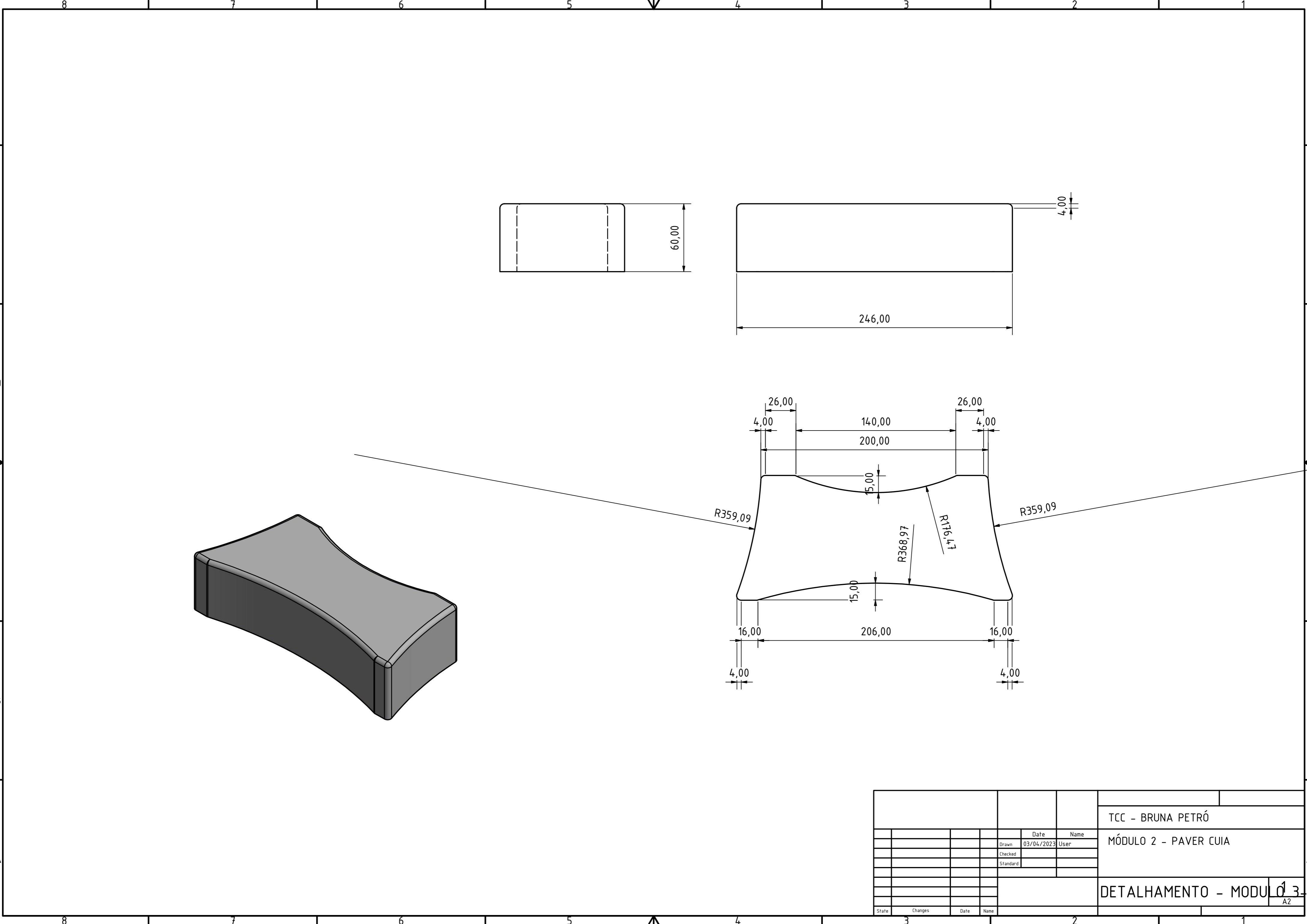
	Peso	Resolver de forma equilibrada todos os fatos que envolvem o sistema produto	Viabilizar a compreensão do significado sistema-produto	Facilitar o acesso de água no solo	Gerar menos resíduo e poluição	Não gerar risco para o público	Viabilizar a compreensão sobre o funcionamento sistema-produto	Possuir fácil adaptação às adversidades do	Gerar interações de uso coletivo	Utilizar recursos e materiais que agridam me o meio ambiente	Viabilizar alternativas mais próximas do nat	Manifestar clareza nas informações	Proporcionar sentimento de apreço pelo sistema-produto	Conectar o público com novas manifestações estéticas	Possuir estética agradável ao público	Possibilitar interação do público com o sist produto	Agregar fatores fenomenológicos ao siste produtor	Valorização da cobertura vegetal e do me natural	Facilitar as diretrizes técnicas para fabricaç produção e aplicação do sistema produt	Gerar alternativas que o sistema-produto funcione sem necessitar de outros recurs	Facilitar a comunicação entre as pessoa	Facilitar o desenvolvimento mútuo