



Produto Pactuado

Relatório de implantação do OICS em 2023.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Ciência, Tecnologia e Inovação



cgEE

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

**Produto Pactuado - Relatório de
implantação do OICS em 2023.**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Ciência, Tecnologia e Inovação

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

**Produto Pactuado - Relatório de implantação do
OICS em 2023.**



Brasília, DF

Dezembro, 2023

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Presidente

Fernando Cosme Rizzo de Assunção

Diretores

Ary Antônio Mergulhão Filho (até novembro 2023)

Carlos Fortner

Produto Pactuado – Relatório de implantação do OICS em 2023. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2023.

172 p : il.

1. Plataforma Digital 2. Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis 3. Soluções e indicadores de desempenho 4. Sustentabilidade urbana 5. Trajetórias e cenários de soluções para sustentabilidade.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

SCN Quadra 2 Bloco A

Edifício Corporate Financial Center salas 1102/1103

70712-900 - Brasília, DF

Telefone: (61) 3424.9600

<http://www.cgEE.org.br>

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos neste relatório poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada à fonte.

Referência bibliográfica:

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE. Relatório de implantação do OICS em 2023.

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis - OICS. Brasília, DF: Dezembro/2023

*Este relatório é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do **3º** Contrato de Gestão CGEE – **2º** Termo Aditivo. Projeto Temático: Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis. **8.10.51.08.01.05//1.10.01.01.02.05(Novo Centro de Custo)***

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

Produto Pactuado – Relatório de implantação do OICS em 2023.

Supervisão

Ary Antônio Mergulhão Filho (até novembro de 2023)

Assessoria de supervisão

Renata Barbosa

Consultores

Régis Rathmann (PNUMA- Coordenador de Plataformas)

Roberto Schaeff (Coordenador Consultoria FIPE/USP e COPPE/UFRJ)

Alexandre Szklo

André F. P. Lucena

Pedro Rochedo

Joana Portugal

Romildo Dias Toledo Filho

Ana Carolina Fiorini

Mariana Império

Fábio Teixeira Ferreira da Silva

Gerd Brantes Angelkorte

Amanda Jorge Vinhoza de Carvalho Silva

Camila Ludovique Callegari

Matheus Richter Poggio de Carvalho

Táisa Nogueira Morais

Equipe técnica do CGEE

Raiza Gomes Fraga (Líder do Projeto)

Patrícia Reis Ferreira de Andrade (Analista Técnica)

Rafael de Almeida Metzner (Analista Administrativo)

Ana Luiza Gomes (Estagiária)

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| 1. PLATAFORMAS DE CIDADES E O PAPEL VISANDO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL | 14 |
| 1.1 OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS (OICS) | 17 |
| 2. CONTRIBUIÇÃO DE FERRAMENTAS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO INTEGRADA NACIONAIS PARA A SUSTENTABILIDADE URBANA | 26 |
| 2.1 CENÁRIOS PARA SUBSIDIAR O OICS | 28 |
| 2.1.1 Premissas gerais das trajetórias | 30 |
| 2.2 ESTRATÉGIA DE ALINHAMENTO SETORIAL PARA SUBSIDIAR O OICS | 35 |
| 3. TRAJETÓRIAS E INDICADORES QUANTITATIVOS PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ADOÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS | 38 |
| 3.1 MACROCRITÉRIOS E INDICADORES | 38 |
| 3.2 INDICADORES DE POTENCIAL DE MITIGAÇÃO, EMPREGOS, CRESCIMENTO ECONÔMICO E COMPETITIVIDADE LOCAL QUANTIFICADOS | 40 |
| 3.3 PONTUAÇÃO E RANQUEAMENTO DAS SOLUÇÕES DA PLATAFORMA OICS | 49 |
| 4. ANÁLISE DE MULTICRITÉRIO APLICADA PARA O RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DE SOLUÇÕES URBANAS SUSTENTÁVEIS | 55 |
| 4.1 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO | 55 |
| 4.1.1 Seleção das soluções | 57 |
| 4.1.2 Análise multicritério | 58 |
| 4.1.3 Valor final, ranqueamento e priorização das soluções | 82 |
| 4.2 ESTUDOS DE CASO DE RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS | 84 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 99 |
| Referências | 103 |
| Apêndice A: SOLUÇÕES DO OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS por área temática | 141 |

| | |
|--|------------|
| <i>Apêndice B: COMPATIBILIZAÇÃO DE ÁREAS TEMÁTICAS, ÁREAS DE INTERVENÇÃO E SETORES ECONÔMICOS DE APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS</i> | 148 |
| <i>Apêndice C: FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES DE IMPACTO DAS SOLUÇÕES DO OICS</i> | 151 |
| <i>Apêndice D: PARTICIPANTES DAS OFICINAS REGIONAIS</i> | 170 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| <i>Figura 1: Primeira camada de informação da plataforma OICS</i> | 18 |
| <i>Figura 2: Camadas de informação da seção “soluções e casos”</i> | 19 |
| <i>Figura 3: Retrato da aba Mata Interativo</i> | 21 |
| <i>Figura 4: Camadas de informação da seção “mapa interativo”</i> | 22 |
| <i>Figura 5: Informações da base de dados do OICS</i> | 24 |
| <i>Figura 6: Iterações entre as ferramentas de avaliação integrada (IAM)</i> | 27 |
| <i>Figura 7: Projeções para o PIB global entre 2020 e 2100 a partir do cenário SSP2</i> | 31 |
| <i>Figura 8: Projeção do PIB brasileiro entre 2020 e 2050 a partir do cenário SSP2 (Índice 2011=1)</i> | 32 |
| <i>Figura 9: Compatibilização entre os resultados do ferramental proposto e as áreas do OICS</i> | 36 |
| <i>Figura 10: Estrutura da ferramenta AHP aplicada para pontuação e ranqueamento das soluções</i> | 39 |
| <i>Figura 11: Variação média anual no crescimento econômico setorial do cenário COP26 em relação ao cenário Linha de Base até 2050 (%)</i> | 43 |
| <i>Figura 12: Variação média anual no crescimento do emprego setorial do cenário COP26 em relação ao cenário Linha de Base até 2050 (%)</i> | 45 |
| <i>Figura 13: Variação média anual na produtividade do capital e trabalho setorial do cenário COP26 em relação ao cenário Linha de Base até 2050 (%)</i> | 47 |
| <i>Figura 14: Fluxograma de atividades visando à pontuação, ranqueamento e priorização multicritério das soluções do OICS</i> | 57 |
| <i>Figura 15: Estrutura da ferramenta AHP aplicada para pontuação e ranqueamento das soluções</i> | 59 |
| <i>Figura 16: Nível de acessibilidade e tipos de mecanismos de crédito para financiamento das soluções do OICS</i> | 78 |
| <i>Figura 17: Matriz de julgamento de pares</i> | 81 |
| <i>Figura 18: Passos para o cálculo do vetor de prioridades</i> | 81 |
| <i>Figura 19: Resultado da ponderação dos critérios para as regiões Centro-Oeste e Nordeste</i> | 85 |
| <i>Figura 20: Peso final de cada indicador para a Região Centro-Oeste</i> | 85 |
| <i>Figura 21: Peso final de cada indicador para a Região Nordeste</i> | 86 |
| <i>Figura 22: Fluxograma esquemático do sistema automático proposto para ranqueamento e priorização de soluções do OICS para gestores municipais</i> | 101 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|--|----|
| <i>Quadro 1: Número de soluções do OICS por área temática</i> | 24 |
| <i>Quadro 2: Descrição dos macrocritérios e indicadores avaliados quantitativamente</i> | 40 |
| <i>Quadro 3: Potenciais de mitigação de emissões por áreas temáticas e de intervenção (Ambiente Construído, Mobilidade e Energia)</i> | 41 |
| <i>Quadro 4: Potenciais de mitigação de emissões por áreas temáticas e de intervenção (Resíduos Sólidos, Saneamento e Soluções baseadas na Natureza)</i> | 42 |
| <i>Quadro 5: Variação média no PIB do Cenário COP26 relativamente ao cenário Linha de Base em 2022, 2025 e 2030</i> | 43 |
| <i>Quadro 6: Variação média nos empregos do cenário COP26 relativamente ao cenário Linha de Base em 2022, 2025 e 2030</i> | 45 |
| <i>Quadro 7: Variação média na produtividade do capital e trabalho do Cenário COP26 relativamente ao cenário Linha de Base em 2022, 2025 e 2030</i> | 47 |
| <i>Quadro 8: Escala de pontuação conforme a classificação do desempenho de uma solução em determinado critério</i> | 49 |
| <i>Quadro 9: Descrição dos macrocritérios e indicadores avaliados quali-quantitativamente</i> | 59 |
| <i>Quadro 10: Descrição dos níveis de maturidade (SRL) e classificação ADMC das soluções</i> | 61 |
| <i>Quadro 11: Estrutura geral de ponderação de critérios indicadores</i> | 80 |
| <i>Quadro 12: Ranqueamento AHP das 20 soluções com maior pontuação para a região Centro-Oeste</i> | 88 |
| <i>Quadro 13: Ranqueamento AHP das 20 soluções com maior pontuação para a região Nordeste</i> | 88 |
| <i>Quadro 14: Soluções prioritárias de Ambiente Construído por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste</i> | 90 |
| <i>Quadro 15: Soluções prioritárias de Energia por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste</i> | 92 |
| <i>Quadro 16: Soluções prioritárias de Mobilidade por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste</i> | 93 |
| <i>Quadro 17: Soluções prioritárias de Resíduos Sólidos por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste.</i> | 95 |
| <i>Quadro 18: Soluções prioritárias de Saneamento por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste</i> | 96 |
| <i>Quadro 19: Soluções baseadas na Natureza prioritárias por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste</i> | 97 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabela 1: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador MIT</i> | 50 |
| <i>Tabela 2: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador EMP</i> | 50 |
| <i>Tabela 3: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador ECO</i> | 51 |
| <i>Tabela 4: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador CLC</i> | 52 |
| <i>Tabela 5: Ranqueamento de soluções segundo os indicadores MIT, ECO, EMP e CLC</i> | 54 |
| <i>Tabela 6: Escala de pontuação conforme a classificação do desempenho de uma solução em determinado critério</i> | 60 |
| <i>Tabela 7: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador SRL</i> | 62 |
| <i>Tabela 8: Justificativas e notas a serem atribuídas no subindicador NEC</i> | 62 |
| <i>Tabela 9: Justificativas e notas a serem atribuídas no subindicador ODS</i> | 63 |
| <i>Tabela 10: Justificativas e notas a serem atribuídas no subindicador REG</i> | 64 |
| <i>Tabela 11: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador NAS</i> | 65 |
| <i>Tabela 12: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador de VCL</i> | 66 |
| <i>Tabela 13: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador de VCL</i> | 67 |
| <i>Tabela 14: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador QAR</i> | 68 |
| <i>Tabela 15: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador QAR</i> | 68 |
| <i>Tabela 16: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador BIO</i> | 69 |
| <i>Tabela 17: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador ENE</i> | 70 |
| <i>Tabela 18: Número de ocorrências e percepções dos atores, segundo palavras-chave mais frequentes identificadas na base de dados</i> | 71 |
| <i>Tabela 19: Intervalos de ocorrência por percepção, segundo palavras-chave, justificativas e notas a serem atribuídas no indicador ACE</i> | 71 |
| <i>Tabela 20: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador REG</i> | 76 |
| <i>Tabela 21: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador IAS</i> | 77 |
| <i>Tabela 22: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador DFI</i> | 79 |

INTRODUÇÃO

As cidades são responsáveis por cerca de 70% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) e do produto interno bruto (PIB) global, enquanto detêm cerca de 50% da população mundial (ONU, 2016; IEA, 2021). A população urbana deve quase dobrar até 2050. Como consequência, as cidades concentram cada vez mais pessoas, atividades econômicas, interações sociais e culturais, bem como impactos ambientais e humanitários (ONU, 2016). Diante disso, o ambiente urbano será onde as consequências das mudanças climáticas serão sentidas de forma mais severa (Van der Heijden, 2019). Alterações no clima já estão impactando a saúde humana, os meios de subsistência e as principais infraestruturas das cidades, esperando-se que estes impactos se agravem no médio e longo prazo (IPCC, 2022).

Assim, as cidades têm um papel crucial na mitigação das emissões de GEE e na adaptação para reduzir os impactos das mudanças climáticas. A crescente conscientização sobre os impactos e riscos climáticos tem levado muitas cidades a incluir estratégias de enfrentamento desta problemática no planejamento urbano (IPCC, 2022, GCoM, 2022). Várias tecnologias estão disponíveis para ações climáticas urbanas (Huang, 2020; Santamouris e Kolokotsa, 2016), contudo, ainda é incipiente a adoção de metodologias e instrumentos de política pública visando facilitar a adoção de soluções urbanas para enfrentamento da mudança do clima.

Em sentido amplo, iniciativas visando ao desenvolvimento urbano sustentável permanecem incipientes nas cidades devido à priorização de questões como crescimento econômico, saneamento, provisão de moradia e segurança pública (de Souza Leão et al., 2021). Nesse contexto, ferramentas de apoio à decisão podem auxiliar os tomadores de decisão a enfrentar os desafios climáticos, potencializando o alcance de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visto que a ação climática é capaz de gerar cobenefícios tecnológicos, físicos, socioeconômicos, ambientais, institucionais e regulatórios (Fuso Nerini et al., 2019; IPCC 2022).

A necessidade de dados de melhor qualidade sobre as cidades é um elemento estruturante crítico que dificulta o monitoramento do alcance das metas de desenvolvimento urbano no contexto de metas climáticas e de agendas globais, como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015; Habitat III, 2016). Como muitos países passaram a tomar decisões em nível local, crescentemente têm sido desenvolvidas plataformas e observatórios para apoiar o processo de tomada de decisão relacionado à sustentabilidade urbana (Miller et al., 2021).

No Brasil, diferentes plataformas contam com subsídios integrados ao planejamento urbano sustentável. O Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS) consiste em uma plataforma virtual que reúne soluções sustentáveis inovadoras para as cidades. São seis áreas de interesse: Ambiente Construído, Energia, Saneamento (Água), Saneamento (Resíduos Sólidos), Mobilidade e Soluções Baseadas na Natureza. Além de fornecer insumos aos formuladores de políticas, o OICS também busca inspirar o público a levar uma vida mais sustentável e incentivar o desenvolvimento de cidades mais resilientes e humanas (CGEE, 2022).

A plataforma OICS de apoio à gestão urbana sustentável foi desenvolvida no âmbito do projeto “*Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através de Planejamento Urbano Integrado e do Investimento em Tecnologias Inovadoras (CITInova)*”, que teve como principal objetivo a promoção do planejamento e investimento integrados e sustentáveis nas cidades do Brasil. O CITInova é um projeto multilateral com duração de cinco anos, de 2018 a 2023, realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) com financiamento do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, na sigla em inglês), implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e executado em parceria com Agência Recife para Inovação e Estratégia (Aries) e Porto Digital, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Programa Cidades Sustentáveis (PCS) e Secretaria do Meio Ambiente (Sema/GDF) (CITInova, 2022).

Relativamente ao OICS, a meta é incentivar a adoção de soluções que promovam o desenvolvimento urbano sustentável. Portanto, pretende-se ajudar os tomadores de decisão a avaliar e implantar tecnologias, metodologias e instrumentos de política pública que contribuam, especialmente, para a transição de baixo carbono e conservação da

biodiversidade, potencializando cobenefícios segundo diferentes indicadores de sustentabilidade. Interessantemente, o Observatório perpassa o objetivo de apresentar soluções qualitativamente, classificando-as segundo 16 indicadores de impacto da adoção em ambiente urbano. Tal métrica permitiu, inclusive, desenvolver metodologia multicritério, aplicada em formato piloto para atores das regiões Centro-Oeste e Nordeste, para ranqueamento e priorização das soluções por áreas temáticas e desafios das cidades.

Este documento apresenta as trajetórias de sustentabilidade elaboradas, a partir das quais foram identificadas soluções e obtidos indicadores quantitativos visando ao ranqueamento e priorização das soluções do OICS para aplicação nas cidades, bem como os elementos teóricos da metodologia multicritério e indicadores que foram avaliados quali-quantitativamente, destacando-se a proposta de ferramenta automatizada de ranqueamento e priorização das soluções do OICS para promoção do desenvolvimento urbano sustentável nacional.

Essas atividades representam a evolução dos conteúdos oferecidos pela plataforma OICS, após revisão do banco de soluções e estudos de caso por parte de trinta especialistas. A consolidação da plataforma OICS no ano de 2023 teve como principal objetivo garantir que os conteúdos disponibilizados são de informação segura e tecnicamente adequadas para o enfrentamento dos desafios urbanos. Além disso, a equipe OICS realizou etapas de disseminação da plataforma destacando evento presencial, treinamento online, webinários e oficinas com gestores públicos. Neste documento, destacamos os conteúdos apresentados pelo OICS em sua versão final no ano de 2023, resumindo as ações implementadas na plataforma neste período.

1. PLATAFORMAS DE CIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Governos municipais podem exercer um papel central na adoção de medidas visando à transição de baixo carbono e conservação da biodiversidade (Dawkins et al., 2019). Para tanto, devem ser removidos entraves com vistas a potencializar ligações políticas locais-nacionais, tendo em vista o caráter federativo nacional (Childers et al., 2014). A seguir, serão brevemente discutidas lacunas que precisam ser abordadas para aumentar o protagonismo do planejamento urbano no desenvolvimento sustentável.

É possível afirmar que embora as cidades desempenhem um papel central no avanço das metas de sustentabilidade, lacunas políticas colocam questões críticas sobre até que ponto estas e os governos locais podem enfrentar os desafios da sustentabilidade (Leck e Roberts, 2015). A implementação de soluções pelas cidades é moldada por formas de governança que vão além dos limites urbanos e exigem um programa de governança multinível (MLG) que combina políticas verticais e horizontais, com governança adaptativa descentralizada (Fuhr et al., 2018; Gonzales-Iwanciw e outros, 2020). Um MLG permite não só fomentar iniciativas locais, mas também criar redes para facilitar a disseminação de melhores práticas e soluções em todas as escalas. Um desafio, portanto, para a atual estrutura brasileira que concentra, sobretudo, as decisões acerca das políticas climáticas em nível nacional (de Souza Leão et al., 2021; di Gregorio et al., 2019).

Para que políticas visando ao desenvolvimento urbano sustentável sejam bem-sucedidas, é necessária uma colaboração entre e dentro dos diferentes níveis de governo, bem como a cooperação com o setor privado. Dada a amplitude das questões abrangidas pela agenda de sustentabilidade, a capacidade de governos locais, ou mesmo de entes não governamentais de conduzir ou influenciar ativamente uma estratégia com este objetivo é limitada. Enquanto algumas autoridades urbanas desfrutam de poder político significativo ou influência sobre diferentes áreas geográficas, sobretudo quando representam cidades de grande porte, outras têm escopo ou competência limitada (Leichenko, 2011). Assim, existem diversos entraves estruturais para o desenvolvimento de uma economia sustentável que se baseie nas ações das cidades e dos governos locais.

Uma estrutura de governança multinível pode ajudar a enfrentar muitos dos desafios para projetar e implementar políticas eficazes (Bulkeley, 2005; Ryan, 2015).

Além da forma constitucional de governo, há em algumas partes do Brasil falta de capacidade administrativa e financeira das cidades para aproveitar os recursos internacionais existentes (di Gregorio et al., 2019). Existem, portanto, lacunas de gestão administrativa e de financiamento de ações que precisam ser superadas para auxiliar as cidades a se tornarem mais sustentáveis.

Dado o exposto anteriormente, descrevem-se ações que podem ser tomadas para que governos locais possam ampliar o protagonismo das cidades na tomada de decisão acerca da adoção de soluções promotoras da sustentabilidade (Ngadiron e Radzi, 2016; Geroe, 2019; Mi et al., 2019). Em última análise, o surgimento das soluções depende do nível de demanda do mercado por tais serviços e do poder das autoridades locais para influenciar essa demanda (Hammer et al., 2011). Contudo, uma série de iniciativas está disponível para os governos que desejam promover soluções sustentáveis no nível da cidade, como será descrito brevemente a seguir por área temática.

As cidades podem facilitar a transição para fontes de energia mais limpas e ampliar a adoção de medidas de eficiência energética. Os gestores municipais podem usar sua autoridade regulatória para remover obstáculos à produção local de energia renovável e sua autoridade autônoma para comprar energia renovável para operações urbanas ou regionais (Lo, 2014). Outras estratégias para facilitar o uso de energia limpa incluem a compra direta de eletricidade e biocombustíveis produzidos a partir de fontes renováveis de energia, assim como a adoção de instrumentos regulatórios visando promover ações de efficientização energética em edificações e na iluminação pública (Song et al., 2017).

Em relação à mobilidade urbana, governos locais podem empregar uma variedade de soluções visando à descarbonização tanto na qualidade de autoridades reguladoras, gerentes de sistemas de transporte público e redes rodoviárias, compradores e defensores de ações não governamentais locais, quanto por meio de gastos e incentivos diretos. Os gestores municipais podem usar seu controle regulatório sobre o sistema viário para aumentar a parcela de viagens não motorizadas, principalmente de bicicleta e a pé (Glazener e Khreis, 2019). As cidades também podem promover a eletromobilidade, por

meio da disponibilização de pontos de recarga e disponibilização de áreas para aluguel de veículos elétricos. Mais do que isso, podem incentivar a descarbonização nos diferentes modais de transportes, por meio da elaboração de instrumentos de comando e controle visando à hibridização e/ou eletrificação total, por exemplo, do transporte público de passageiros (Churkina et al., 2021).

A gestão de resíduos sólidos urbanos, por outro lado, normalmente fica sob a alçada do governo local, que tem liberdade considerável em termos da decisão dos métodos de coleta, tratamento, disposição, reaproveitamento e reuso (Santin et al., 2017). A viabilização de investimentos em reciclagem de energia, por exemplo, pode acelerar a regeneração de *brownfields* (locais abandonados ou sem ocupação), gerando novos empregos e crescimento econômico (Singh et al., 2011).

No que diz respeito às soluções baseadas na natureza, as autoridades locais, em seus papéis como proprietários de terras e planejadores de desenvolvimento, espaço aberto e recursos ambientais, podem estabelecer políticas de uso da terra e ecossistemas para aumentar a resiliência urbana, restaurar e conservar os serviços dos ecossistemas, limpar superfícies e melhorar as áreas verdes (Sarabi et al., 2019). As políticas de recursos naturais também podem aumentar a eficácia das políticas de zoneamento de uso da terra, melhorando a qualidade das áreas de alta densidade, por meio da criação de parques e outros espaços abertos (Seddon et al., 2021).

As cidades dependem fortemente dos recursos hídricos para sustentar a vida e a atividade econômica e fornecer outras funções de serviços ecossistêmicos. A água está, no entanto, sob constante pressão da superexploração e muitas vezes recebe menor prioridade em termos de investimento público (Orner e Mihelcic, 2017). Embora os governos municipais tenham um papel limitado no avanço de soluções e processos tecnológicos para obter maior eficiência hídrica (por exemplo, nanotecnologias, química, águas residuais recicladas e dessalinização da água do mar), as cidades podem implementar essas práticas em instalações públicas e incentivar o uso mais amplo entre os cidadãos. Ademais, a gestão de inundações geralmente é de responsabilidade dos governos locais, assim sendo possível adotar soluções, como zonas de gestão de riscos e centros de

monitoramento de desastres naturais, para endereçar este problema (Lerebours et al., 2021).

Em relação ao ambiente construído, os códigos de construção são uma das alavancas políticas mais importantes no desenvolvimento de cidades mais sustentáveis. Os regulamentos de eficiência energética podem ser adotados nos códigos de construção locais, estabelecendo critérios de design e localização para reduzir a demanda de energia e para iluminar e climatizar edificações (Almeida et al., 2018; O'Brien et al., 2020; Shen e Fitriaty, 2018). Dessa forma, as cidades podem buscar melhorias no projeto de construção, com telhados verdes, jardins verticais, *retrofits* de energia, dentre outras medidas.

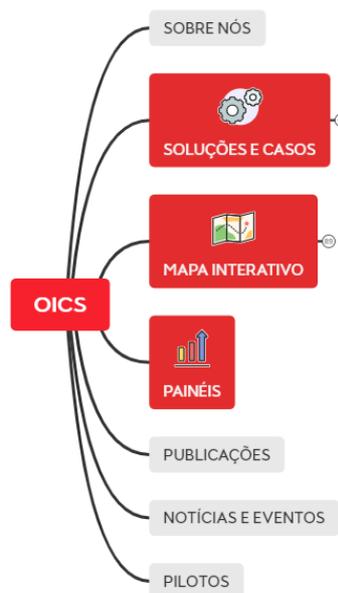
O exposto acima resumiu exemplos de ações urbanas de sustentabilidade referenciadas na literatura técnico-científica. A partir de breve descrição das plataformas produzidas no âmbito do projeto CITInova, as seções que seguem detalharão soluções adicionais e indicadores de impacto, constantes no OICS, que poderão ser utilizados pelos gestores públicos municipais para apoiar a tomada de decisão visando ao planejamento urbano sustentável.

1.1 OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS (OICS)

O OICS é uma plataforma direcionada aos gestores públicos municipais e demais *stakeholders*, com o objetivo de ser uma plataforma colaborativa de mapeamento e divulgação de soluções urbanas inovadoras contextualizadas ao território nacional por meio de tipologias de cidades-regiões (OICS, 2022). A partir de um espaço virtual, de domínio público, o OICS objetiva articular gestores públicos, sociedade civil, empresas e academia em prol da agenda urbana, co-criando alternativas para a transição das cidades rumo à sustentabilidade. Para tanto, o OICS utiliza de uma estrutura que envolve: a) Estudo e caracterização do território brasileiro por meio de dados geobiofísicos e indicadores temáticos; b) Mapeamento e divulgação de soluções urbanas contextualizadas ao território nacional; e c) Uso de processos de co-criação, levantamento de dados e consulta a especialistas.

A plataforma OICS é hospedada no domínio “https://oics.cgee.org.br/”. O menu de navegação do website permite o direcionamento para sete seções, conforme ilustrado na Figura 1. As abas destacadas em vermelho, “soluções e casos”, “mapa interativo” e “painéis”, permitem que o usuário explore o banco de dados da plataforma. Já as abas destacadas em cinza, “sobre nós”, “publicações”, “notícias e eventos” e “pilotos” fornecem a contextualização da plataforma, publicações associadas ao projeto, as últimas notícias e os projetos pilotos relativos à adoção das soluções constantes no Observatório.

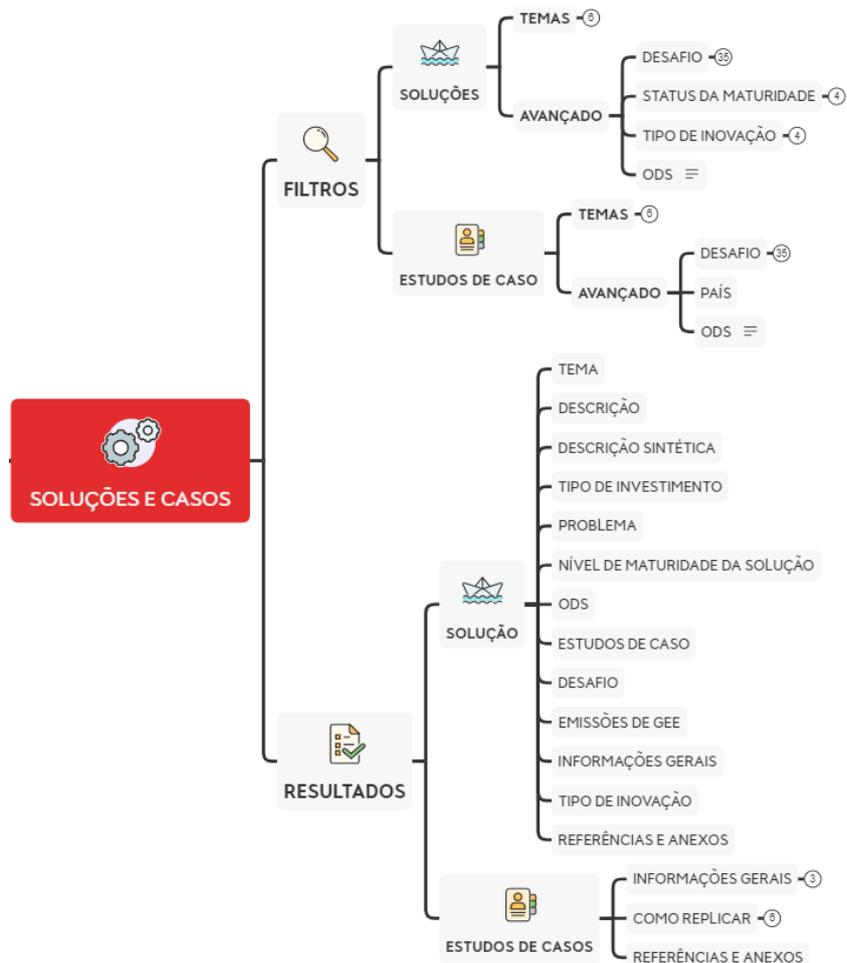
Figura 1: Primeira camada de informação da plataforma OICS



Fonte: Elaboração própria.

No OICS, “soluções” e “estudos de casos” são dois relevantes elementos do banco de dados, assim definidos (OICS, 2022): a) Soluções são modelos replicáveis de alternativas sustentáveis para desafios urbanos; e b) Estudos de caso são aplicações práticas de soluções, detalhando contextos e implicações. Cada uma dessas entidades apresenta um conjunto de informações determinadas, denominados de atributos, que caracterizam a entidade (Salzberg, 2014). Alguns atributos podem ser comuns a ambas as entidades como, por exemplo, o atributo “Temas”, que categoriza por setor tanto as soluções quanto os estudos de casos (ver Figura 2).

Figura 2: Camadas de informação da seção “soluções e casos”



Fonte: Elaboração própria.

A ilustração representada na Figura 2 descreve tanto os atributos que permitem filtrar as informações no banco de dados – nos módulos simples e avançado – quanto os dados disponibilizados para cada solução e estudo de caso. Cada número em circunferência representa uma camada a mais de informação; por exemplo, “Solução” é um atributo multivalorado e apresenta 13 classes.

As soluções presentes na plataforma são classificadas de acordo com uma das seis áreas temáticas, a saber: Saneamento – Resíduos Sólidos, Saneamento – Água, Soluções Baseadas na Natureza (SBN), Ambiente Construído, Energia e Mobilidade. Cada solução, apresenta uma descrição detalhada de seu funcionamento, constando qual o escopo da solução, como se desenvolve seu processo e quais são os cobenefícios ambientais, econômicos, sociais e energéticos decorrentes da solução, em ambiente urbano. As

soluções também contam com uma descrição do problema ao qual a solução é endereçada. Ademais, são fornecidas informações sobre os ODS, emissões de GEE, desafios e informações gerais vinculados às soluções e sobre os estudos de caso referentes à cada solução.

A plataforma também apresenta o nível de maturidade da solução, indicando o estágio em que a solução se encontra, em termos de disponibilidade de aplicação. Ou seja, se a solução é de fácil implementação ou ainda se encontra em estágio de desenvolvimento. Essa informação é relevante para o gestor público, na medida em que ele pode optar por selecionar soluções de acordo com o grau de urgência de implementação, vinculando as soluções ao curto, médio e longo prazos. O nível de maturidade é classificado em i) Ideação e Pesquisa; ii) Aplicada em Escala Piloto; iii) Disponível Comercialmente e Aplicada; e iv) Amplamente Disseminada.

Essas informações conferem ao gestor público a possibilidade de selecionar soluções de acordo com critérios e demandas locais específicas. Não obstante, permite que as soluções possam ser acessadas por área, por ODS, por desafios e nível de maturidade, de forma que o gestor, ao se deparar com um problema ou desafio, poderá selecionar soluções que a princípio endereçam ao mesmo problema, mas que possuem características distintas. Por exemplo, o gestor poderia optar por uma solução com foco na geração de emprego e redução de emissões, que apresentem nível de maturidade de implementação em estágio mais avançado, e que, portanto, poderia ser implementada mais facilmente ou de maneira mais rápida.

Outra estrutura da plataforma do OICS é a seção “mapa interativo”, que dá acesso a uma ferramenta de georreferenciamento que permite visualizar e relacionar de forma interativa diversas camadas de informações, conforme ilustrado na Figura 3. O mapa permite identificar quais soluções foram implementadas em quais municípios, utilizando como *proxy* os estudos de casos. Por exemplo, a solução “agricultura urbana” foi implementada em quatro estudos de casos. Assim, é possível consultar a experiência de cada cidade na execução da solução, o que auxilia tomadores de decisão a construir seu próprio projeto.

Figura 3: Retrato da aba Mapa Interativo

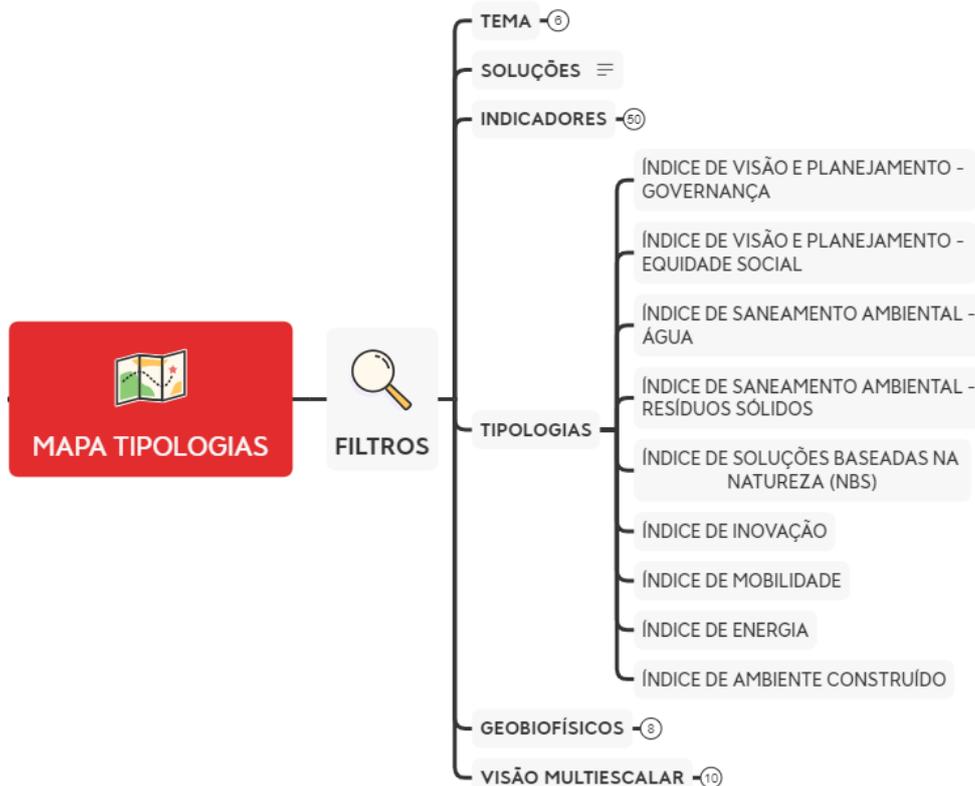


Fonte: Elaboração própria.

Essa seção da plataforma estabelece ainda novas camadas de informação, denominadas de indicadores e tipologias. A definição de tipologia do OICS deriva de um estudo dos tipos de território que compõem o Brasil, realizado com base em uma vasta coleção de indicadores, dados geográficos e índices, que qualificam as cidades-regiões a partir de suas características sociodemográficas, de governança, de inovação, de equidade social e ambientais, relacionando-as aos temas da sustentabilidade para que o usuário encontre a solução mais adequada para sua localidade (CGEE, 2020).

Em resumo, o estudo de tipologias utiliza 50 indicadores para desenvolver índices de sustentabilidade dos municípios nos temas de interesse da plataforma, como pode ser observado na Figura 4. A ferramenta permite a visualização do indicador e da tipologia, que é mensurado por um conjunto de indicadores, e identifica em 5 níveis – do crítico ao favorável – o índice de, por exemplo, mobilidade de cada município (CGEE, 2020).

Figura 4: Camadas de informação da seção “mapa interativo”



Fonte: Elaboração Fipe, baseado em informações do OICS.

Utilizando desta arquitetura, é possível que o usuário busque por informações e as visualize de maneira integrada no mapa, permitindo a navegação e cruzamento de informações do banco de dados.