entre natu o urbano	Integrar formas de comunicação	Constituir elementos que não gerem obstác	Coerência nas diretrizes do projeto	Possibilitar a auto-funcionamento do siste produto	Prever a resiliência da vegetação natura	Gerar menos impactos ao solo e meio natu	Ampliar as relações com o público	Fornecer estabilidade	Ser agradável e confortável	Possuir elementos que sejam de uso unive	Agregar elementos que promovam bem-es para o público alvo	Integrar formas de comunicação	Possibilitar outras funções e usos do sistema-produto	Ser inclusivo com diversidade do público	
Acessibilidade	5	3	3	5	5	5	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3	3	5	5	5	1	3	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	3	3	3	1	3
Autonomia	3	3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	3	3	3	3	3	3	5	5	5	1	3	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	3	3	3	1	3
Bem-estar	5	3	3	5	5	5	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	1	3	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	3	3	3	1	3
Coletividade	4	3	3	5	5	3	5	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	1	3	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	3	3	3	1	3
Comunicação	3	3	5	5	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	1	3	3	5	3	5	3	5	3	3	3	5	3	3	3	1	3
Custo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ecologia	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Engajamento	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	1	1
Entendimento	4	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	1	1
Estética	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	1	1
Experiência	4	3	3	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	1	1
Resiliência	4	3	3	5	5	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3	1	3	5	5	5	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	1	1
Segurança	5	5	3	5	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sustentabilidade	5	5	3	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	3	3	3	5	5	5	5	3	5	3	5	5	5	3	5	5	3	5	3	5	3	3	3	3
Versatilidade	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	3	5	3	1	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	5	3	1	1	1	
Valor Final de Importância	229	209	285	285	246	211	192	157	275	235	229	189	195	203	195	210	277	283	277	123	229	209	286	253	229	203	263	173	209	219	255	159	135	127	163		

TABELA QFD – Alternativa 3 – Módulo Duplo

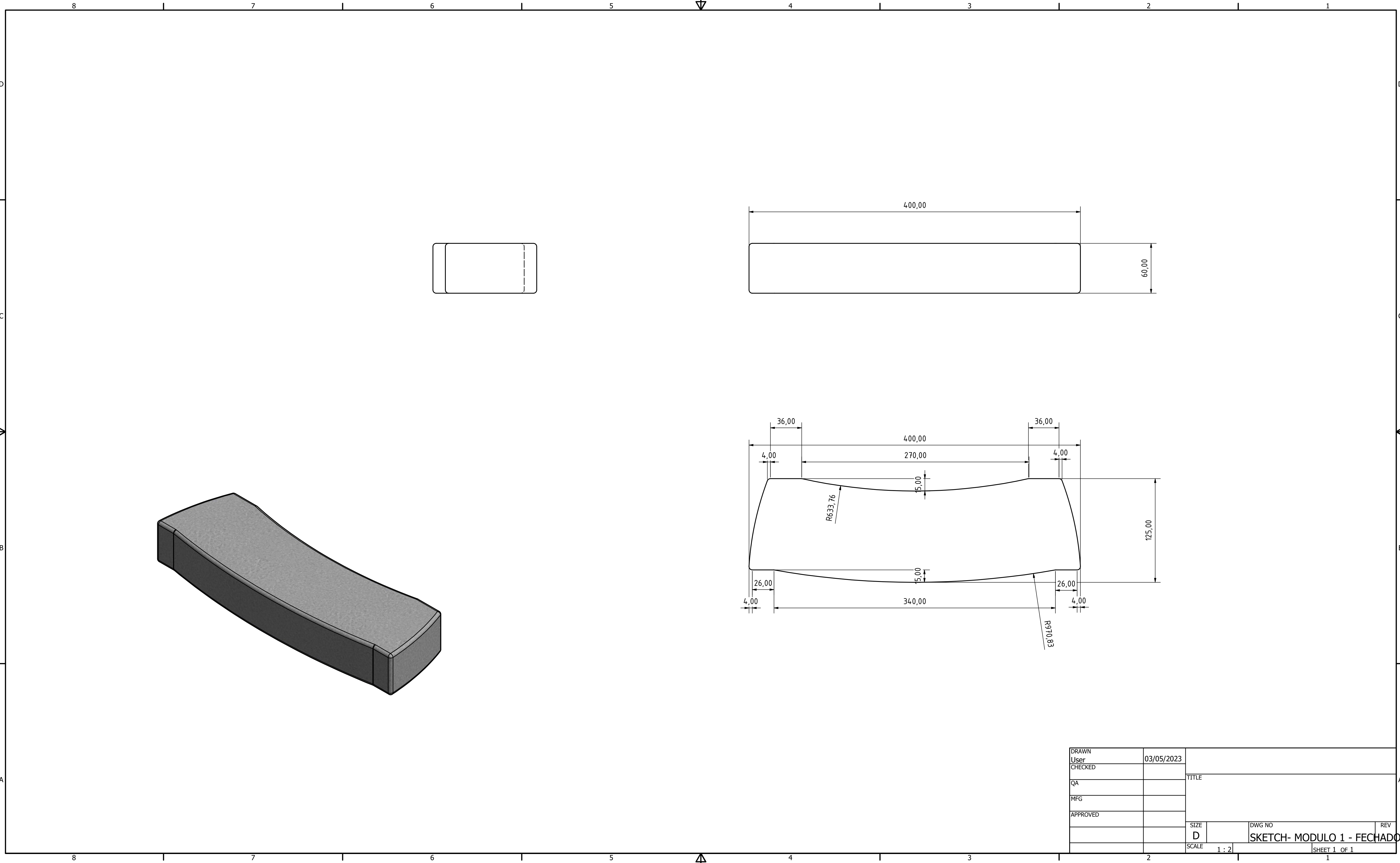
	Peso	Resolver de forma equilibrada todos os fatos que envolvem o sistema-produto	Viabilizar a compreensão do significado sistema-produto	Facilitar o acesso de água no solo	Gerar menos resíduo e poluição	Não gerar risco para o público	Viabilizar a compreensão sobre o funcionamento sistema-produto	Possuir fácil adaptação às adversidades do	Gerar interações de uso coletivo	Utilizar recursos e materiais que agridem me o meio ambiente	Viabilizar alternativas mais próximas do nat	Manifestar clareza nas informações	Proporcionar sentimento de apreço pelo sistema-produto	Conectar o público com novas manifestações estéticas	Possuir estética agradável ao público	Possibilitar interação do público com o sist produto	Agregar fatores fenomenológicos ao siste produtor	Valorização da cobertura vegetal e do me natural	Facilitar as diretrizes técnicas para fabricaç produção