Observa-se ainda que poucas soluções são disponibilizadas por municípios, em particular nas regiões NE, CO e N, no mapa de tipologias. Isto ocorre devido ao conceito de cidades-região desenvolvido para categorização dos 5568 municípios do Brasil (CGEE, 2020). A metodologia, muito utilizado na literatura nacional e internacional para tratar questões de ordem sistêmica, considera questões econômicas, sociais, de infraestrutura e ambientais para identificar *clusters* de cidades-regiões representativas¹. Neste contexto, a partir dos indicadores de cada cidade-região, a ferramenta estabelece os municípios que tem

¹ As cidades-regiões selecionadas compreendem 509 municípios, isto é, 9% do número de municípios, concentradas em sua maioria na região sul e sudeste.

desafios semelhantes. Isto é, a ferramenta retorna soluções aplicáveis em cidades que apresentam características próximas.

Exemplificando, no caso de um gestor do município de Fortaleza, interessado em soluções aplicáveis para lidar com o desafio de trazer maior mobilidade não motorizada, a ferramenta fornece estudos de casos aplicados nas cidades de Recife, Fortaleza, Natal e Niterói, pois estas são as cidades que apresentam tipologias semelhantes e, portanto, sinergias. No entanto, essa premissa limita as soluções aplicáveis nos municípios.

Com vistas a contornar a limitação de poucas soluções aplicáveis no mapa de tipologias, a plataforma do OICS poderá incorporar, futuramente, a metodologia multicritério descrita na seção 4, a qual ampliará a funcionalidade do banco de dados, permitindo, por exemplo, que o processo de priorização das soluções seja realizado. Aplicando técnicas de análise multicritério (Wang et al., 2009), neste caso as soluções do banco de dados poderiam ser classificadas por um conjunto de critérios de avaliação e ranqueadas de acordo com as prioridades de desenvolvimento elencadas pelos gestores públicos. Assim, um tomador de decisão que atribui um peso maior ao nível de maturidade da solução e impacto que esta promove na biodiversidade, poderá identificar o conjunto de soluções que melhor atende estes critérios. Essa funcionalidade permitirá que os usuários possam responder novas perguntas, ponderando múltiplos critérios, como:

- Qual conjunto de soluções permite a redução das emissões com ampla aceitação pública?
- Qual conjunto de soluções apresenta uma alta disponibilidade de linhas de financiamento, permite o aumento da geração de renda e empregos?
- Qual conjunto de soluções possui ampla aplicabilidade, produz maiores benefícios ambientais e econômicos?

O gestor público, por meio da plataforma do OICS, tem acesso à um banco de dados com 295 soluções, devidamente descritas e distribuídas em áreas temáticas (Quadro 1 e Apêndice A), vinculadas aos ODS, classificadas de acordo com o nível de maturidade de implementação, vinculados a estudos de caso, que elucidam seu funcionamento e implementação.

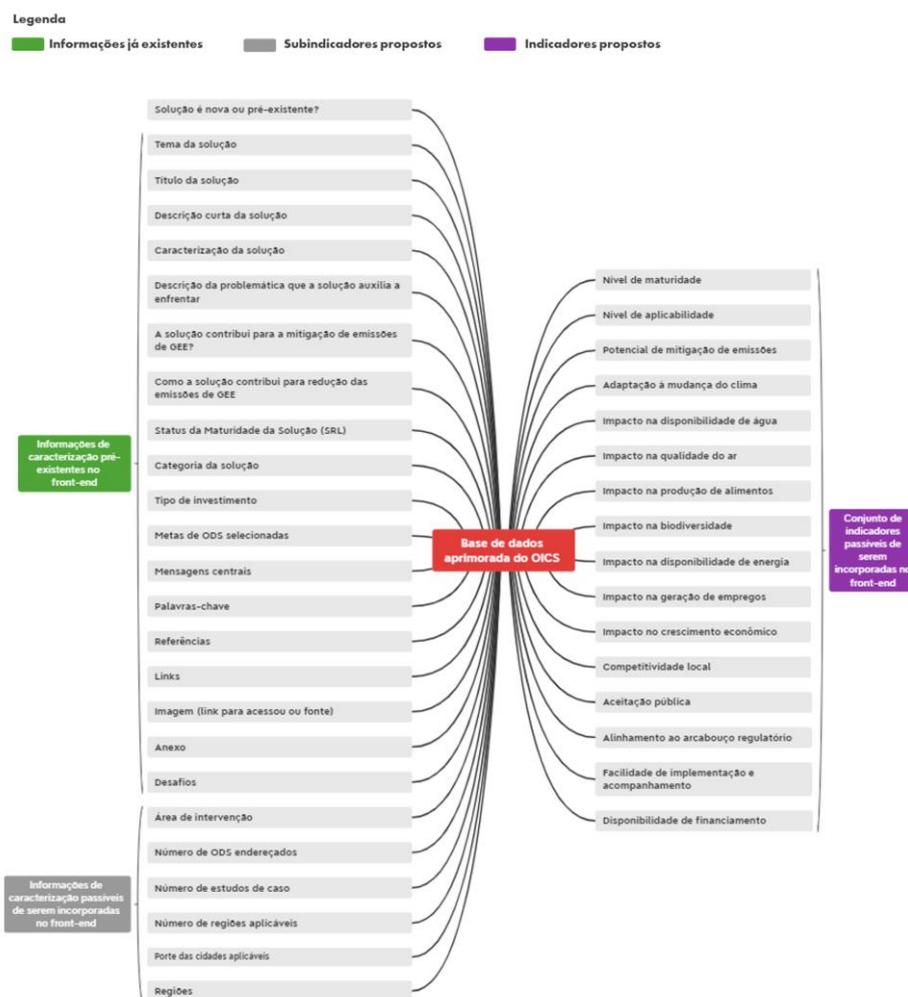
Quadro 1: Número de soluções do OICS por área temática

| Área temática | Número de soluções |
|-------------------------------|--------------------|
| Ambiente construído | 64 |
| Energia | 43 |
| Mobilidade | 66 |
| Saneamento: Água | 47 |
| Saneamento: Resíduos sólidos | 32 |
| Soluções baseadas na natureza | 43 |
| Total | 295 |

Fonte: Elaboração própria.

A base de dados das soluções pode ser acessada mediante solicitação, caso seja de interesse de atores do setor público, privado e academia, ao CGEE. Importante ressaltar que a plataforma é constantemente atualizada, estando em implementação a disponibilização de parte das informações listadas na Figura 5, a seguir.

Figura 5: Informações da base de dados do OICS



Fonte: Elaboração própria.

É consenso que o enfrentamento das mudanças climáticas, associado à adoção de uma agenda de desenvolvimento sustentável, passa pelo papel ativo das cidades, uma vez que a maior parte da população está concentrada nas estruturas urbanas. Apesar das limitações que os municípios têm para atuar como agentes ativos no processo da sustentabilidade urbana, devido a aspectos que incluem questões políticas, heterogeneidades no mapa municipal brasileiro que vão desde tamanho, capacidade de financiamento, características demográficas e sociais, urge ampliar a participação das autoridades locais no desenvolvimento sustentável.

Portanto, plataformas como o OICS permitem, dentre outros aspectos, homogeneizar o acesso à informação, assim auxiliando as cidades a utilizar o seu potencial de transformação objetivando ao planejamento urbano integrado e sustentável.

O próximo capítulo descreve a contribuição de ferramentas de modelagem integrada para a identificação de novas soluções que foram inseridas no banco de dados do OICS. Além de discorrer sobre as ferramentas, serão detalhadas as premissas dos cenários desenhados para elaborar e mensurar os indicadores quantitativos de impacto da adoção das soluções nas cidades brasileiras, segundo horizontes de curto, médio e longo prazos.

2. CONTRIBUIÇÃO DE FERRAMENTAS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO INTEGRADA NACIONAIS PARA A SUSTENTABILIDADE URBANA

Para identificar soluções e indicadores de impacto para inclusão no OICS, foram construídas trajetórias de desenvolvimento sustentável junto a modelos que compõem um *framework* denominado de *Integrated Assessment Models* (IAM). Esse ferramental permite uma representação detalhada dos sistemas energético e de uso do solo, relativamente a consumo e oferta de energia, ocupação de terras por cultivos agrícolas e florestas, e emissões de gases de efeito estufa, assim como do sistema socioeconômico relativamente a impactos da transição de baixo carbono e conservação da biodiversidade. Todos esses aspectos foram considerados na construção de cenários diante de premissas sociais, econômicas, tecnológicas, ambientais e de políticas públicas, que compõem o arcabouço das trajetórias sustentáveis de desenvolvimento trabalhadas para subsidiar o Observatório.

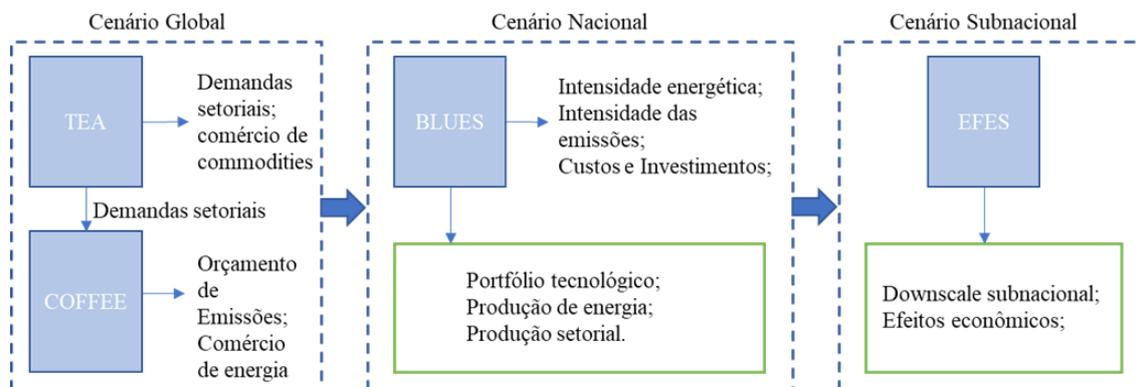
Cenários de transição, associados a metas de descarbonização, são usados para explorar diferentes opções de mitigação para alcançar um determinado resultado climático, que se relaciona a metas de limite de aumento da temperatura superficial global. São desenvolvidos por acadêmicos e centros de pesquisa tecnológica e científica (e utilizados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC² (do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*)), por diferentes agências internacionais (IEA – *International Energy Agency*, IRENA – *International Renewable Energy Agency* etc.) e por empresas de vários setores, como o de energia (Shell, BP, Total, Equinor). Vale destacar que cenários não são uma previsão do futuro, nem uma indicação do caminho mais provável. São trajetórias ilustrativas que enquadram um conjunto de possibilidades que seguem as mesmas premissas (IPCC, 2018; IPCC, 2022) e formam enredos coerentes, neste caso visando identificar o impacto que soluções promovem, uma vez implementadas, em termos do desenvolvimento sustentável ao nível urbano.

² O Grupo de Trabalho III do IPCC resume os cenários desenvolvidos por instituições de pesquisa e acadêmicos em todo o mundo, e podem ser encontrados em seus diversos relatórios (IPCC, 2014; IPCC, 2018; IPCC, 2022).

O conjunto de ferramentas de avaliação integrada interage por meio de premissas, cenários e troca de parâmetros, que representam estratégias e impactos para o alcance de metas de sustentabilidade urbana. Os cenários, com resultados desagregados regionalmente, foram utilizados na produção de indicadores de impacto da adoção das soluções nas cidades, mais especificamente: i) potencial de mitigação de emissões; ii) empregos; iii) crescimento econômico; e iv) competitividade local. Os demais indicadores de impacto foram estimados de forma qualitativa ou quali-quantitativamente, conforme será descrito na seção 4 deste documento.

A Figura 6 sintetiza as iterações realizadas entre as ferramentas utilizadas neste estudo, quais sejam o COFFEE, o TEA, o BLUES e o EFES/TERM.

Figura 6: Iterações entre as ferramentas de avaliação integrada (IAM)



Fonte: Elaboração Fipe.

O TEA (*Total-Economy Assessment*) é um modelo global de equilíbrio geral computável (*Computable General Equilibrium – CGE*), que simula o funcionamento da economia por meio da análise simultânea das interações existentes entre regiões, setores e agentes econômicos. Possui representação detalhada dos setores agropecuário e energético, além do comércio internacional. Seus resultados servem como forças motrizes (*drivers*) para definição de demandas setoriais utilizadas pelo modelo COFFEE (*Computable Framework For Energy and the Environment*), que é uma ferramenta de otimização *bottom-up* com extenso detalhamento tecnológico dos sistemas energético e de uso do solo em escala global, utilizado para avaliação de estratégias globais e regionais de mitigação e desenvolvimento tecnológico.

Os resultados, segundo *drivers* para demandas setoriais provenientes do TEA e orçamento de carbono e comércio de energia do COFFEE, são utilizados como *inputs* no modelo BLUES (*Brazilian Land-Use and Energy System*). O BLUES é um modelo de otimização nacional *bottom-up*, que descreve em maior detalhe tecnologias convencionais e de mitigação, investimentos e custos de operação e manutenção dos setores de energia, uso da terra e uso da água, em cinco regiões brasileiras. Esses parâmetros são utilizados, por sua vez, pelo EFES/TERM, um modelo de Equilíbrio Geral Computável Regional (CGE) que utiliza os níveis de intensidades energéticas e de emissões setoriais, de investimentos e de produção agrícola, para projetar efeitos econômicos em escala regional no Brasil.

A partir dessas simulações, indicadores socioeconômicos foram mensurados e vinculados às soluções que constituem a base de dados deste estudo, sendo simulados iterativamente para as trajetórias ou cenários que serão descritos a seguir.

2.1 CENÁRIOS PARA SUBSIDIAR O OICS

Esta seção discorre sobre as narrativas adotadas pelos cenários construídos com base nas ferramentas apresentadas, assim como os indicadores de sustentabilidade que serão analisados. Por meio desse ferramental, subsidiou-se o OICS com a mensuração de indicadores de impacto. Tais indicadores, vinculados às soluções urbanas sustentáveis, poderão permitir a implementação de um mecanismo de ranqueamento na plataforma, conforme design proposto nas considerações finais deste documento. Essa nova funcionalidade permitirá aos gestores públicos a seleção de soluções de acordo com critérios específicos, relacionados ao potencial de cada solução em promover a geração de emprego, crescimento econômico, ganhos de competitividade e mitigação de GEE, assim como demais indicadores de impacto analisados.

Cenários ou trajetórias de longo prazo são dependentes das suposições sobre como evoluem a atividade econômica, aspectos sociais, o desenvolvimento tecnológico, políticas climáticas, entre outros fatores. Desta forma, a consideração de uma narrativa plausível para a configuração dos cenários foi elaborada, explorando quatro trajetórias futuras, de médio e longo prazos, que representam um caminho em que a economia

avança mantendo um padrão de desempenho verificado no período recente, ou seja, do tipo *business-as-usual*, e caminhos em que a sustentabilidade climática ganha relevância.

Importante citar a linha conceitual considerada na elaboração das trajetórias. Inicialmente, a visão de transição urbana de baixo carbono alinhada à conservação da biodiversidade terrestre e marinha. Nesse contexto, foi construído cenário, relativamente a uma linha de base, que se alinha ao período necessário para viabilizar o atingimento desses objetivos, que ocorrem em longo prazo, tendo como resultados projeções energéticas, socioeconômicas, ambientais e de uso do solo até 2050. Esse horizonte temporal converge, portanto, com o período necessário pelos países para atingir metas de neutralidade climática, segundo as Contribuições Nacionalmente Determinadas ao Acordo de Paris no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. Ademais, aninha-se às quatro metas propostas no âmbito do Quadro Global de Biodiversidade de alcançar, até 2050, "... uma humanidade vivendo em harmonia com a natureza" (UNFCCC, 2022; CBD; 2022).

Visando ao recorte do planejamento urbano integrado sustentável, contudo, fez-se necessário adotar temporalidade mais restritiva de curto, médio e longo prazos. No caso, considera-se um "recorte" no horizonte das variáveis projetadas, no qual curto, médio e longo prazos correspondem a períodos de 1 a 2, 3 a 5 e superiores a 5 anos, respectivamente.

Esse conceito é fundamental em face ao objetivo principal das trajetórias, que é subsidiar a elaboração de indicadores de desempenho em face à adoção, ao nível urbano, das soluções constantes no OICS, assim como elencar novas tecnologias passíveis de inclusão na plataforma. Adotando-se a trajetória COP26 como base para subsidiar ao Observatório, foram simulados indicadores de impactos socioeconômicos (emprego, crescimento econômico e competitividade local) e de emissões (potencial de mitigação). Como citado anteriormente, esses foram projetados até 2050, contudo tendo sido obtidos indicadores de desempenho para 2022, 2025 e 2030.

Os resultados relativos a 2022 tratam de curto prazo, ou seja, soluções e indicadores avaliados conforme o desempenho atual em termos socioeconômicos e de redução de emissões. Por sua vez, as projeções relativas a médio e longo prazos constituem o mesmo

conjunto de indicadores, contudo indicando o desempenho que seria aferido uma vez que as soluções fossem implementadas naqueles horizontes temporais. Requer-se, portanto, a atualização do conteúdo do OICS para que os gestores públicos possam ter informações atualizadas, relativamente ao impacto esperado com a adoção das soluções, em 2025 e em 2030.

2.1.1 Premissas gerais das trajetórias

Em termos de premissas gerais aos cenários, inicialmente partiu-se de variáveis macroeconômicas baseadas nos *Shared Socioeconomic Pathways*³ (SSPs), que descrevem, qualitativa e quantitativamente, diferentes trajetórias de evolução da sociedade, economia e ecossistemas (Riahi *et al.*, 2017). Mais especificamente, no SSP2⁴ (*Middle of the Road*) o mundo segue um caminho em que as tendências sociais, econômicas e tecnológicas não mudam significativamente, sendo marcado por padrões históricos. As projeções econômicas do SSP2 foram desenvolvidas pela OECD Environment Directorate, OECD Economics Department, Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital e Potsdam Institute for Climate Impact Research (Riahi *et al.*, 2017; KC, e Lutz, 2017; Dellink *et al.* 2017).