e aplicação do sistema produt	Gerar alternativas que o sistema-produto funcione sem necessitar de outros recurs	Facilitar a comunicação entre as pessoa	Facilitar o desenvolvimento mútuo entre natu o urbano	Integrar formas de comunicação	Consistir elementos que não gerem obstac	Coerência nas diretrizes do projeto	Possibilitar a auto-funcionamento do siste produto	Prever a resiliência da vegetação natura	Gerar menos impactos ao solo e meio natu	Ampliar as relações com o público	Fornecer estabilidade	Ser agradável e confortável	Possuir elementos que sejam de uso unive	Agregar elementos que promovam bem-es para o público-alvo	Integrar formas de comunicação	Possibilitar outras funções e usos do sistema-produto	Ser inclusivo com diversidade do público	
Acessibilidade	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	5	1	3	3	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	5	3	3	1	3
Autonomia	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	5	1	3	3	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	5	3	3	1	3
Bem-estar	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	5	1	3	3	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	5	3	3	1	3
Coletividade	4	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	5	1	3	3	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	5	3	3	1	3
Comunicação	3	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	5	1	3	3	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	5	3	3	1	3
Custo	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ecologia	5	3	3	5	3	3	3	5	3	5	5	3	5	5	3	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	3	5	5	5	3	5	3	3	3	5
Engajamento	3	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	3	5	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	3	3	3	3	5
Entendimento	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	3	3	3	5
Estética	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	3	3	3	5
Experiência	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	3	3	3	3	5
Resiliência	4	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5	5	5	5	3	3	5	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Segurança	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	5	3	5	3	3	5	