Conforme ilustrado na Figura 7, a primeira etapa para a elaboração das premissas macroeconômicas utilizadas neste estudo envolveu a atualização do cenário SSP2, a partir de dados históricos do World Energy Outlook. Além disso, fez-se necessário ajustar a trajetória de longo prazo de PIB regionais, a partir das projeções mais recentes do FMI/WEO, de maneira a incorporar os impactos da pandemia de Covid-19 sobre a atividade econômica⁵. Assim sendo, foram incorporados impactos da pandemia sobre a

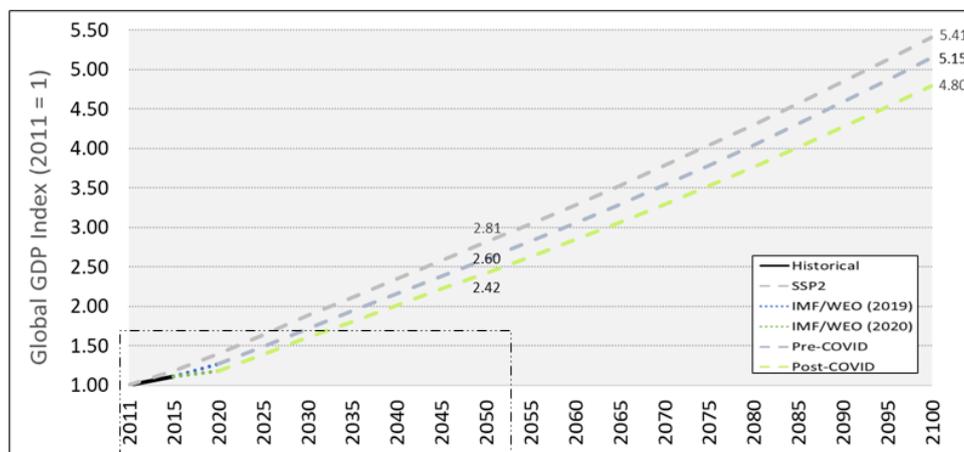
³ Os SSPs são um conjunto de cinco trajetórias socioeconômicas mundiais, com características distintas entre elas, para crescimento populacional, desenvolvimento econômico, cooperação entre os países, evolução de níveis de desigualdade, entre outros. Representam um conjunto de trajetórias possíveis para o futuro.

⁴ A trajetória mais utilizada é o SSP2, que representa a evolução das tendências atuais, sem grandes mudanças ou interrupções.

⁵ De acordo com FMI/WEO (2020), a crise econômica causada pela pandemia foi profunda e a produção econômica de economias avançadas e de economias emergentes iria se manter, em 2021, abaixo dos níveis de 2019. Países que dependem de serviços de intenso contato físico entre pessoas, bem como regiões exportadoras de petróleo deveriam enfrentar recuperações mais fracas em comparação às economias lideradas

atividade econômica global, de modo que a recuperação econômica acompanhe a taxa de crescimento econômico anual do SSP2 pós-2020.

Figura 7: Projeções para o PIB global entre 2020 e 2100 a partir do cenário SSP2

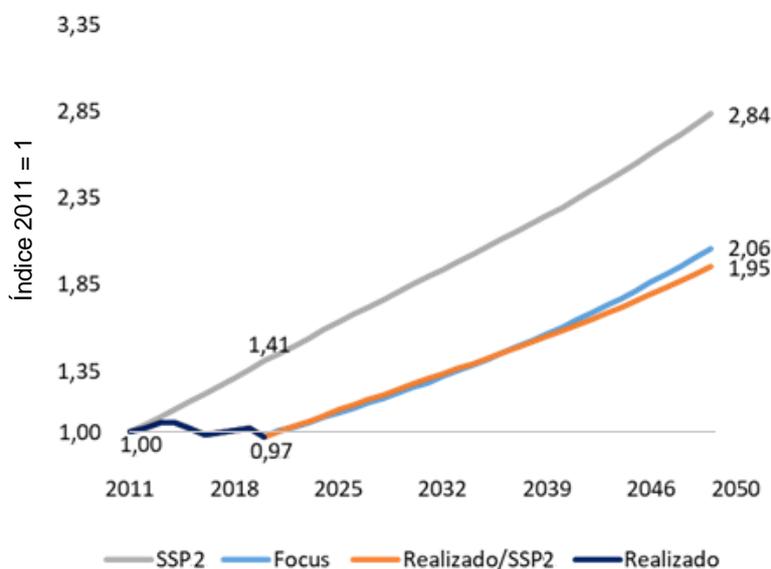


Fonte: Elaboração Fipe com base em IEA (2019) e FMI/WEO (2020).

Conforme ilustrado pela Figura 8 para o caso brasileiro, mesmo não prevendo nenhuma recuperação pós-crise (Covid-19), o cenário SSP2 (linha cinza) projetava crescimento médio superior ao estimado pelo cenário da consultoria econômica Focus (linha azul claro). No entanto, a partir de 2031, o cenário SSP2 prevê desaceleração do crescimento, em linha com expectativa de redução do crescimento populacional, cuja taxa estimada no cenário SSP2 é 0,3% a.a., entre 2020 e 2050. Portanto, o cenário a ser utilizado neste estudo reflete a atualização das taxas de crescimento históricas do PIB, entre 2011-2019, e os impactos da Covid-19 sobre a atividade econômica, no Brasil, em 2020, conforme ilustrado pela linha laranja na Figura 8.

pelo setor industrial. Para o Brasil, por exemplo, as projeções indicavam uma queda de 5,8% do PIB, comparado a 2019, com uma recuperação de 2,8% em 2021.

Figura 8: Projeção do PIB brasileiro entre 2020 e 2050 a partir do cenário SSP2 (Índice 2011=1)



Fonte: Elaboração Fipe a partir de Febraban (2020).⁶

A premissa de crescimento de PIB serviu de base para a evolução das demandas setoriais de energia e agropecuária, necessárias à ferramenta de avaliação integrada BLUES (Rochedo *et al.*, 2018; Koberle, 2018). O BLUES minimiza o custo total dos sistemas de energia e uso do solo, incluindo os setores de geração de eletricidade, agropecuária, indústria, transporte e edificações, sujeitos a restrições que representam restrições do mundo real para toda a gama de variáveis em questão.

Cumpram ainda ressaltar, em termos de premissas transversais às trajetórias, que a emissão total é calculada em CO₂-equivalente (CO₂eq), uma medida que contabiliza o poder de aquecimento global dos diferentes GEE. Para chegar ao total, multiplica-se a emissão de cada gás pelo seu poder de aquecimento global em um horizonte temporal de 100 anos (*global warming potential* – GWP100). De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (2014), os GWP apresentam a seguinte relação:

- 1 tonelada de metano (CH₄) é equivalente a 28 toneladas de CO₂;
- 1 tonelada de óxido nitroso (N₂O) é equivalente a 265 toneladas de CO₂.

⁶ Comunicação pessoal, 14/10/2021, Diretoria de Economia, Regulação Prudencial e Riscos.

Como citado anteriormente, duas narrativas nortearam o exercício de construção de cenários com vistas à inclusão de novas soluções e à quantificação dos indicadores. As narrativas propostas consideram uma linha de base tendencial e um cenário alternativo, que reflete tendências e anúncios internos os quais remetem o país no contexto do atingimento da meta de conter o aumento médio de temperatura global a 1,5°C (Trajetória COP26).

A seguir, são descritas as premissas específicas consideradas na construção dos cenários Linha de Base e COP26.

i. Premissas específicas da trajetória Linha de Base (*Baseline*)

O cenário Linha de Base segue a evolução tendencial dos sistemas energético, de uso do solo, socioeconômico e tecnológico no contexto doméstico. Este é um cenário que busca demonstrar as consequências da continuidade das tendências setoriais e das políticas já implementadas no país. Portanto, neste cenário, busca-se extrapolar algumas tendências recentes relevantes, listadas abaixo, que são impostas ao ferramental de construção de cenários:

- Manutenção das capacidades instaladas atuais e contratadas para fontes de geração elétrica, refinarias, destilarias, ativos de transmissão e de distribuição de energia elétrica;
- Evolução do desmatamento para os anos de 2021 a 2050, conforme taxas anuais médias observadas de 2010 a 2020;
- Entrada de geração por usinas termoeletricas a carvão mineral contratadas na Região Sul;
- Usinas termoeletricas a gás natural na base (privatização da Eletrobras);
- Evolução do mandato de produção de biodiesel de 10% a 12% em volume ao óleo diesel até 2050;
- Mandato de produção de etanol anidro na gasolina entre 2021 e 2050, seguindo a média de produção observada de 2010 a 2020;
- Ausência de políticas adicionais de incentivo à eletrificação da frota veicular;

- Tecnologias de produção agrícola atuais e o cumprimento do Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC+);
- Objetivos de descarbonização da International Maritime Organization (IMO) e da International Air Transport Association (IATA) com metas de redução de emissões de 50% em 2050, relativo às emissões de 2008 e de 2005, respectivamente.

À exceção dessas imposições, o cenário Linha de Base otimiza a evolução dos sistemas de energia, uso do solo, recursos hídricos, socioeconômico e tecnológico conforme a ótica de mínimo custo.

Adicionalmente, na etapa de simulação do cenário, considerou-se uma realidade em que: i) a produtividade dos fatores é consistente com o crescimento do PIB gerado pelo modelo COFFEE-TEA; ii) a população por região (unidades federativas) evolui segundo projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018^a); iii) a produtividade da terra cresce a 2,5% ao ano; e iv) a produtividade do trabalho cresce a 0,4% ao ano; até 2050.

ii. Premissas específicas da trajetória COP26

O cenário COP26 busca aferir os efeitos do cumprimento das metas anunciadas pelo Brasil na 26^a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, realizada em Glasgow em 2021 (UNFCCC, 2022). Na ocasião, o governo brasileiro se comprometeu com a meta de alcançar emissões líquidas nulas de gases de efeito estufa em 2050, assim como outros compromissos setoriais.

Diferente da trajetória Linha de Base, que indica as ações tendenciais brasileiras segundo o que foi observado ao longo dos últimos anos, o cenário COP26 representa o que foi anunciado para o futuro. Ele, portanto, otimiza, conforme a ótica de mínimo custo, a evolução dos sistemas de energia, uso do solo, recursos hídricos, socioeconômico e tecnológico para o atendimento das metas anunciadas pelo Brasil.

A trajetória é parametrizada com intuito de “forçar” o cumprimento dos anúncios do Brasil ocorridos na COP 26 (desmatamento zero a partir de 2030; redução de emissões de metano; cumprimento e diretrizes de implementação da NDC em 2030). Cabe indicar

que, o cenário COP26 também considera os objetivos de descarbonização da IMO e da IATA a partir de 2023, assim como o cumprimento das metas do Plano ABC+.

Essas ações e medidas implicam em alteração na demanda por energia no país e, neste sentido, as ferramentas de avaliação integrada consideram alterações dos coeficientes técnicos de demanda energética dos setores econômicos. Ou seja, em decorrência das diretrizes nacionais para a redução de emissões, os setores passam a requisitar mais ou menos quantidade de energia em seu consumo intermediário. Essa alteração na demanda energética não ocorre na trajetória de Linha de Base.

Ademais, na etapa de simulação do cenário COP26, considerou-se as mesmas premissas utilizadas no cenário *Baseline*, representando uma realidade em que: i) a produtividade dos fatores é consistente com o crescimento do PIB gerado pelo modelo COFFEE-TEA; ii) a população por região (unidades federativas) evolui segundo projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018a); iii) a produtividade da terra cresce a 2,5% ao ano; e iv) a produtividade do trabalho cresce a 0,4% ao ano.

Finalmente, cumpre ressaltar que a trajetória COP26 é considerada visando à obtenção dos indicadores socioeconômicos e de potencial de mitigação. Assim sendo, a adoção das soluções ao nível das cidades, conseqüentemente, é consistente com uma trajetória em que se atendem aos objetivos de transição de baixo carbono e conservação da biodiversidade, conforme premissas específicas consideradas na projeção das variáveis.

2.2 ESTRATÉGIA DE ALINHAMENTO SETORIAL PARA SUBSIDIAR O OICS

Uma vez simulados os indicadores nas ferramentas de avaliação integrada, fez-se necessário compatibilizar a discriminação setorial às áreas temáticas constantes no OICS para obter o indicador de potencial de mitigação de emissões. Inicialmente, foi necessário relacionar os temas ao detalhamento setorial das ferramentas de construção de cenários e avaliação de medidas de sustentabilidade utilizadas. Embora não haja um alinhamento perfeito, pode-se observar que a interseção entre as duas ferramentas é bastante próxima, em especial para as áreas de transportes, energia e indústria. A Figura 9 ilustra a compatibilidade setorial entre as ferramentas.

O setor de edificações no BLUES tem maior ênfase em medidas de sustentabilidade ativas, como, por exemplo, eficiência energética de equipamentos. Parte das medidas relacionadas à construção civil e envelope de edificações, apresentadas no OICS, não são consideradas. O setor de resíduos sólidos urbanos garante uma interseção entre as duas ferramentas, embora nem todas as alternativas propostas no OICS sejam consideradas no BLUES. O setor de recursos hídricos se difere nas duas abordagens, na medida em que o BLUES possui uma representação ao nível de macrobacia, que ultrapassa a escala urbana. Não obstante, o BLUES considera opções de demanda por água cuja origem se dá em ambientes urbanos. Por fim, o setor de agricultura, florestas e uso do solo (AFOLU) no BLUES é construído para ambientes rurais, onde ocorre a maioria das interações no setor. Ainda assim, é possível através desses resultados, prover informações relevantes para o meio urbano, com respeito à viabilidade de hortas e florestas urbanas.

Figura 9: Compatibilização entre os resultados do ferramental proposto e as áreas do OICS



Fonte: Elaboração Fipe.

Ademais, tendo em vista a necessidade de compatibilizar as projeções dos indicadores socioeconômicos (empregos, crescimento econômico e competitividade local) à matriz de 66 setores da ferramenta EFES/TERM, que utiliza a matriz insumo produto do IBGE (2018b), foram avaliadas áreas de intervenção nos temas do OICS, o que permitiu a associação entre setores econômicos e soluções.

Ou seja, fez-se necessário associar atividades econômicas às áreas temáticas do OICS, para o que foram classificadas áreas de intervenção das diferentes soluções do Observatório, sejam novas ou pré-existentes. A devida classificação metodológica consta no Apêndice B.

3. TRAJETÓRIAS E INDICADORES QUANTITATIVOS PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ADOÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS

Os resultados da modelagem, em termos de desvio entre os cenários Linha de Base e COP26, serviram para estimar e classificar os indicadores de empregos, crescimento econômico, competitividade local e de potencial redução de emissões de GEE. Partindo disso, foram atribuídas notas para cada indicador, de acordo com uma escala que relaciona os resultados da modelagem ao desempenho de cada solução, segundo uma metodologia de múltiplos critérios.

Neste sentido, os gestores públicos poderão utilizar a metodologia para ordenar as soluções sustentáveis e optar pelas que atendem melhor as demandas locais, seja contribuindo para a maior geração de emprego, para o crescimento econômico, demandando menos energia e sobretudo, contribuindo com a redução de emissões de GEE.

Este capítulo apresenta resultados destes indicadores avaliados quantitativamente, inicialmente contemplando sua descrição e quantificação de impactos. Por fim, são apresentadas definições para a classificação dos indicadores segundo uma pontuação multicritério, a partir da qual obtém-se um ranqueamento das soluções do OICS por área temática.

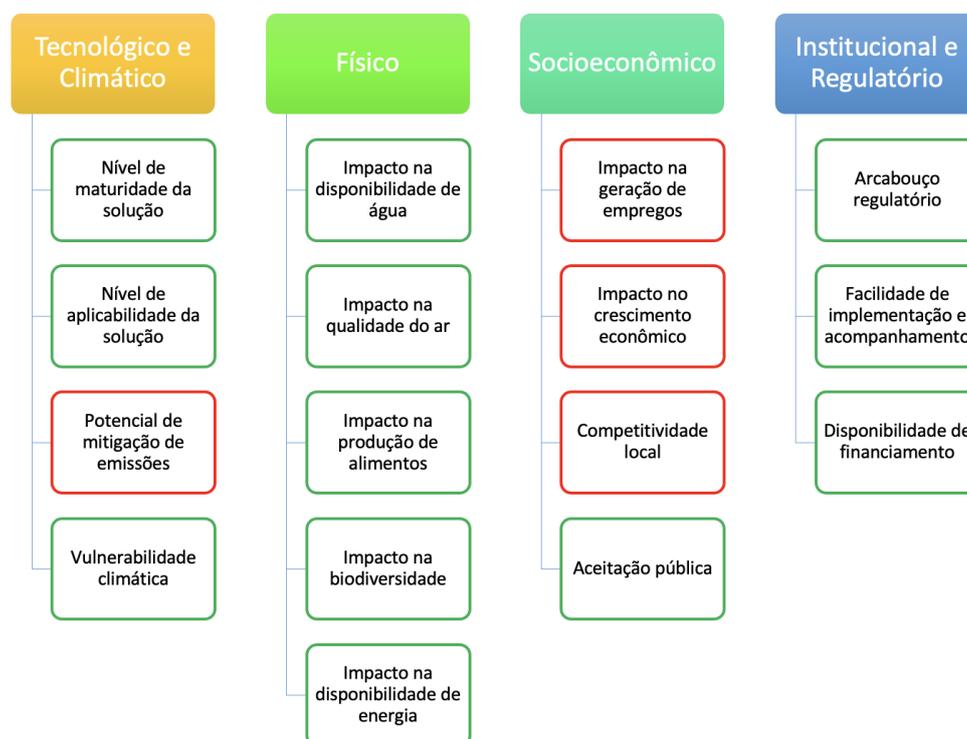
3.1 MACROCRITÉRIOS E INDICADORES

Com vistas a ampliar as funcionalidades da plataforma OICS, permitindo que as soluções possam ser priorizadas frente a preferência do usuário, sugere-se a utilização de uma análise multicritério. Entre os métodos disponíveis para realizar esta análise, escolheu-se a *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Vaidya & Kumar, 2006). Esse método consiste em criar uma estrutura hierárquica em que o nível superior é o objetivo final da análise, que é seguido por diferentes níveis de macrocritérios e respectivos indicadores, que relativamente ao OICS se refere ao impacto esperado, direto ou indireto, da adoção da solução nas cidades. No nível inferior estão as alternativas a serem priorizadas.

Nesta primeira etapa, são identificados os macrocritérios e os indicadores, organizando-os em níveis. A estrutura AHP e a descrição com os macrocritérios e indicadores é ilustrada na Figura 10 e no Quadro 2, sendo que esta subseção foca os indicadores que foram avaliados quantitativamente, quais sejam: i) potencial de mitigação de emissões; ii) impacto na geração de empregos; iii) impacto no crescimento econômico; e iv) competitividade local.

Mais do que isso, objetiva-se exclusivamente pontuar a ranquear as soluções segundo as notas e classificações atribuídas aos referidos indicadores. Ou seja, ainda desconsiderando a atribuição de diferentes pesos aos macrocritérios e indicadores, que será o objetivo da seção 4 deste documento.

Figura 10: Estrutura da ferramenta AHP aplicada para pontuação e ranqueamento das soluções



Legenda:

Indicadores avaliados quantitativamente.

Fonte: Elaborado a partir de Fundação Coppetec (2022c).

Quadro 2: Descrição dos macrocritérios e indicadores avaliados quantitativamente

| Critério | Descrição | Indicadores | Descrição |
|-------------------------|--|------------------------------------|--|
| Tecnológico e Climático | Contém indicadores com uma perspectiva técnica, avaliando características de nível de difusão e impacto climático da solução | Potencial de mitigação de emissões | Representa o potencial de mitigação de emissões da solução, segundo diferentes patamares em termos de toneladas de dióxido de carbono equivalente. |
| Socioeconômico | Incorpora indicadores que abordam os efeitos da adoção da solução nas condições sociais e econômicas | Impacto na geração de empregos | Representa o desempenho da adoção da solução em termos da geração de empregos ao longo da cadeia produtiva. |
| | | impacto no crescimento econômico | Denota o impacto em termos de geração de PIB, ao longo dos setores econômicos, em face à adoção da solução. |
| | | Competitividade local | Avaliação de como a solução pode ser beneficiada dadas as vantagens dos fatores de produção e das competências regionais em termos científicos e tecnológicos. |

Fonte: Elaborado a partir de Fundação Coppetec (2022c).

3.2 INDICADORES DE POTENCIAL DE MITIGAÇÃO, EMPREGOS, CRESCIMENTO ECONÔMICO E COMPETITIVIDADE LOCAL QUANTIFICADOS

Para estimar os indicadores de desempenho relativos ao potencial de mitigação de emissões, empregos, crescimento econômico e competitividade local das soluções do OICS, inicialmente partiu-se da matriz de 66 setores da ferramenta EFES/TERM. Além disso, procedeu-se à compatibilização dentre setores e áreas temáticas, bem como foram avaliadas áreas de intervenção nos temas do OICS, conforme citado na seção 2.2 deste documento.

A partir dos resultados do cenário COP26, que foram utilizados com referência para a estimar os referidos indicadores, foram avaliados desvios relativamente ao cenário Linha de Base. Trata-se, portanto, de verificar o impacto esperado, em face à adoção das soluções do OICS, relativamente à situação corrente no ambiente urbano. Por exemplo, no caso da adoção de soluções de eletromobilidade, os indicadores apontam o impacto gerado pela adoção destas opções tecnológicas frente a veículos movidos à combustão interna. No caso da situação-base de geração termoelétrica no setor de energia, foram estimados impactos socioeconômicos e de mitigação de emissões decorrentes da implantação de soluções voltadas à geração elétrica renovável ou distribuída, e assim sucessivamente para todas as áreas temáticas e soluções da plataforma.

Referente ao indicador de potencial de mitigação de emissões, o Quadro 3 e o Quadro 4 indicam os valores médios atribuídos às soluções, segundo áreas temáticas, áreas de

intervenção e estimativas. No caso das áreas temáticas de Ambiente Construído, Mobilidade e Energia, destacam-se os potenciais de abatimento de emissões de novos materiais construtivos, eletromobilidade e sistemas de eletricidade inteligentes e inovadores, respectivamente. De fato, opções menos intensivas em carbono que substituam o concreto, assim como eletricidade em substituição a combustíveis fósseis na geração de calor de processos e na mobilidade, possuem papel central visando à sustentabilidade urbana e uma transição de baixo carbono na economia.

Quadro 3: Potenciais de mitigação de emissões por áreas temáticas e de intervenção (Ambiente Construído, Mobilidade e Energia)

| Área temática | Área de intervenção | Potencial de mitigação |
|---------------------|---|------------------------|
| Ambiente Construído | Materiais construtivos | 11% |
| | Sistemas e tecnologias construtivos | 6% |
| | Estratégias de projeto de edifícios e desenho urbano | 4% |
| | Metodologias e ferramentas de projeto e avaliação | 5% |
| Mobilidade | Eletromobilidade | 18% |
| | Sistemas de compartilhamento de transporte | 17% |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos de mobilidade urbana sustentável | 5% |
| | Tecnologias inovadoras de mobilidade urbana | 10% |
| | Infraestrutura sustentável de mobilidade | 6% |
| | Veículos movidos a biocombustíveis | 11% |
| Energia | Geração elétrica renovável ou distribuída | 19% |
| | Sistemas de eletricidade inteligente e inovadores | 44% |
| | Armazenamento de energia | 10% |
| | Projetos, mecanismos e ferramentas de gestão energética | 5% |
| | Produção de biocombustíveis e captura de carbono | 9% |

Fonte: Elaboração Fipe.

Aproveitamento energético de resíduos, tecnologias promotoras de eficiência de consumo da água em edificações e planos visando a adoção de mecanismos baseados na natureza, apresentam o maior potencial de redução de emissões nos setores de Resíduos Sólidos, Saneamento e Soluções baseadas na Natureza, respectivamente. Dentre as soluções de maior impacto nestas áreas de intervenção, podem ser citadas: aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários; sistemas de uso racional de água em chuveiros e vasos sanitários; e plano de prevenção, monitoramento e controle de queimadas em áreas urbanas e periurbanas.

Quadro 4: Potenciais de mitigação de emissões por áreas temáticas e de intervenção (Resíduos Sólidos, Saneamento e Soluções baseadas na Natureza)

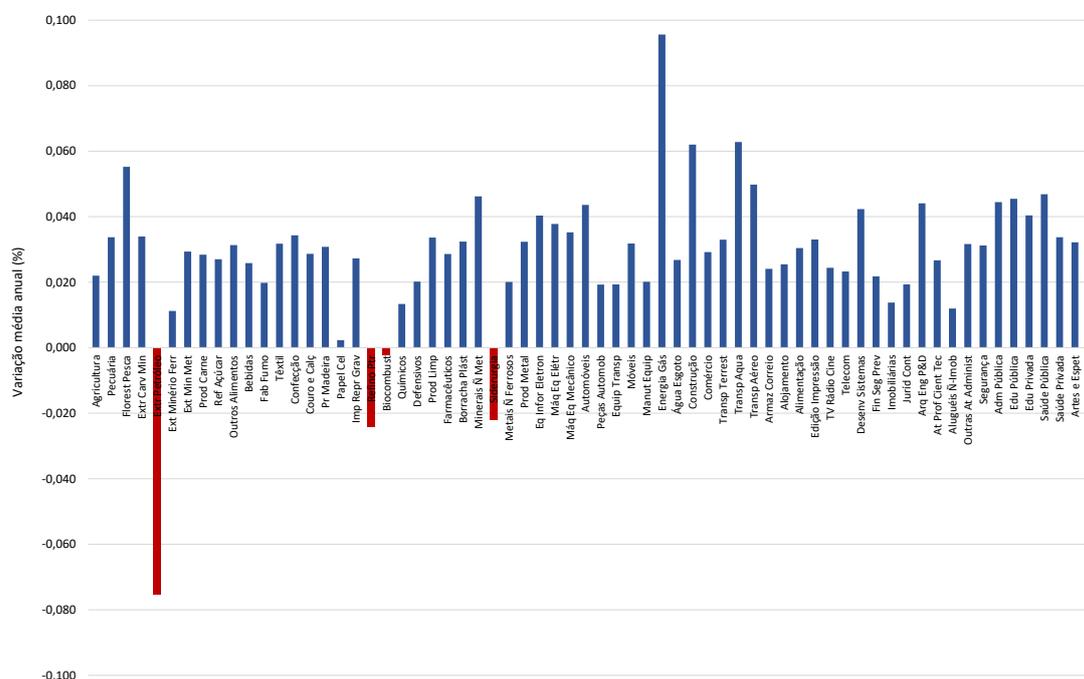
| Área temática | Área de intervenção | Potencial de mitigação |
|-------------------------------|---|------------------------|
| Resíduos Sólidos | Aproveitamento energético de resíduos | 53% |
| | Técnicas convencionais de coleta, tratamento ou disposição de resíduos sólidos | 15% |
| | Reciclagem, reaproveitamento e reuso de resíduos | 6% |
| | Métodos, ferramentas, gestão da demanda e outros mecanismos de gestão sustentável de resíduos | 5% |
| | Tecnologias ou processos inovadores de mitigação da disposição de resíduos sólidos | 26% |
| Saneamento | Tecnologias promotoras da eficiência no consumo de água em edificações | 29% |
| | Processos, sistemas e técnicas convencionais de tratamento e reuso de águas | 26% |
| | Técnicas inovadoras de abastecimento, tratamento, reaproveitamento e reuso da água | 13% |
| | Métodos, ferramentas, mecanismos e processos de gestão aplicados à cadeia de saneamento e abastecimento | 5% |
| | Técnicas de remoção de plástico da água | 17% |
| Soluções baseadas na Natureza | Técnicas e processos aplicados à produção de alimentos | 17% |
| | Infraestrutura baseada na natureza | 16% |
| | Conservação, monitoramento, recuperação e renaturalização de ecossistemas e bacias | 6% |
| | Tecnologias e técnicas inovadoras de restauração da flora e da fauna urbana | 18% |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos baseados na natureza | 26% |

Fonte: Elaboração Fipe.

O mecanismo que modela a tecnologia de produção é um dos principais canais de transmissão que define os efeitos sobre os indicadores de crescimento econômico, emprego e produtividade dos fatores (competitividade local) obtidos nas simulações do presente estudo. Sua estrutura estabelece a relação entre a produção e as alterações na oferta de insumos intermediários e fatores primários, como trabalho e capital.

Assim, procedeu-se com a mensuração do indicador de crescimento econômico, conforme desvio das projeções de PIB da trajetória COP26 relativamente à Linha de Base. Relativamente à média anual de desvio do crescimento econômico setorial até 2050 (Figura 11 e Quadro 5), os resultados indicam um crescimento adicional do cenário COP 26 em torno de 0,02 a 0,04 pontos percentuais para a maior parte dos setores. Setores de transporte aquático e aéreo, construção e, especialmente, energia e gás, foram os que mais se beneficiaram no cenário COP26.

Figura 11: Variação média anual no crescimento econômico setorial do cenário COP26 em relação ao cenário Linha de Base até 2050 (%)



Fonte: Elaboração Fipe.

Associando as áreas de intervenção das soluções aos setores econômicos, e considerando estimativas de desvio para 2022, 2025 e 2030, são obtidos valores ligeiramente diversos, contudo, dentro da média observada no período.

Quadro 5: Variação média no PIB do Cenário COP26 relativamente ao cenário Linha de Base em 2022, 2025 e 2030

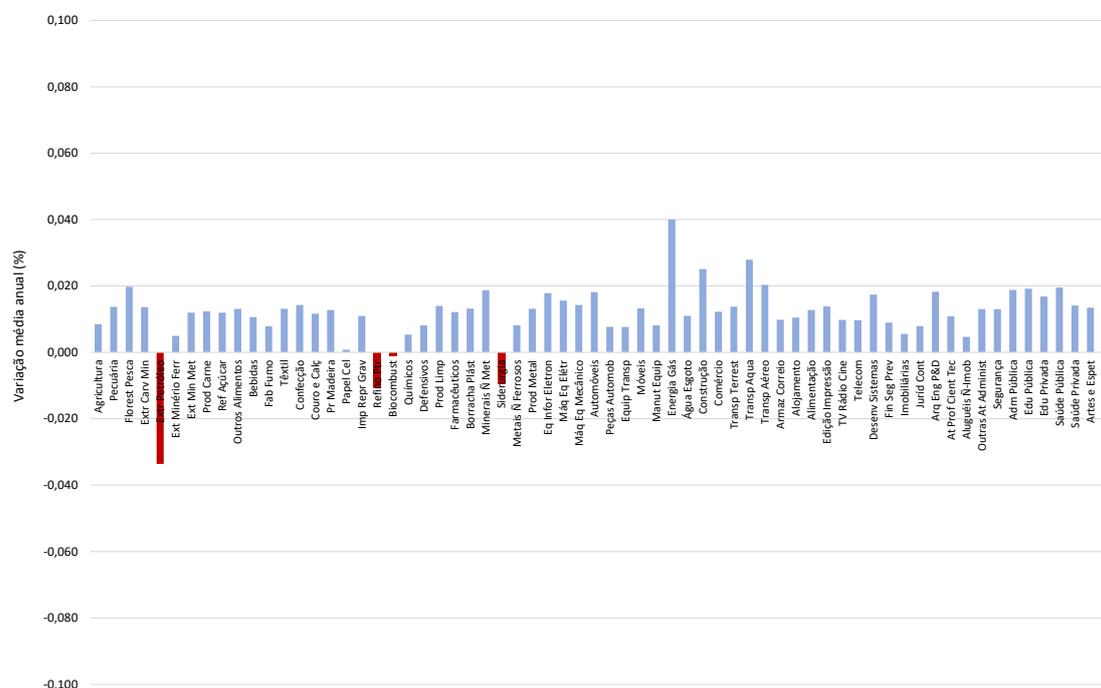
| Área temática | Área de intervenção | Variação do PIB | | |
|---------------------|---|-----------------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 |
| Ambiente Construído | Materiais construtivos | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Sistemas e tecnologias construtivos | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| | Estratégias de projeto de edifícios e desenho urbano | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| | Metodologias e ferramentas de projeto e avaliação | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Mobilidade | Eletromobilidade | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| | Sistemas de compartilhamento de transporte | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos de mobilidade urbana sustentável | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| | Tecnologias inovadoras de mobilidade urbana | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| | Infraestrutura sustentável de mobilidade | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| | Veículos movidos a biocombustíveis | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| Energia | Geração elétrica renovável ou distribuída | 0,10 | 0,10 | 0,09 |
| | Sistemas de eletricidade inteligente e inovadores | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| | Armazenamento de energia | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| | Projetos, mecanismos e ferramentas de gestão energética | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

| Área temática | Área de intervenção | Variação do PIB | | |
|-------------------------------|---|-----------------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 |
| | Produção de biocombustíveis e captura de carbono | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| Resíduos Sólidos | Aproveitamento energético de resíduos | 0,03 | 0,03 | 0,01 |
| | Técnicas convencionais de coleta, tratamento ou disposição de resíduos sólidos | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | Reciclagem, reaproveitamento e reuso de resíduos | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Métodos, ferramentas, gestão da demanda e outros mecanismos de gestão sustentável de resíduos | 0,04 | 0,04 | 0,02 |
| | Tecnologias ou processos inovadores de mitigação da disposição de resíduos sólidos | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Saneamento | Tecnologias promotoras da eficientização no consumo de água em edificações | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | Processos, sistemas e técnicas convencionais de tratamento e reuso de águas | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Técnicas inovadoras de abastecimento, tratamento, reaproveitamento e reuso da água | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | Métodos, ferramentas, mecanismos e processos de gestão aplicados à cadeia de saneamento e abastecimento | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | Técnicas de remoção de plástico da água | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| Soluções baseadas na Natureza | Técnicas e processos aplicados à produção de alimentos | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| | Infraestrutura baseada na natureza | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Conservação, monitoramento, recuperação e renaturalização de ecossistemas e bacias | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| | Tecnologias e técnicas inovadoras de restauração da flora e da fauna urbana | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos baseados na natureza | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Fonte: Elaboração Fipe.

A Figura 12 e o Quadro 6 apresentam os resultados médios obtidos para o indicador de emprego até 2050. Os impactos setoriais estão diretamente relacionados aos resultados do crescimento econômico setorial. Os efeitos sobre a produção setorial levam a um novo equilíbrio no mercado de trabalho, que é reflexo das mudanças geradas na oferta e demanda setorial por trabalho em função dos novos níveis de atividade setorial. Os desvios do cenário COP26 relativamente à linha de base em 2022, 2025 e 2030, segundo áreas de intervenção das soluções, segue próxima à média observada no período. Contudo, há uma tendência de incremento na geração de empregos de 2022 para 2025 (curto para médio prazo), com queda no impacto positivo a longo prazo (2030).

Figura 12: Variação média anual no crescimento do emprego setorial do cenário COP26 em relação ao cenário Linha de Base até 2050 (%)



Fonte: Elaboração Fipe.

Trata-se da perda de dinâmica em face ao mecanismo de geração de novos empregos em âmbito urbano. Ou seja, uma vez que há migração de trabalhadores para novas atividades econômicas, em períodos subsequentes tende-se a diminuir a geração de novos postos de trabalho, em virtude da massa de trabalhadores já empregada.