5	3	5	3	5	3	3	5	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sustentabilidade	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	3	3	5	5	3	5	3	5	3	5	5	5	3	5	5	3	5	3	5	3	3	3	3
Versatilidade	3	5	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3
Valor Final de Importância		295	283	275	249	246	267	266	307	291	281	249	269	299	269	193	236	267	149	249	183	289	189	222	221	237	279	249	289	231	241	195	319	201	145	231	



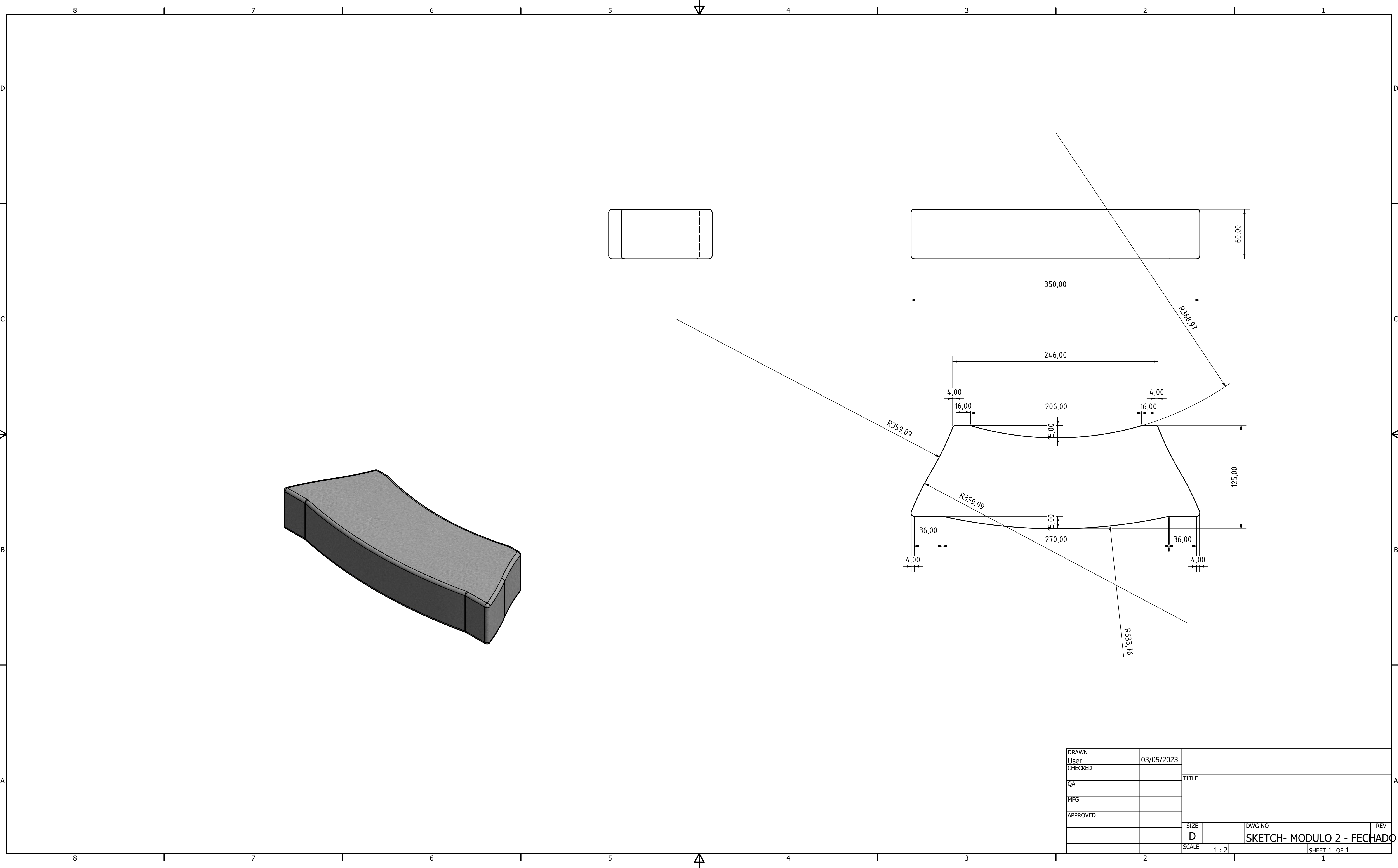
				TCC - BRUNA PETRÓ		
		Date	Name	MÓDULO 2 - PAVER CUIA		
		Drawn	03/04/2023			User
		Checked				
		Standard				
				DETALHAMENTO - MÓDULO 2 - PAVER CUIA		
State	Changes	Date	Name	A2		



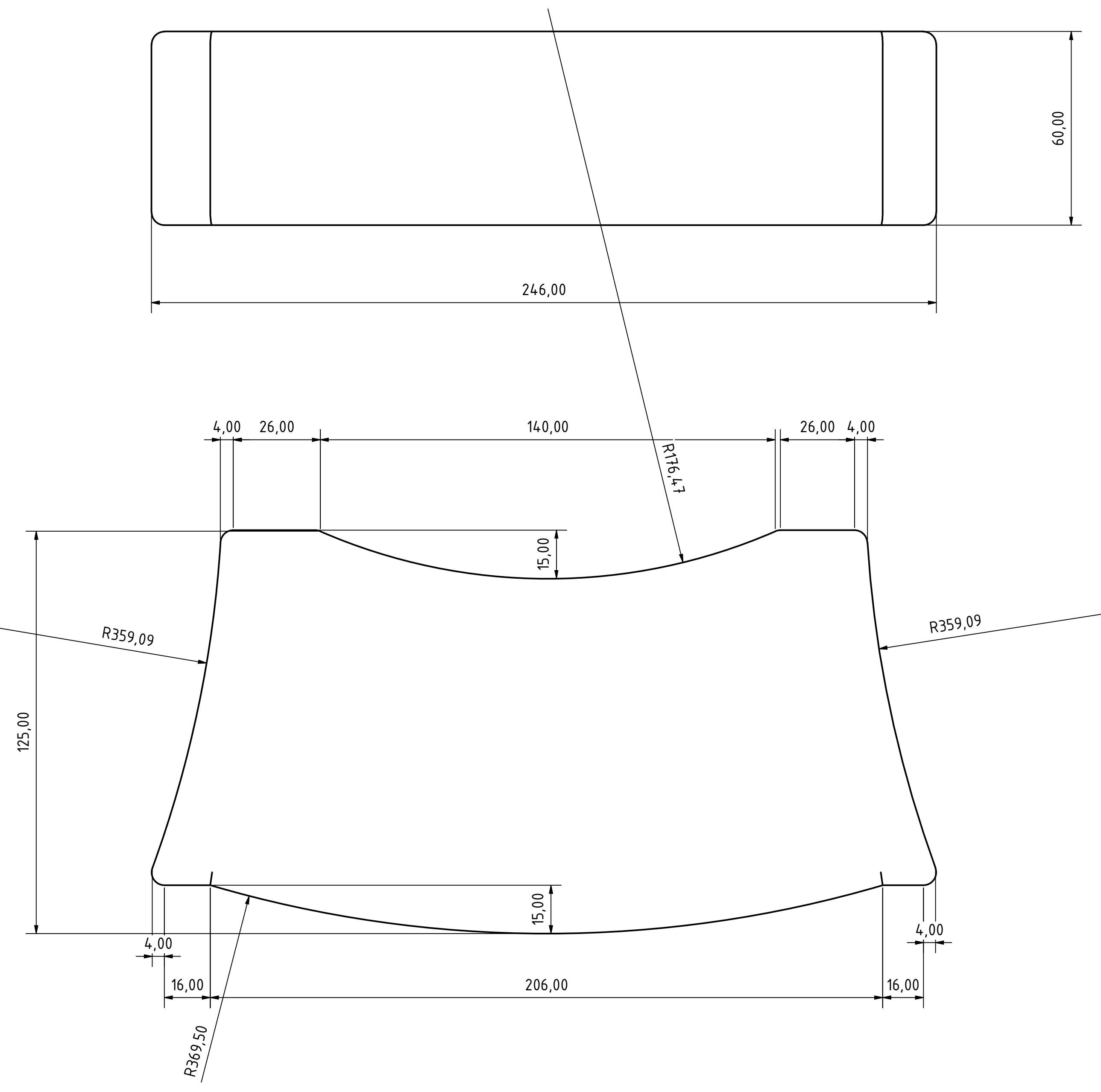
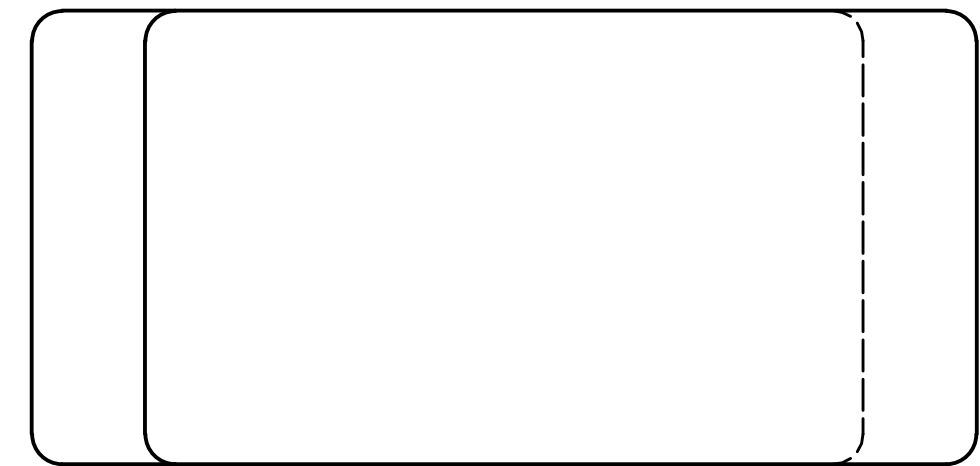
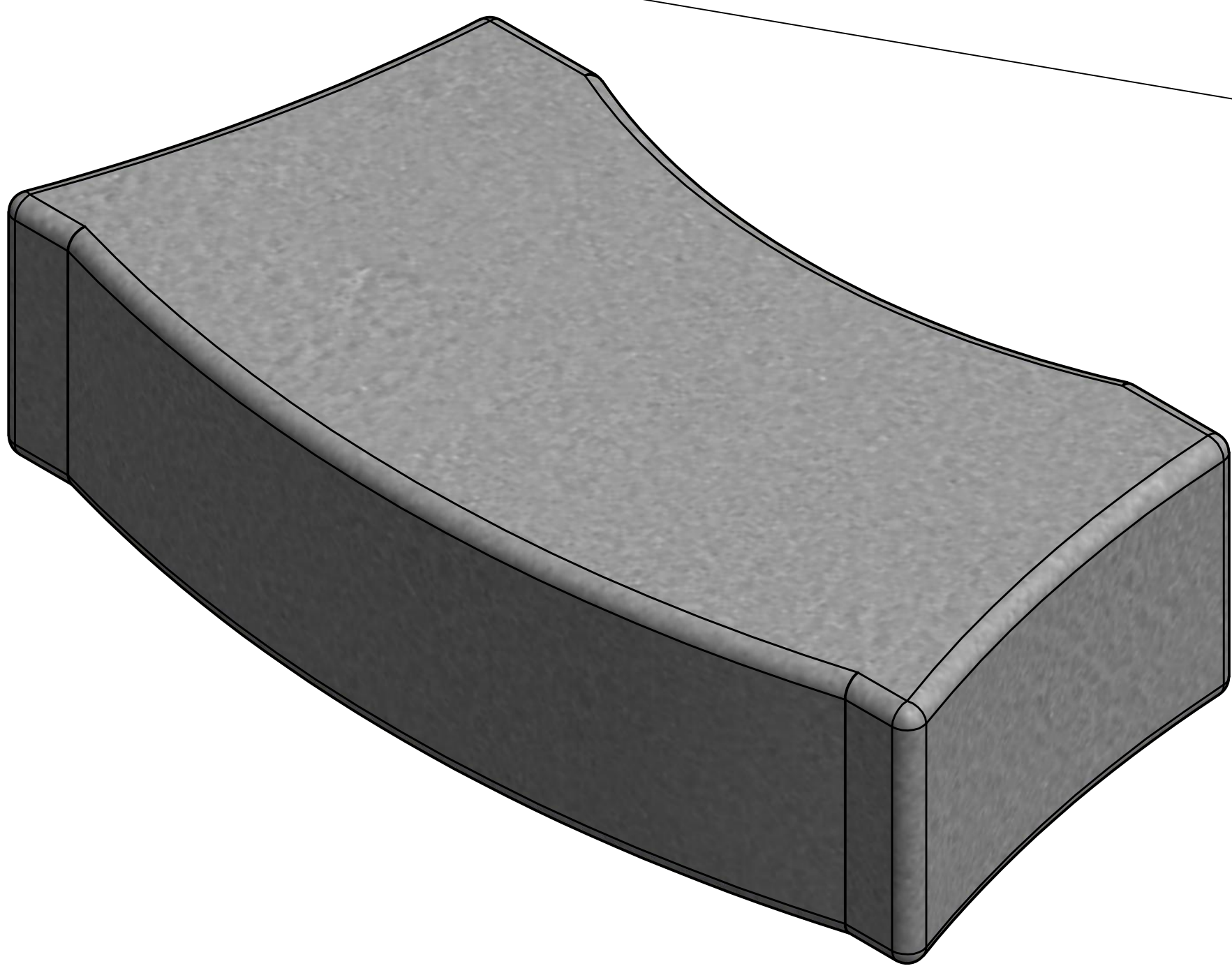
				TCC - BRUNA PETRÓ	
		Date	Name	MÓDULO 2 - PAVER CUIA	
		Drawn	03/04/2023	User	
		Checked			
		Standard			
				DETALHAMENTO - MODULO 13 - PA	
				A2	
State	Changes	Date	Name		



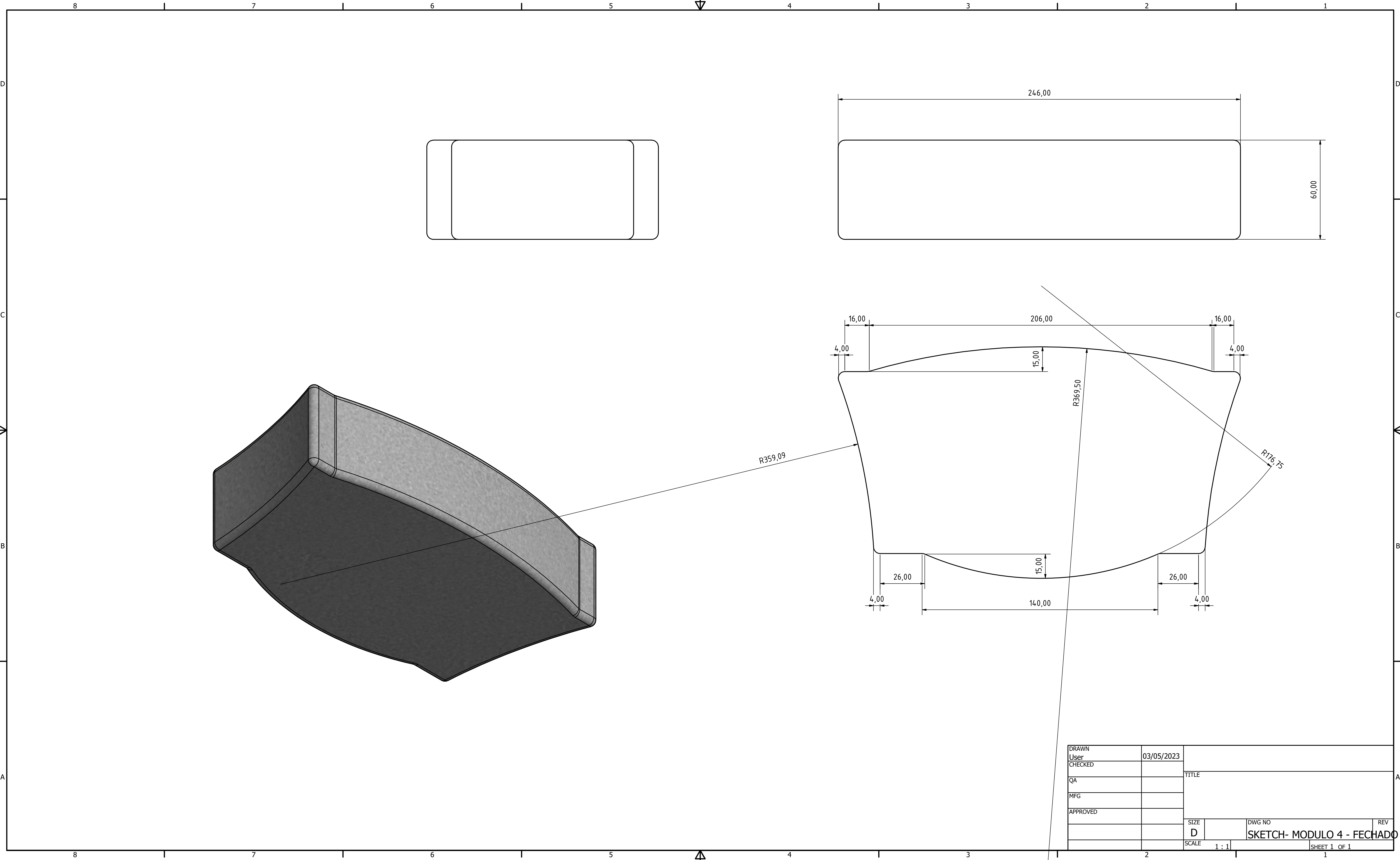
DRAWN	03/05/2023		
User		TITLE	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		D	SKETCH- MODULO 1 - FECHADO