Quadro 6: Variação média nos empregos do cenário COP26 relativamente ao cenário Linha de Base em 2022, 2025 e 2030

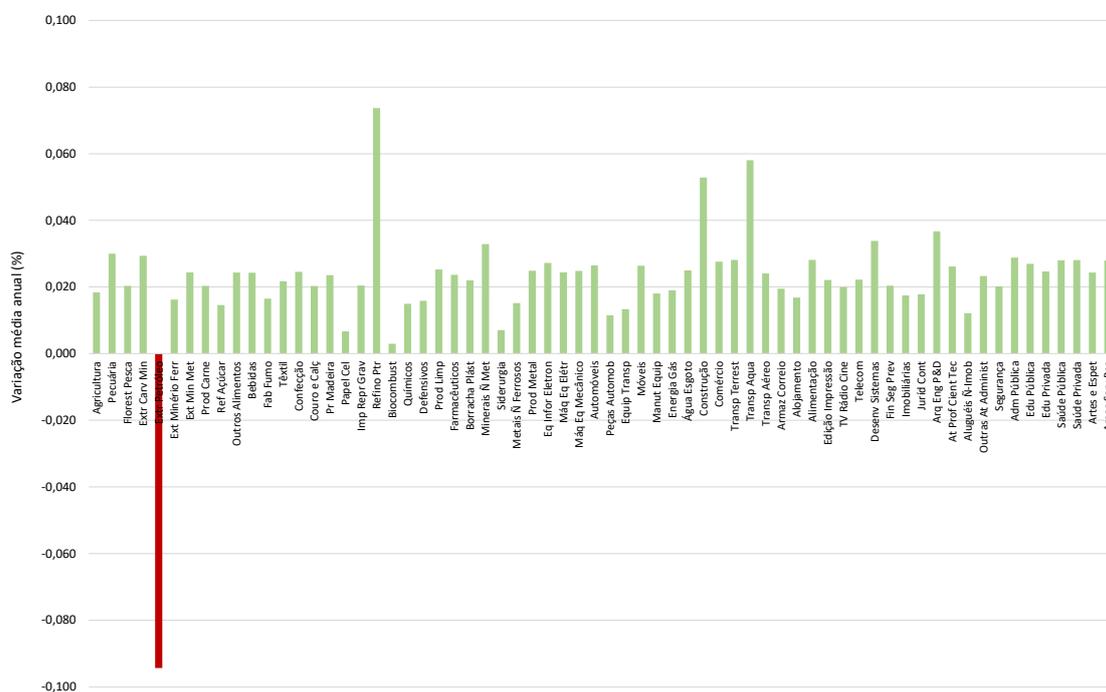
| Área temática | Área de intervenção | Variação nos empregos | | |
|---------------------|---|-----------------------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 |
| Ambiente Construído | Materiais construtivos | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| | Sistemas e tecnologias construtivos | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| | Estratégias de projeto de edifícios e desenho urbano | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Metodologias e ferramentas de projeto e avaliação | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Mobilidade | Eletromobilidade | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| | Sistemas de compartilhamento de transporte | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos de mobilidade urbana sustentável | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Tecnologias inovadoras de mobilidade urbana | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Infraestrutura sustentável de mobilidade | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Veículos movidos a biocombustíveis | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

| Área temática | Área de intervenção | Variação nos empregos | | |
|-------------------------------|---|-----------------------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 |
| Energia | Geração elétrica renovável ou distribuída | 0,04 | 0,05 | 0,04 |
| | Sistemas de eletricidade inteligente e inovadores | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| | Armazenamento de energia | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Projetos, mecanismos e ferramentas de gestão energética | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Produção de biocombustíveis e captura de carbono | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Resíduos Sólidos | Aproveitamento energético de resíduos | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Técnicas convencionais de coleta, tratamento ou disposição de resíduos sólidos | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Reciclagem, reaproveitamento e reuso de resíduos | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Métodos, ferramentas, gestão da demanda e outros mecanismos de gestão sustentável de resíduos | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Tecnologias ou processos inovadores de mitigação da disposição de resíduos sólidos | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| Saneamento | Tecnologias promotoras da eficiência no consumo de água em edificações | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Processos, sistemas e técnicas convencionais de tratamento e reuso de águas | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Técnicas inovadoras de abastecimento, tratamento, reaproveitamento e reuso da água | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Métodos, ferramentas, mecanismos e processos de gestão aplicados à cadeia de saneamento e abastecimento | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Técnicas de remoção de plástico da água | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Soluções baseadas na Natureza | Técnicas e processos aplicados à produção de alimentos | 0,01 | | 0,01 |
| | Infraestrutura baseada na natureza | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| | Conservação, monitoramento, recuperação e renaturalização de ecossistemas e bacias | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| | Tecnologias e técnicas inovadoras de restauração da flora e da fauna urbana | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos baseados na natureza | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

Fonte: Elaboração Fipe.

A Figura 13 exibe os resultados obtidos para a produtividade dos fatores de produção capital e trabalho, interpretados neste estudo como indicador de competitividade local (Quadro 7). As projeções sobre a variável produtividade são consistentes com o crescimento do PIB gerado pelo modelo COFFEE-TEA e indicam a contribuição dos fatores primários no crescimento setorial.

Figura 13: Variação média anual na produtividade do capital e trabalho setorial do cenário COP26 em relação ao cenário Linha de Base até 2050 (%)



Fonte: Elaboração Fipe.

No geral, foram obtidos desvios positivos na produtividade setorial do capital e trabalho com o cenário COP26, com exceção do setor de extração de petróleo, no qual a perda de produtividade dos seus fatores primários potencializou o resultado negativo obtido para o crescimento setorial. Por outro lado, os setores de refino de petróleo e siderurgia apresentaram ganhos de produtividade, apesar dos resultados negativos de crescimento setorial.

Finalmente, segundo áreas temáticas e de intervenção das soluções, tem-se crescimento ligeiramente superior com o cenário COP 26 em 2022, 2025 e 2030 (Quadro 7).

Quadro 7: Variação média na produtividade do capital e trabalho do Cenário COP26 relativamente ao cenário Linha de Base em 2022, 2025 e 2030

| Área temática | Área de intervenção | Variação nos empregos | | |
|---------------------|--|-----------------------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 |
| Ambiente Construído | Materiais construtivos | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Sistemas e tecnologias construtivos | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | Estratégias de projeto de edifícios e desenho urbano | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Metodologias e ferramentas de projeto e avaliação | 0,03 | 0,03 | 0,03 |

| Área temática | Área de intervenção | Variação nos empregos | | |
|-------------------------------|---|-----------------------|------|------|
| | | 2022 | 2025 | 2030 |
| Mobilidade | Eletromobilidade | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Sistemas de compartilhamento de transporte | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos de mobilidade urbana sustentável | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Tecnologias inovadoras de mobilidade urbana | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | Infraestrutura sustentável de mobilidade | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Veículos movidos a biocombustíveis | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Energia | Geração elétrica renovável ou distribuída | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Sistemas de eletricidade inteligente e inovadores | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Armazenamento de energia | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| | Projetos, mecanismos e ferramentas de gestão energética | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | Produção de biocombustíveis e captura de carbono | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Resíduos Sólidos | Aproveitamento energético de resíduos | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | Técnicas convencionais de coleta, tratamento ou disposição de resíduos sólidos | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Reciclagem, reaproveitamento e reuso de resíduos | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | Métodos, ferramentas, gestão da demanda e outros mecanismos de gestão sustentável de resíduos | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Tecnologias ou processos inovadores de mitigação da disposição de resíduos sólidos | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Saneamento | Tecnologias promotoras da eficiência no consumo de água em edificações | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Processos, sistemas e técnicas convencionais de tratamento e reuso de águas | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| | Técnicas inovadoras de abastecimento, tratamento, reaproveitamento e reuso da água | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Métodos, ferramentas, mecanismos e processos de gestão aplicados à cadeia de saneamento e abastecimento | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Técnicas de remoção de plástico da água | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| | Técnicas e processos aplicados à produção de alimentos | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Soluções baseadas na Natureza | Infraestrutura baseada na natureza | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Conservação, monitoramento, recuperação e renaturalização de ecossistemas e bacias | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Tecnologias e técnicas inovadoras de restauração da flora e da fauna urbana | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos baseados na natureza | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Fonte: Elaboração Fipe.

Esta seção apresentou as estimativas de indicadores de potencial de mitigação de emissões, crescimento econômico, empregos e competitividade local. Estas estimativas serviram para pontuar e ranquear as soluções do OICS, conforme classificação multicritério e resultados descritos a seguir.

3.3 PONTUAÇÃO E RANQUEAMENTO DAS SOLUÇÕES DA PLATAFORMA OICS

Como explicitado na seção anterior, os resultados da modelagem BLUES-EFES foram utilizados como referência para a classificação dos indicadores de potencial de mitigação, nível de atividade econômica, nível de emprego e competitividade local. Essas apurações foram então transformadas em uma escala de grau de impacto de 5 níveis (1 a 5), conforme classificação do quadro a seguir.

Quadro 8: Escala de pontuação conforme a classificação do desempenho de uma solução em determinado critério

| Classificação das soluções por indicadores | Pontuação |
|---|------------------|
| Muito ruim/Muito baixo/Negativo e direto | 1 |
| Ruim/Baixo/Negativo e indireto | 2 |
| Regular/Mediano/Neutro | 3 |
| Bom/Alto/Positivo e indireto | 4 |
| Muito bom/Muito alto/Positivo e direto | 5 |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Uma vez mensurados os indicadores previamente citados, assim como indicada a escala de pontuação multicritério, tem-se a definição detalhada, justificativas e notas a serem atribuídas a seguir.

O indicador de potencial de mitigação (MIT) mede a capacidade de redução das emissões de GEE associada à adoção das soluções do OICS, frente à situação-base na área temática. Por exemplo, a solução de madeira plástica sustentável refere à área de intervenção de materiais construtivos, que por sua vez remete à cadeia produtiva dos setores de extração de minério de ferro, ferro-gusa e ferroligas e cimento. Nestes segmentos, a redução de emissões decorrente da conversão de processos produtivos para viabilizar a produção da solução é de 11%, o que implica em nota 3 e classificação mediana no indicador MIT, conforme ilustra a Tabela 1, abaixo (Fundação Coppetec, 2022c).

Tabela 1: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador MIT

| Potencial de mitigação | Nota no indicador | Justificativas |
|--------------------------|-------------------|--|
| Igual ou menor do que 5% | 1 | A solução, uma vez implementada, tem potencial de redução de emissões muito baixo. |
| Entre 6 e 9% | 2 | A solução, uma vez implementada, tem potencial de redução de emissões baixo. |
| Entre 10 e 14% | 3 | A solução, uma vez implementada, tem potencial de redução de emissões mediano. |
| Entre 15 e 19% | 4 | A solução, uma vez implementada, tem potencial de redução de emissões alto. |
| Igual ou maior que 20% | 5 | A solução, uma vez implementada, tem potencial de redução de emissões muito alto. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O indicador de geração de empregos (EMP) remete, inicialmente, ao ODS 8, que foca em promover o crescimento econômico de forma inclusiva e sustentável, gerando emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas e todos. Adicionalmente, abrange o ODS 10, que objetiva reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles, possuindo metas de aumento de renda, de empoderamento, de inclusão social, econômica e política e de combate à discriminação, dentre outras (ESTRATÉGIA ODS, 2019; ONU BRASIL, 2019).

Aplicando a estimativa de indicadores constantes na seção 3.2 à classificação e justificativas da Tabela 2, a seguir, constata-se à guisa de exemplo que a eletrificação da mobilidade tem um impacto bom em termos de geração de empregos nos setores da sua cadeia produtiva. Ou seja, tecnologias de eletromobilidade promovem um incremento médio anual de 0,03 pontos percentuais (p.p.), em média, na geração de empregos ao ano relativamente ao cenário LB (anexo 3). Portanto, atribui-se nota 4 neste indicador à adoção urbana de soluções de eletromobilidade (Fundação Coppetec, 2022c).

Tabela 2: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador EMP

| Varição média anual dos empregos (p.p.) | Nota no indicador | Justificativas |
|---|-------------------|--|
| Inferior a -0,03 | 1 | A solução, uma vez implementada, tem impacto muito ruim sobre a geração de empregos. |
| Entre -0,02 e -0,03 | 2 | A solução, uma vez implementada, tem impacto ruim sobre a geração de empregos. |
| Entre -0,01 e 0,01 | 3 | A solução, uma vez implementada, tem impacto neutro sobre a geração de empregos. |
| Entre 0,02 e 0,03 | 4 | A solução, uma vez implementada, tem impacto bom na geração de empregos. |
| Superior a 0,03 | 5 | A solução, uma vez implementada, tem impacto muito bom na geração de empregos. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O indicador de impacto no crescimento econômico (ECO) traduz o potencial das soluções do OICS em termos da geração de valor na economia, ou seja, o quanto que sua adoção potencialmente impacta o Produto Interno Bruto (PIB) em nível nacional e regional (Fundação Coppetec, 2022c). Analogamente ao indicador EMP, remete ao ODS 8, e em particular à meta 8.1, que trata de sustentar o crescimento econômico per capita, de acordo com as circunstâncias nacionais e, em particular, pelo menos um crescimento anual de 7% do PIB nos países menos desenvolvidos.

À guisa de exemplo, aplicando as estimativas apresentadas na seção 3.2 à classificação e justificativas da Tabela 3, a seguir, constata-se que a adoção de Técnicas de remoção de plástico da água tem impacto bom em termos de crescimento econômico, representando um acréscimo anual de 0,03 pontos percentuais médios ao ano no PIB do setor de saneamento. Diante disso, atribui-se nota 4 às soluções desta área de intervenção no indicador ECO (Fundação Coppetec, 2022c).

Tabela 3: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador ECO

| Variação média anual do PIB (p.p.) | Nota no indicador | Justificativas |
|---|--------------------------|---|
| Inferior a -0,04 | 1 | A solução, uma vez implementada, tem impacto muito ruim sobre a geração de PIB. |
| Entre -0,02 e -0,04 | 2 | A solução, uma vez implementada, tem impacto ruim sobre a geração de PIB. |
| Entre -0,01 e 0,01 | 3 | A solução, uma vez implementada, tem impacto neutro sobre a geração de PIB. |
| Entre 0,02 e 0,04 | 4 | A solução, uma vez implementada, tem impacto bom sobre a geração de PIB. |
| Superior a 0,04 | 5 | A solução, uma vez implementada, tem impacto muito bom sobre a geração de PIB. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Ainda no âmbito do ODS 8, o indicador de competitividade local (CLC) avalia como as soluções podem ser beneficiadas por vantagens regionais para adoção no Brasil. Para isso, leva-se em conta a produtividade potencial dos fatores de produção que impactam a adoção das soluções, ou seja, o fornecimento de bens de capital, a existência de mão-de-obra qualificada e a disponibilidade de recursos naturais. Alinha-se, portanto, à meta 8.2 do referido ODS, que trata de atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra (Fundação Coppetec, 2022c).

Ademais, como o estudo aborda o desenvolvimento de novas soluções urbanas, também são considerados neste critério as competências regionais, medidas por experiências pretéritas comparáveis e o posicionamento perante casos de sucesso implantados. Em suma, o critério objetiva averiguar como as soluções temáticas podem ser encaradas como uma oportunidade para a competitividade e posicionamento das cidades em termos de sustentabilidade em escala global, diante das competências tecnológicas e científicas regionais (Fundação Coppetec, 2022c).

Aplicando os valores constantes na seção 3.2 à classificação e justificativas da Tabela 4, a seguir, constata-se que a adoção de soluções relacionadas a Sistemas e tecnologias construtivas, tais como Construção *off-site* e Impressão 3D, são positivamente beneficiadas pelas condições de competitividade local da cadeia produtiva da construção civil. Ou seja, tem um impacto bom em termos da produtividade do capital e trabalho, que é de 0,04 pontos percentuais médios ao ano. Portanto, atribui-se nota 4 neste indicador às soluções supracitadas (Fundação Coppetec, 2022c).

Tabela 4: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador CLC

| Variação média anual da produtividade do capital e trabalho (p.p.) | Nota no indicador | Justificativas |
|---|--------------------------|--|
| Inferior a -0,05 | 1 | A solução, uma vez implementada, tem impacto muito ruim sobre a produtividade dos fatores de produção. |
| Entre -0,02 e -0,05 | 2 | A solução, uma vez implementada, tem impacto ruim sobre a produtividade dos fatores de produção. |
| Entre -0,01 e 0,01 | 3 | A solução, uma vez implementada, tem impacto neutro sobre a produtividade dos fatores de produção. |
| Entre 0,02 e 0,05 | 4 | A solução, uma vez implementada, tem impacto bom sobre a produtividade dos fatores de produção. |
| Superior a 0,05 | 5 | A solução, uma vez implementada, tem impacto muito bom sobre a produtividade dos fatores de produção. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Diante da classificação atribuída aos indicadores MIT, EMP, ECO e CLC, a Tabela 5, a seguir, apresenta a pontuação das 20 melhores soluções da base do OICS. Observa-se no lado esquerdo da tabela os nomes das soluções com melhor desempenho, no lado direito, está representado a nota que cada indicador recebeu, variando de 1 a 5, e o somatório das notas obtidas.

A título de exemplo, a solução “Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa” pontuou 19 pontos, sendo que 3 dos indicadores receberam uma nota 5, ou seja, apresentaram um desempenho muito alto ou positivo e direto em relação aos critérios avaliados. Por outro lado, o indicador “Impacto na geração de emprego” recebeu uma nota 4, ou melhor, foi avaliado com um desempenho alto.

Observa-se uma alta concentração de soluções da área temática de energia. Isso ocorre devido à alta correlação do crescimento econômico e geração de energia, além do elevado potencial de mitigação das soluções que promovem a geração de energia elétrica renovável ou o uso de sistemas inteligentes.

Tabela 5: Ranqueamento de soluções segundo os indicadores MIT, ECO, EMP e CLC

| Solução | Tema | Indicadores | | | | Pontuação |
|--|------------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|
| | | MIT | ECO | EMP | CLC | |
| Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação adaptativa | Energia | 5 | 5 | 4 | 5 | 19 |
| Blockchain e Internet of Things (IoT) em microrredes | Energia | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Produção descentralizada de hidrogênio | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Persianas inteligentes | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Turbina parafuso (Hydroscrew) | Energia | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Micro e minigeração distribuída de energia eólica por vibração | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Micro e minigeração distribuída de energia eólica | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Micro e minigeração distribuída com sistemas híbridos | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Mecanismos de incentivo à geração solar fotovoltaica distribuída | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Integração de veículos elétricos ao grid | Energia | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Geração de energia solar fotovoltaica em lagos, lagoas ou reservatórios de PCH | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Geração de energia hidrocínética | Energia | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Geração de energia dos passos de pedestres | Energia | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Geração com energia das ondas | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Geração com energia das marés | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Ciclovias geradoras de energia elétrica | Energia | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| Aquecimento de água com energia solar em edificações | Energia | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| Aproveitamento energético do biogás direto em aterros | Resíduos sólidos | 5 | 4 | 4 | 5 | 18 |
| Aproveitamento energético do biogás com biodigestores | Resíduos sólidos | 5 | 4 | 4 | 5 | 18 |

Fonte: Fundação Coppetec (2022a).

4. ANÁLISE DE MULTICRITÉRIO APLICADA PARA O RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DE SOLUÇÕES URBANAS SUSTENTÁVEIS

Uma vez classificadas e ranqueadas as soluções do Observatório, segundo os indicadores quantitativos e desconsiderado a aplicação da Análise de Decisão Multicritério (ADMC), esta seção objetiva utilizar desta metodologia em estudos de caso desenvolvidos junto a atores das regiões Centro-Oeste e Nordeste do Brasil.

Trata-se de pontuar e priorizar soluções, segundo a visão destes atores, considerando uma série de macrocritérios e indicadores que permitam comparar os impactos e cobenefícios das medidas para o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável nas cidades. Neste caso, adicionam-se aos indicadores anteriormente avaliados (MIT, ECO, EMP e CLC), 12 itens que foram avaliados quali-quantitativamente.

Inicialmente, serão sintetizadas as etapas e conceitos da ADMC utilizados neste estudo (Fundação Coppetec, 2022c). Por fim, serão descritos os resultados da aplicação da metodologia junto às regiões supracitadas, com foco nas soluções mais bem ranqueadas em caráter ordinal e segundo desafios temáticos do OICS.

4.1 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A metodologia ADMC possui a função de simplificar a resolução de problemas complexos que envolvem diversas variáveis. Nesses casos, o atingimento da solução ótima, ou da decisão final, requer um compromisso entre os critérios, os quais geralmente possuem pesos diferentes dentro da análise. O resultado geralmente é dado em termos de valores finais para as alternativas avaliadas, o que possibilita o seu ranqueamento por ordem de preferência.

As aplicações da metodologia de ADMC são variadas, englobando os mais diversos tipos de estudos e áreas do conhecimento, e podendo ser empregada em análises simples até as muito complexas, que podem envolver uma vasta lista de critérios e indicadores. No Brasil, a metodologia ADMC tem sido empregada para subsidiar a implementação de políticas públicas relacionadas à mitigação das mudanças climáticas (SILVA et al., 2022). No projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de

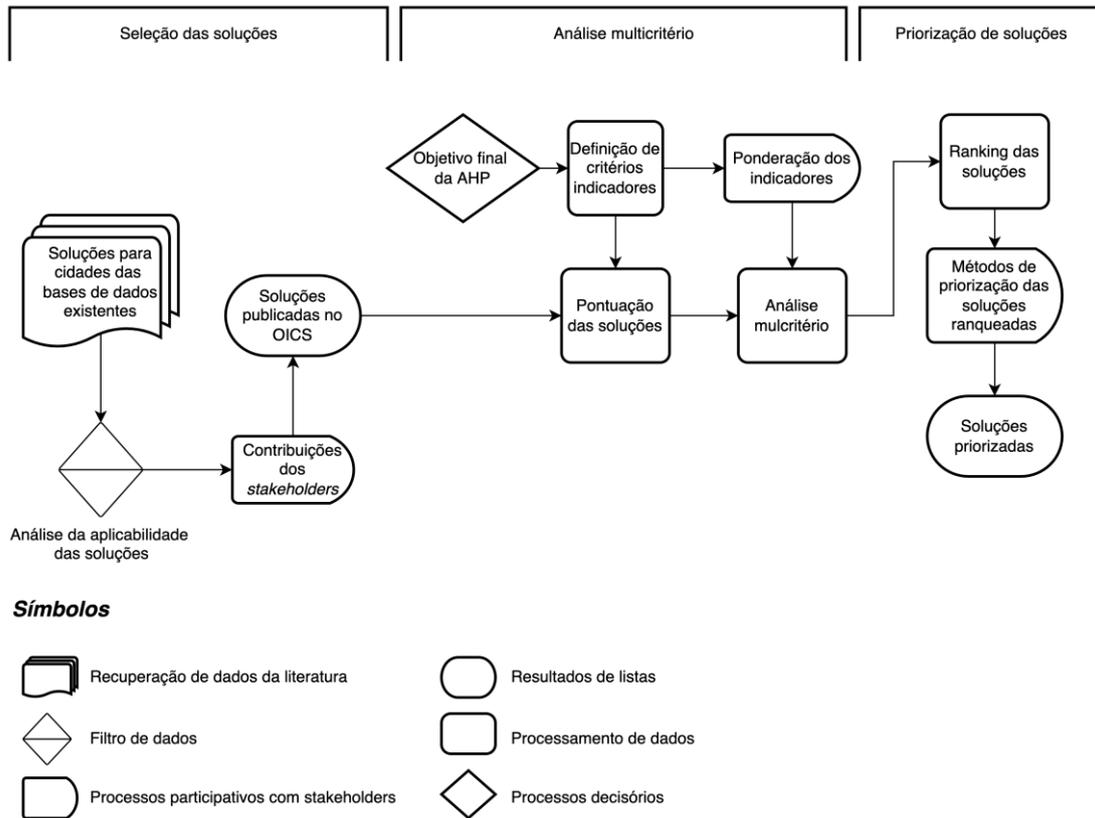
Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)”, foi aplicada para identificar necessidades tecnológicas para o cumprimento das metas de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) no âmbito do Acordo de Paris (MCTI, 2021a). Ao nível subnacional, a metodologia foi utilizada no processo de pontuação, ranqueamento e priorização das opções tecnológicas do Plano de Descarbonização para o estado de Pernambuco (PDPE), que contempla a estratégia para a descarbonização da economia pernambucana até 2050 (SEMAS/PE, 2022).

Dentre as ferramentas disponíveis para a execução da ADMC, destaca-se a metodologia *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (SAATY; VARGAS, 2012). A ideia central do método é formar uma estrutura hierárquica, em que o primeiro nível consiste no objetivo final, seguido por níveis de critérios e indicadores ou subcritérios, até chegar às alternativas. Assim, os tomadores de decisão devem julgar, racional e intuitivamente, a importância dos critérios em determinado nível em relação apenas ao nível imediatamente superior. Deste modo, este procedimento de estruturação hierárquica simplifica a atribuição de pesos a uma série de critérios conflitantes, estabelecendo, ao final, um compromisso entre eles. Consequentemente, é possível estabelecer um processo de consenso decisório, no qual são selecionadas as alternativas que melhor atendam a esse compromisso e contribuam ao objetivo final (*Ibidem*).

Os passos para executar a análise multicritério, a partir da metodologia de AHP, são: i) definir o objetivo final; ii) identificar os critérios e indicadores de cada nível; iii) comparar os pares dos critérios e dos indicadores; iv) calcular os pesos relativos dos critérios e dos indicadores; v) atribuir pontuação aos indicadores de impacto das soluções; vi) valoração final das soluções; e vii) ranqueamento e priorização das soluções.

O fluxograma de atividades neste estudo divide-se em três etapas principais (Figura 14): i) seleção das soluções; ii) análise multicritério; e iii) priorização das soluções. Uma visão ampla do procedimento metodológico é detalhadamente descrita a seguir.

Figura 14: Fluxograma de atividades visando à pontuação, ranqueamento e priorização multicritério das soluções do OICS



Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

4.1.1 Seleção das soluções

A etapa seleção precedeu a realização deste estudo, na medida em que envolveu extenso trabalho da equipe do CGEE no sentido de elaborar e disponibilizar, de forma pública e gratuita, o banco de dados de soluções, estudos de caso e tipologias do OICS.

Diferentes etapas de validação e aprimoramento da plataforma foram realizadas, sendo a mais recente realizada no âmbito do acordo de cooperação estabelecida entre o CGEE, a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (Fipe/USP) e a Fundação Coppetec. Nesta, ocorreu uma extensa revisão de conteúdo, com aprimoramentos e inclusão de novas soluções aplicáveis em áreas urbanas visando ao planejamento urbano sustentável.

Sendo assim, considera-se como amostra a versão aprimorada da base de dados do OICS na etapa de análise multicritério, que contempla 295 soluções subdivididas em áreas temáticas, conforme anteriormente discriminado no Quadro 1.

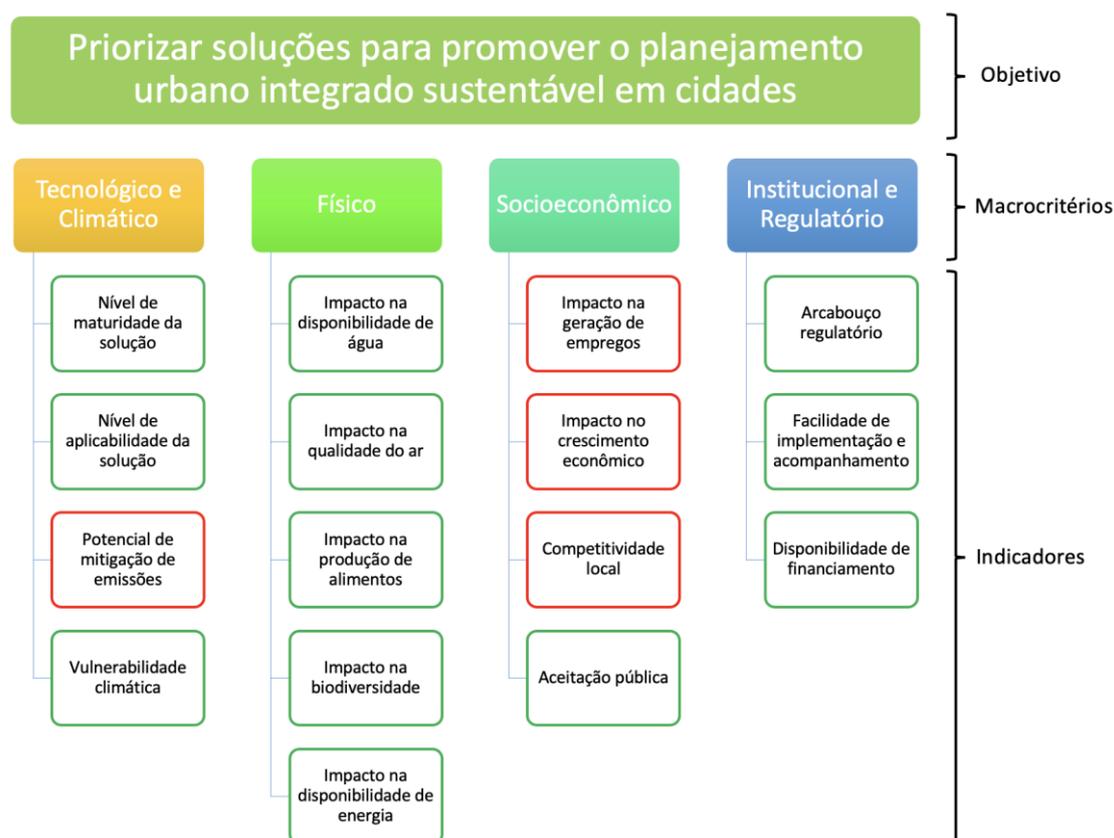
4.1.2 Análise multicritério

No método AHP, cada tomador de decisão envolvido deve julgar a relevância relativa de cada critério no mesmo nível, comparando-os em pares, indicador a indicador. Assim, a ferramenta AHP simplifica o estabelecimento de pesos para cada critério e indicador de acordo com sua relevância para o objetivo final.

A atribuição de pesos aos indicadores oriunda da aplicação da metodologia AHP permite que cada solução seja qualificada com uma nota final, dada pela média ponderada de sua performance em cada indicador. Dessa forma, a nota final da solução estará mais próxima das notas atribuídas aos indicadores que obtiverem mais peso na avaliação dos atores convidados a contribuir. Com isso, permite-se a elaboração de rankings das soluções, que são úteis como base para priorização das soluções a serem implementadas em um município.

A estrutura multicritério adotada neste estudo é composta por quatro critérios, a cada um dos quais se relacionam impactos, medidos segundo 16 indicadores. Destes 16 indicadores, 4 foram avaliados quantitativamente, conforme descrito na seção 3, e 12 foram analisados de forma híbrida, ou seja, considerando conceitos qualitativos e métrica quantitativa. A Figura 15 ilustra a estrutura da ferramenta AHP utilizada, e o Quadro 9 descreve os indicadores.

Figura 15: Estrutura da ferramenta AHP aplicada para pontuação e ranqueamento das soluções



Legenda:

- Indicadores avaliados quantitativamente;
- Indicadores avaliados quali-quantitativamente

Fonte: Elaborado a partir de Fundação Coppetec (2022c).

Quadro 9: Descrição dos macrocritérios e indicadores avaliados quali-quantitativamente

| Critério | Descrição | Indicadores | Descrição |
|-------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Tecnológico e Climático | Contém indicadores com uma perspectiva técnica, avaliando características de nível de difusão e impacto climático da solução | Nível de maturidade da solução (SRL) | Representa o nível de maturidade da solução em nível internacional e nacional. |
| | | Nível de aplicabilidade da solução | Refere o grau de aplicabilidade da solução considerando as características regionais, estudos de caso e ODS. |
| | | Vulnerabilidade climática | Reflete o impacto da solução sobre a capacidade adaptativa dos sistemas urbanos às alterações climáticas e seus efeitos perversos. |
| Físico | Consiste em indicadores que refletem os impactos da solução no ambiente físico | Impacto na disponibilidade de água | Impactos da solução na disponibilidade de recursos hídricos para a sociedade. |
| | | Impacto na qualidade do ar | Impactos da solução na geração de poluentes atmosféricos em toda a cadeia produtiva. |

| Critério | Descrição | Indicadores | Descrição |
|-----------------------------|--|--|--|
| | | Impacto na produção de alimento | Impactos da solução na agricultura, no uso da terra e na segurança alimentar. |
| | | Impacto na biodiversidade | Efeitos da solução sobre a conservação da biodiversidade. |
| | | Impacto na disponibilidade de energia | Impacto da solução na quantidade de energia disponível para a sociedade, na eficiência no uso de recursos energéticos, na promoção de energias renováveis, no acesso à energia e na modernização da infraestrutura energética. |
| Socioeconômico | Incorpora indicadores que abordam os efeitos da adoção da solução nas condições sociais e econômicas | Aceitação pública | Avaliação da percepção dos <i>stakeholders</i> sobre os impactos da solução. |
| Institucional e Regulatório | Incorpora indicadores que associam o grau de compatibilidade às características institucionais e de implementação relevantes das soluções. | Arcabouço regulatório | Avaliação da aderência da solução ao marco regulatório vigente. |
| | | Facilidade de implementação e acompanhamento | Avaliação do nível de complexidade de gerenciamento da solução. |
| | | Disponibilidade de financiamento | Avaliação do número de linhas de financiamento disponível para implantar projetos baseados na solução. |

Fonte: Elaborado a partir de Fundação Coppetec (2022c).

4.1.2.1 Pontuação das soluções do OICS

Após a definição dos macrocritérios e dos indicadores para o processo de avaliação multicritério, as soluções selecionadas foram avaliadas conforme escala e classificação apresentada na tabela a seguir. Cumpre ressaltar que relativamente à tabela apresentada na seção 3, adiciona-se aqui a escala de classificação relativa ao desempenho das soluções no indicador de Facilidade de implementação e acompanhamento.

Tabela 6: Escala de pontuação conforme a classificação do desempenho de uma solução em determinado critério

| Classificação das soluções por indicadores | Pontuação |
|--|------------------|
| Muito ruim/Muito baixo/Negativo e direto/Muito alta complexidade | 1 |
| Ruim/Baixo/Negativo e indireto/Alta complexidade | 2 |
| Regular/Mediano/Neutro | 3 |
| Bom/Alto/Positivo e indireto/Baixa complexidade | 4 |
| Muito bom/Muito alto/Positivo e direto/Muito baixa complexidade | 5 |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

No que se refere à discriminação e aos critérios das pontuações atribuídas aos indicadores, inicialmente tem-se que o indicador de maturidade das soluções objetiva representar o posicionamento das soluções do OICS no contexto de seu estágio de desenvolvimento em nível nacional e internacional. Assim, o indicador considera o estado-da-arte e o nível de aplicação da aplicação, independentemente de sua origem.

O indicador proposto adapta o conceito de Nível de Prontidão Tecnológica (*Technology Readiness Level – TRL*) da Agência Espacial Americana (*National Aeronautics and Space Administration – NASA*), tendo em vista que o OICS trabalha com um conceito mais amplo, que envolve soluções. Ou seja, perpassa a aplicação de tecnologias visando ao desenvolvimento de cidades sustentáveis ao também considerar que soluções urbanas abrangem mecanismos de política pública, mudanças comportamentais e outros instrumentos de planejamento urbano integrado.

Diante destas considerações, o indicador de “Nível de Maturidade da Solução – SRL” é apresentado no Quadro 10 com valores de SRL, juntamente com a classificação, que determina a respectiva pontuação das soluções do OICS, segundo a escala da ADMC. Por sua vez, a Tabela 7 apresenta as notas e justificativas a serem atribuídas para classificação das soluções no OICS.

Quadro 10: Descrição dos níveis de maturidade (SRL) e classificação ADMC das soluções

| Nível de Maturidade da Solução | Descrição | Classificação ADMC |
|--------------------------------|--|--------------------|
| SRL 1 | Solução em estágio de design de princípios básicos. Pesquisa em nível inicial com resultados sendo traduzidos para investigação aplicada e desenvolvimento. | 1 (Muito ruim) |
| SRL 2 | Solução com conceito e/ou aplicação formulada. Começa após o estudo dos princípios básicos e aplicações práticas podem ser testadas nos resultados iniciais. | |
| SRL 3 | Solução em prova experimental do conceito. Início da pesquisa aplicada e design. Geralmente estudos analíticos e laboratoriais são necessários para comprovar a viabilidade da solução e sua capacidade de proceder para as etapas seguintes de desenvolvimento. | |
| SRL 4 | Solução em estágio de testes laboratoriais de componentes. Essa validação deve comprovar o conceito tecnológico formulado e ser compatível as aplicações da solução. | 2 (Ruim) |
| SRL 5 | Solução protótipo em processo de teste em ambiente relevante. Continuação do SRL 4, mas com a execução de testes mais rigorosos dos componentes. As aplicações da solução devem ser simuladas em ambientes mais compatíveis com a realidade. | |
| SRL 6 | Solução verificada em escala piloto. Possui um protótipo funcional ou modelo representativo verificado, que ainda precisa ser testado em ambiente operacional de escala compatível e integrado. | 3 (Regular) |
| SRL 7 | Solução piloto integrada demonstrada. Demonstração do protótipo, geralmente em nível internacional, no espaço definido para sua utilização e em escala compatível ao sistema comercial planejado. | |
| SRL 8 | Solução comercialmente disponível. A solução pode ser adquirida, contudo, as aplicações ainda são restritas em âmbito nacional. | 4 (Bom) |
| SRL 9 | Solução disponível e amplamente disseminada. Solução comercialmente disponível, viável e com inúmeras aplicações em nível nacional e internacional. | 5 (Muito bom) |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Tabela 7: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador SRL

| Níveis SRL | Nota no indicador | Justificativas |
|------------|-------------------|--|
| 1, 2 e 3 | 1 | Solução em estágio de desenvolvimento conceitual. |
| 4 e 5 | 2 | A solução se encontra em estágio de desenvolvimento em ambiente laboratorial. |
| 6 e 7 | 3 | A solução possui aplicações urbanas pontuais em escala piloto. |
| 8 | 4 | Solução disponível para aquisição no mercado ou replicação, com aplicações ainda restritas em âmbito nacional. |
| 9 | 5 | Solução amplamente disseminada, com inúmeras aplicações urbanas em nível nacional e internacional. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O nível de aplicabilidade das soluções (NAS) considera três subindicadores: i) o número de estudos de caso (NEC) relacionados à aplicação da solução; ii) o número de Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) endereçados, enquanto cobenefícios a serem potencialmente obtidos com a adoção da solução e; iii) o número de regiões (REG) do Brasil em que a solução é aplicável.