		SCALE	REV
		1 : 2	
		SHEET 1 OF 1	



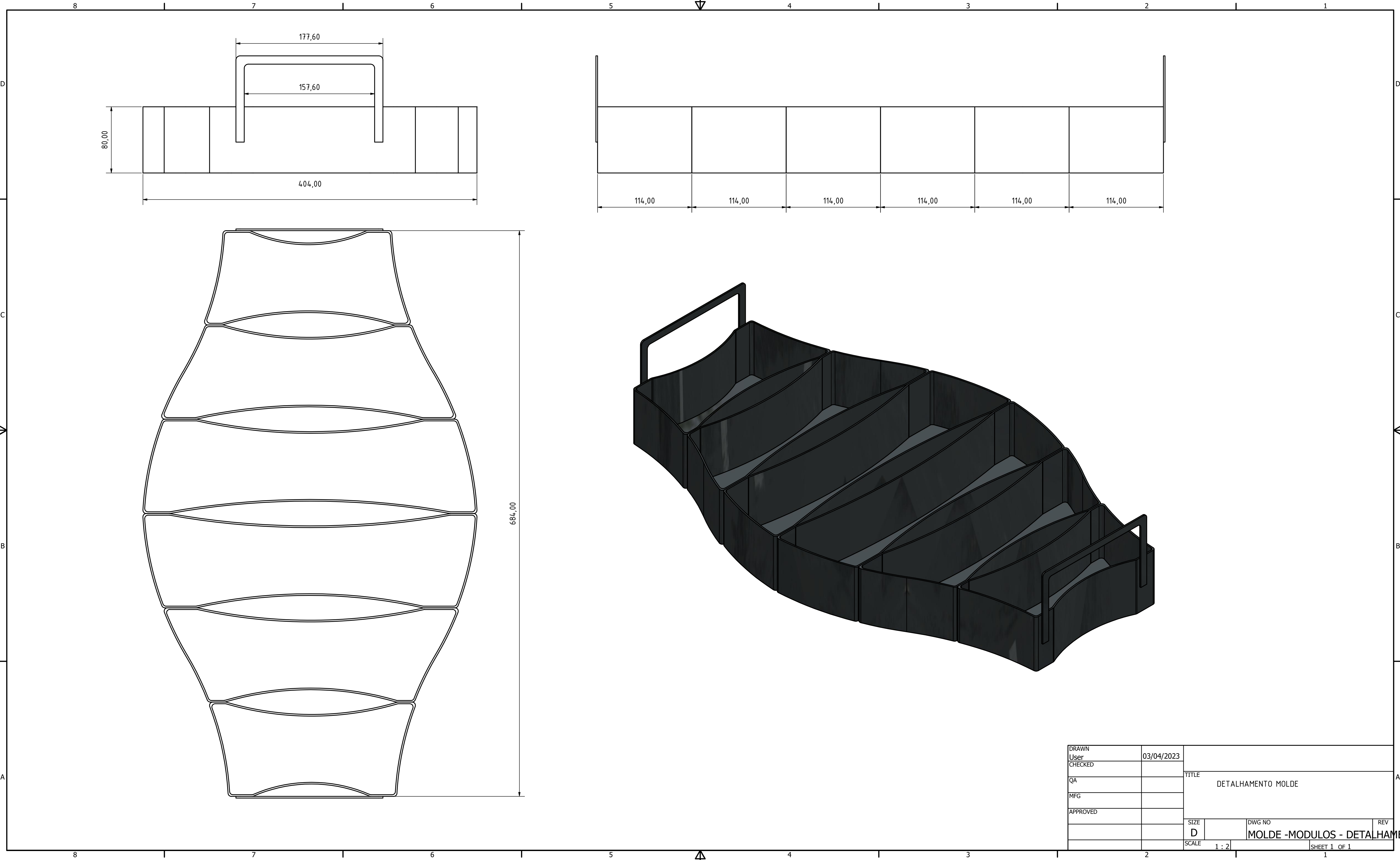
DRAWN	03/05/2023		
User			
CHECKED		TITLE	
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		D	SKETCH- MODULO 2 - FECHADO
		SCALE	REV
		1 : 2	1
			SHEET 1 OF 1



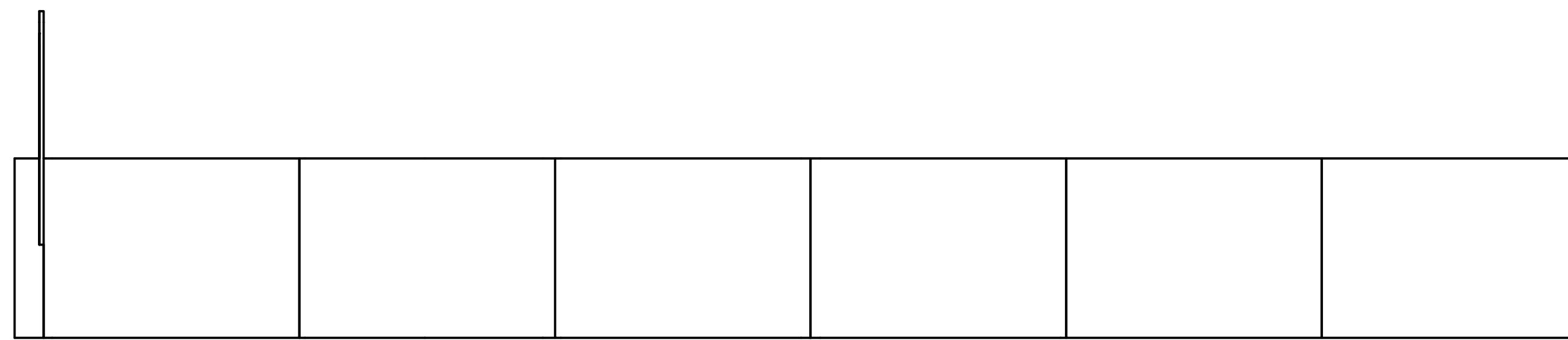
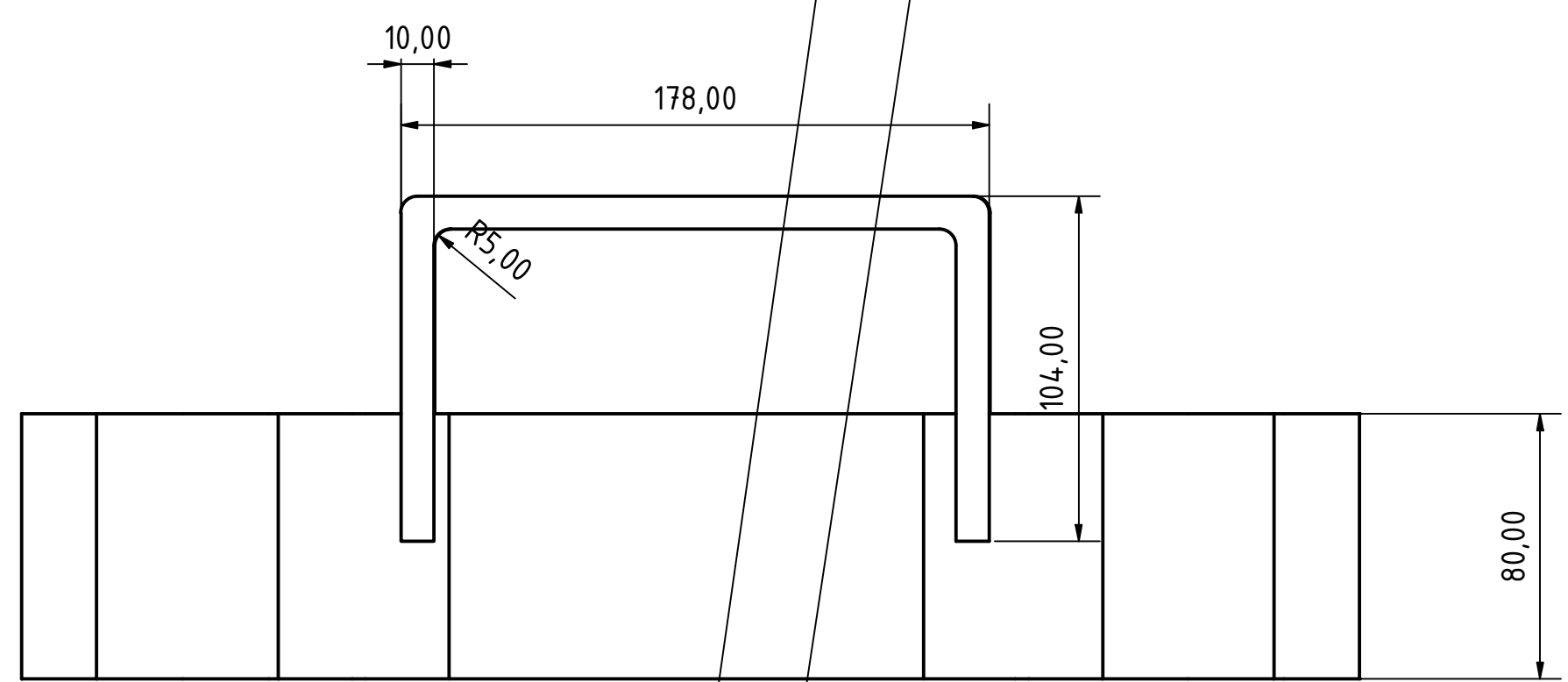
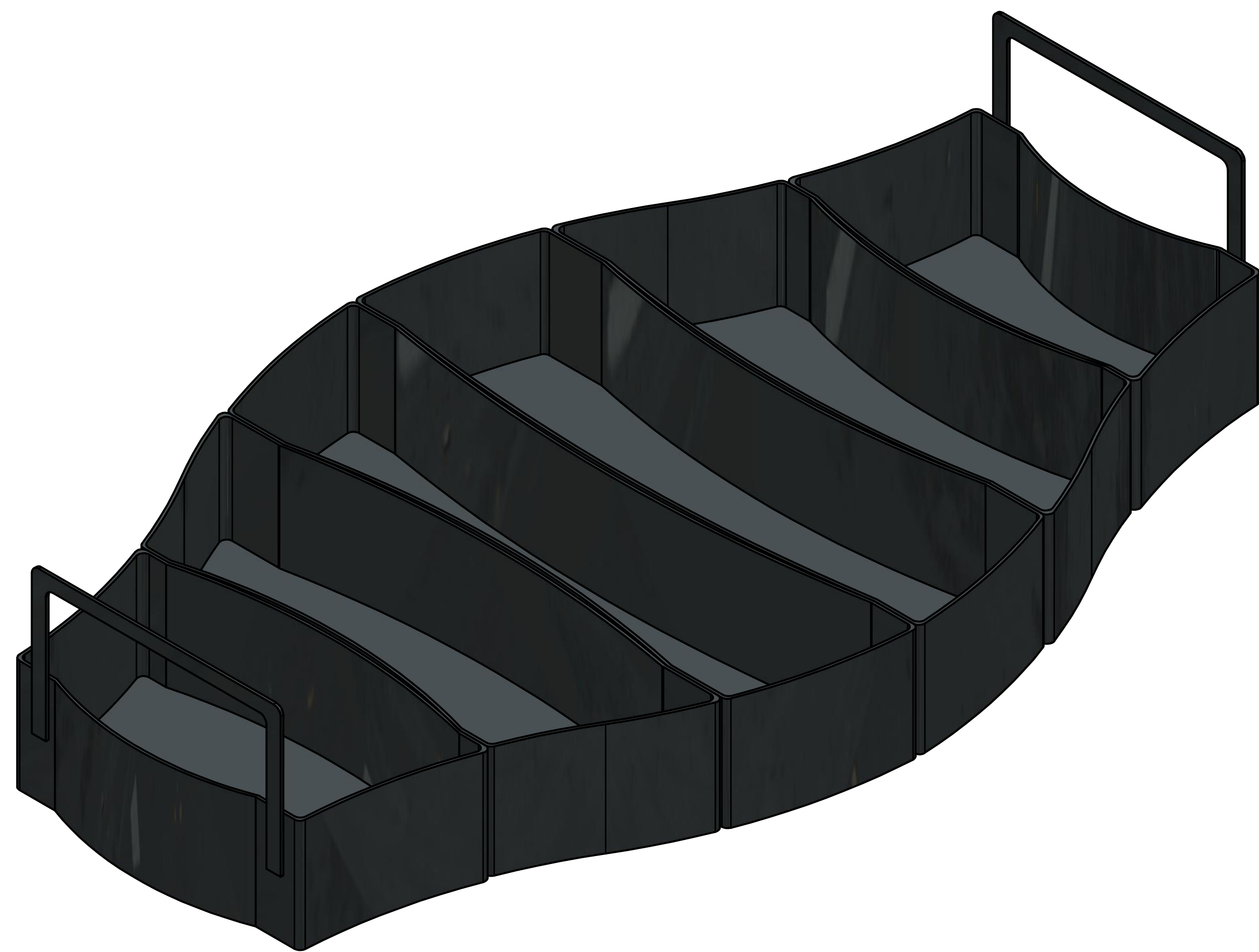
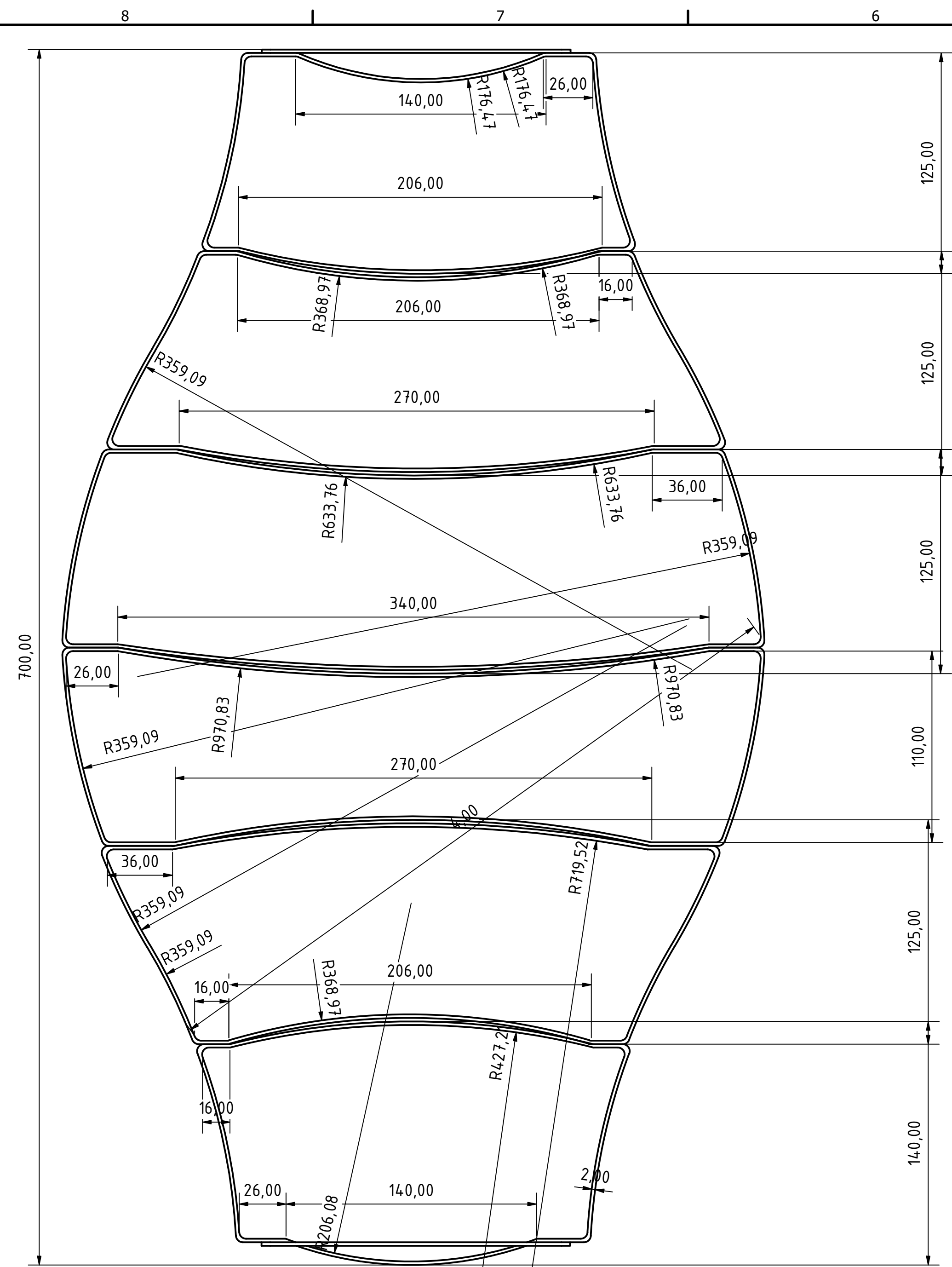
DRAWN	03/05/2023		
User		TITLE	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		D	SKETCH- MODULO 3 - FECHADO
		SCALE	REV
		1 : 1	
		SHEET 1 OF 1	



DRAWN	03/05/2023		
User		TITLE	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		D	SKETCH- MODULO 4 - FECHADO
		SCALE	REV
		1 : 1	
		SHEET 1 OF 1	



DRAWN	03/04/2023		
User			
CHECKED		TITLE	
QA		DETALHAMENTO MOLDE	
MFG			
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		D	MOLDE -MODULOS - DETALHAMENTO
		SCALE	1 : 2
			REV
			SHEET 1 OF 1



DRAWN	03/05/2023		
User		TITLE	
CHECKED			
QA			
MFG			
APPROVED			
		SIZE	DWG NO
		D	MOLDE -MODULOS - FECHADO
		SCALE	1 / 2
			REV
			SHEET 1 OF 1