O subindicador de estudos de caso endereça experiências bem-sucedidas visando a replicação das soluções nas cidades brasileiras. Quanto maior for o número de casos de aplicação das soluções em âmbito nacional e internacional, maior será o potencial de replicação nas cidades brasileiras, devendo-se a cada caso analisar as particularidades urbanas para determinar o nível de disseminação regional. A Tabela 8, a seguir, contempla as notas e justificativas do subindicador NEC.

Tabela 8: Justificativas e notas a serem atribuídas no subindicador NEC

| Número estudos de caso | Nota no indicador | Justificativas |
|------------------------|-------------------|---|
| 0 | 1 | A solução tem impacto muito fraco em termos de replicação regional no Brasil, pois não consta na base de dados OICS estudo caso relacionado à adoção. |
| 1 | 2 | A solução tem impacto fraco em termos de replicação regional no Brasil, pois consta na base de dados OICS somente 1 estudo caso relacionado à sua adoção. |
| 2 | 3 | A solução tem impacto mediano em termos de replicação regional no Brasil, pois constam na base de dados OICS dois estudos de caso relacionados à sua adoção. |
| 3 | 4 | A solução tem impacto alto em termos de replicação regional no Brasil, pois constam na base de dados OICS três estudos de caso relacionados à sua adoção. |
| 4 | 5 | A solução tem impacto muito alto em termos de replicação regional no Brasil, pois constam na base de dados OICS quatro ou mais estudos de caso relacionados à sua adoção. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Em setembro de 2015, os 193 países membros das Nações Unidas adotaram uma nova política global: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que tem como objetivo elevar o desenvolvimento do mundo e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas (ONU BRASIL, 2019). Para tanto, foram estabelecidos 17 ODS⁷ com 169 metas – a serem alcançadas por meio de uma ação conjunta que agrega diferentes níveis de governo, organizações, empresas e a sociedade como um todo nos âmbitos internacional, nacional e local.

Sendo assim, o subindicador captura o número de ODS potencialmente endereçados a partir da adoção de cada solução em nível urbano, informação a qual já faz parte da base de dados do OICS.

Tabela 9: Justificativas e notas a serem atribuídas no subindicador ODS

| Número de ODS endereçados | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| Nenhum a 2 | 1 | A solução tem impacto muito fraco em termos de cobenefícios de desenvolvimento sustentável relacionados à adoção. |
| 3 a 4 | 2 | A solução tem impacto fraco em termos de cobenefícios de desenvolvimento sustentável relacionados à adoção. |
| 5 a 6 | 3 | A solução tem impacto mediano em termos de cobenefícios de desenvolvimento sustentável relacionados à adoção. |
| 7 a 8 | 4 | A solução tem impacto bom em termos de cobenefícios de desenvolvimento sustentável relacionados à adoção. |
| 9 a 17 | 5 | A solução tem impacto muito bom em termos de cobenefícios de desenvolvimento sustentável relacionados à adoção. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

No que se refere à aplicabilidade regional das soluções no Brasil, que abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-oeste, Nordeste e Norte, são consideradas diferentes fontes de informação para inserção deste parâmetro na base de dados de soluções e, consequentemente, contabilização junto ao indicador. Podem ser mencionados: i) Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al., 2017); ii) Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (CEPEL, 2017); iii) Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (EPE, 2022a); iv) Atlas

⁷ ODS 1 – Erradicação da Pobreza; ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável; ODS 3 – Saúde e Bem-estar; ODS 4 – Educação de Qualidade; ODS 5 – Igualdade de Gênero; ODS 6 – Água e Saneamento; ODS 7 – Energia Limpa e Acessível; ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico; ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura; ODS 10 – Redução das Desigualdades; ODS 11- Cidades e Comunidades Sustentáveis; ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis; ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima; ODS 14 – Vida na Água; ODS 15 – Vida Terrestre; ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes; ODS 17 – Parcerias e Meios de Comunicação.

da Eficiência Energética Brasil 2021 (EPE, 2021); v) Relatório de Avaliação de Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (Volume 1 – Mitigação) (MCTI, 2021a); vi) Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística (MECON, 2022a); vii) Política Nacional de Biocombustíveis – Renovabio (MME, 2019); viii) Plano Nacional de Logística 2035 (MI, 2021); ix) Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab (MCIDADES, 2014); x) Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (MMA, 2022); xi) Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (MDR, 2022a); xii) Plano Nacional de Habitação (PlanHab) 2040 (MDR, 2022b); xiii) Soluções Baseadas na Natureza e os Desafios da Água; entre outros.

O subindicador mede o potencial de replicabilidade das soluções, tendo em vista que o potencial de disseminação é diretamente proporcional ao número de regiões em que a solução é aplicável. Na Tabela 10, a seguir, constam as notas e justificativas do subindicador REG.

Tabela 10: Justificativas e notas a serem atribuídas no subindicador REG

| Regiões aplicáveis | Nota no indicador | Justificativas |
|--------------------|-------------------|---|
| 1 | 1 | A solução é aplicável somente em 1 (uma) região do Brasil, assim produzindo impacto muito fraco em termos de replicabilidade. |
| 2 | 2 | A solução é aplicável em 2 (duas) regiões do Brasil, assim produzindo impacto fraco em termos de replicabilidade. |
| 3 | 3 | A solução é aplicável em 3 (três) regiões do Brasil, assim produzindo impacto mediano em termos de replicabilidade. |
| 4 | 4 | A solução é aplicável em 4 (quatro) regiões do Brasil, assim produzindo impacto bom em termos de replicabilidade. |
| 5 | 5 | A solução é aplicável todas as regiões do Brasil, assim produzindo impacto muito bom em termos de replicabilidade. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Diante dos subindicadores anteriormente citados, tem-se que o nível de aplicabilidade das soluções (NAS) é dado pelo somatório das pontuações nos subindicadores NEC, ODS e REG. Ou seja, o “Valor Final” da solução (equação 1) no indicador corresponde ao somatório, para todos os n subindicadores, quais sejam: $NEC_{solução}$ (pontuação de 1 a 5); $ODS_{solução}$ (pontuação de 1 a 5); e $REG_{solução}$ (pontuação de 1 a 5).

$$\text{VALOR FINAL} = \sum_{i=1}^n (\text{NEC}_{\text{solução}} + \text{ODS}_{\text{solução}} + \text{REG}_{\text{solução}}) \quad (1)$$

Sendo assim, o nível de aplicabilidade das soluções (NAS) corresponde a um Valor Final entre 1 e 5, conforme notas e justificativas listadas na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador NAS

| Pontuação final da solução | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------------|-------------------|---|
| 3 a 4 | 1 | A solução, considerando as particularidades regionais, impactos e estudos de caso, tem nível muito ruim de aplicabilidade urbana no Brasil. |
| 5 a 7 | 2 | A solução, considerando as particularidades regionais, impactos e estudos de caso, tem nível ruim de aplicabilidade urbana no Brasil. |
| 8 a 10 | 3 | A solução, considerando as particularidades regionais, impactos e estudos de caso, tem nível mediano de aplicabilidade urbana no Brasil. |
| 11 a 13 | 4 | A solução, considerando as particularidades regionais, impactos e estudos de caso, tem nível bom de aplicabilidade urbana no Brasil. |
| 14 a 15 | 5 | A solução, considerando as particularidades regionais, impactos e estudos de caso, tem nível muito bom de aplicabilidade urbana no Brasil. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O indicador de vulnerabilidade climática (VCL) avalia o grau de exposição da solução a impactos decorrentes da mudança do clima, como impactos na oferta de recursos renováveis ou aumento da frequência de eventos climáticos extremos (secas, enchentes, furacões, dentre outros), e mesmo impactos sobre a eficiência na conversão de energia dentro do processo tecnológico. Segundo o IPCC (2022), os riscos associados às mudanças climáticas dependem não apenas dos perigos associados às alterações no clima, mas também da vulnerabilidade e exposição de sistemas humanos e ecossistemas à essas alterações. Nesse contexto, a capacidade de adaptação ao clima se faz necessário como medida de proteção aos riscos das mudanças climáticas.

Portanto, este indicador visa aferir em que medida a adoção das soluções propostas para as áreas temáticas das soluções do OICS aumentam ou diminuem a capacidade adaptativa dos sistemas urbanos às alterações climáticas e seus efeitos perversos. Em outras palavras, busca-se avaliar se as opções deixam os sistemas urbanos mais ou menos aptos para lidar com os impactos adversos das mudanças climáticas.

Os impactos das mudanças climáticas podem afetar sistemas urbanos direta ou indiretamente. Por exemplo, eventos extremos como enchentes e ondas de calor afetam diretamente a infraestrutura urbana e sua população, respectivamente. Por outro lado, efeitos sobre a produção de alimentos no meio rural e a geração de eletricidade

centralizada longe dos centros urbanos, por exemplo, geram impactos indiretos sobre os sistemas urbanos.

A escala (notas) e justificativas a serem utilizadas para a valoração do desempenho das soluções do OICS consta na Tabela 12 a seguir.

Tabela 12: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador de VCL

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------|--------------------------|---|
| Muito ruim | 1 | O impacto esperado da solução para a capacidade adaptativa é negativo, direto e diminui a capacidade de adaptação ao clima em nível urbano. |
| Ruim | 2 | O impacto esperado da solução para a capacidade adaptativa é negativo e indireto. |
| Neutra | 3 | O impacto esperado da solução para a capacidade adaptativa é considerado neutro. |
| Bom | 4 | O impacto esperado da solução para a capacidade adaptativa é positivo e indireto. |
| Muito bom | 5 | O impacto esperado da solução para a capacidade adaptativa é positivo, direto e aumenta a capacidade de adaptação ao clima em nível urbano. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O critério físico engloba os indicadores que medem o desempenho de uma solução quanto a seus impactos sobre a disponibilidade e/ou a qualidade dos recursos físicos do ambiente.

Cada um dos indicadores faz referência a um Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU BRASIL, 2019) diferente, possuindo, assim, além do viés técnico de avaliação do uso de recursos, a ótica ambiental-social de assegurar seu uso de forma sustentável, visando a manutenção da quantidade e da qualidade do ar, da água, de alimentos e da biodiversidade, assim como disponibilidade de energia, para a população atual e futura. Tais indicadores medem, portanto, cobenefícios físicos das soluções analisadas.

O indicador de Impacto na disponibilidade de água (AGU) trata de endereçar ao ODS 6, que, além de apresentar a necessidade de se assegurar a oferta de água potável, saneamento e de higiene a todos, também aponta a necessidade do uso eficiente da água em todos os setores, a fim de promover a sustentabilidade no uso e evitar a escassez do recurso para a população (ESTRATÉGIA ODS, 2019; ONU BRASIL, 2019).

O emprego das soluções pode demandar o uso de água para diversos processos, como resfriamento de equipamentos ou matéria-prima, podendo até mesmo abranger diretamente o tratamento e reuso do recurso propriamente dito. Por outro lado, pode gerar cobenefícios (impactos indiretos) de economia, eficientização do uso do recurso, eliminação de processos que consumam água ou, ainda, de melhoria do acesso à água, contribuindo para o aumento da disponibilidade para outros usos da sociedade.

A escala (notas) e justificativas a serem utilizadas para a valoração do desempenho das soluções do OICS consta na Tabela 13 a seguir.

Tabela 13: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador de VCL

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|---------------|-------------------|--|
| Muito ruim | 1 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de água é negativo e direto em nível urbano. |
| Ruim | 2 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de água é negativo e indireto em nível urbano. |
| Neutra | 3 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de água é neutro em nível urbano. |
| Bom | 4 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de água é positivo e indireto em nível urbano. |
| Muito bom | 5 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de água é positivo e direto em nível urbano. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O indicador de impacto na qualidade do ar (QAR) se relaciona com o ODS 3, que preza pela manutenção da boa saúde humana e pela promoção do bem-estar para todas e todos, em todas as idades. Suas metas englobam, de forma geral, o combate e a prevenção de doenças e mortes, inclusive das relacionadas à poluição do ar (ESTRATÉGIA ODS, 2019; ONU BRASIL, 2019).

O impacto das soluções do OICS sobre este indicador deve ser avaliado em termos de quanto evitam ou contribuem para a emissão de poluentes na atmosfera, não apenas durante o seu emprego, mas durante todo o seu ciclo de vida. Evitar impactos é interpretado como impacto positivo, e contribuir como um impacto negativo decorrente da adoção da solução, efeitos os quais podem ser diretos ou indiretos. Ainda, a qualidade do ar pode não ser impactada pela adoção de soluções, o que implica em neutralidade na escala constante na Tabela 14 abaixo.

Tabela 14: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador QAR

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------|--------------------------|--|
| Muito ruim | 1 | O impacto esperado da solução sobre a qualidade do ar é negativo e direto em nível urbano. |
| Ruim | 2 | O impacto esperado da solução sobre a qualidade do ar é negativo e indireto em nível urbano. |
| Neutra | 3 | O impacto esperado da solução sobre a qualidade do ar é neutro em nível urbano. |
| Bom | 4 | O impacto esperado da solução sobre a qualidade do ar é positivo e indireto em nível urbano. |
| Muito bom | 5 | O impacto esperado da solução sobre a qualidade do ar é positivo e direto em nível urbano. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

A adoção de soluções de sustentabilidade urbana podem afetar a produção de alimentos (PAL), e assim o atingimento do ODS 2, cujas metas são acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável (ESTRATÉGIA ODS, 2019; ONU BRASIL, 2019).

Neste estudo, compreende-se que embora as intervenções, por meio da adoção de soluções, ocorram em nível urbano, estas produzem impactos que afetam as condições climáticas e, conseqüentemente, a produção de alimentos em nível rural. Ou seja, o indicador equipara os conceitos de produção e oferta de alimentos em nível urbano, não entrando no mérito de discutir o acesso e a logística associada à distribuição dos alimentos, na medida em que outros indicadores procuram capturar estes efeitos, ora abrangidos no critério socioeconômico (por exemplo, competitividade local dos fatores de produção).

Tabela 15: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador QAR

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------|--------------------------|--|
| Muito ruim | 1 | O impacto esperado da solução sobre a produção de alimentos é negativo e direto. |
| Ruim | 2 | O impacto esperado da solução sobre a produção de alimentos é negativo e indireto. |
| Neutra | 3 | O impacto esperado da solução sobre a produção de alimentos é neutro. |
| Bom | 4 | O impacto esperado da solução sobre a produção de alimentos é positivo e indireto. |
| Muito bom | 5 | O impacto esperado da solução sobre a produção de alimentos é positivo e direto. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

A biodiversidade e os ecossistemas terrestres podem ser afetados de diversas formas e em diferentes escalas. Assim, o ODS 15 visa conservá-los, recuperá-los e promover seu uso de maneira sustentável (ESTRATÉGIA ODS, 2019; ONU BRASIL, 2019). Os impactos sobre a biodiversidade (BIO) podem ser analisados em escala específica, quando da implementação de projetos em locais determinados, os quais serão afetados de maneira particular, a depender de sua sensibilidade, da atividade, das instalações e de uma série de outros fatores.

Semelhantemente ao recorte analítico adotado no indicador PAL, compreende-se que soluções implementadas em ambiente urbano produzem impactos em todos os ecossistemas, portanto abrangendo os níveis urbano e rural. Assim, as soluções são avaliadas de acordo com seus efeitos sobre o meio ambiente e a biodiversidade de maneira mais ampla, como em relação ao desmatamento ou plantio de florestas, à degradação ou recuperação de áreas e à flora e fauna. Assim, as justificativas e notas atribuídas às soluções consideram a análise de impactos em escala regional, urbana e periurbana.

Tabela 16: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador BIO

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------|--------------------------|---|
| Muito ruim | 1 | O impacto esperado da solução sobre a biodiversidade é negativo e direto. |
| Ruim | 2 | O impacto esperado da solução sobre a biodiversidade é negativo e indireto. |
| Neutra | 3 | O impacto esperado da solução sobre a biodiversidade é neutro. |
| Bom | 4 | O impacto esperado da solução sobre a biodiversidade é positivo e indireto. |
| Muito bom | 5 | O impacto esperado da solução sobre a biodiversidade é positivo e direto. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O indicador de impacto na disponibilidade de energia (ENE) se alinha ao ODS 7, que trata de assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia para a sociedade. E vai além, objetivando também a sustentabilidade do sistema energético, por meio do aumento da participação das energias renováveis na matriz energética mundial e da melhoria das taxas de eficiência energética (ESTRATÉGIA ODS, 2019; ONU BRASIL, 2019).

Assim, devem ser analisados os efeitos das soluções sobre: a quantidade de energia disponibilizada à população; o consumo de energia, seja com relação à eficiência de processos e equipamentos ou à diminuição/aumento da demanda; a promoção das energias renováveis; a universalização do acesso; a modernização da infraestrutura e dos serviços para atender à demanda.

Tabela 17: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador ENE

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------|--------------------------|---|
| Muito ruim | 1 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de energia é negativo e direto. |
| Ruim | 2 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de energia é negativo e indireto. |
| Neutra | 3 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de energia é neutro. |
| Bom | 4 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de energia é positivo e indireto. |
| Muito bom | 5 | O impacto esperado da solução sobre a disponibilidade de energia é positivo e direto. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Em seguida, tem-se o indicador do critério socioeconômico em que é avaliado qualitativa e quantitativamente o grau de aceitação dos atores-chave (*stakeholders*) à adoção das soluções, aspecto que pode ser relevante com vistas a viabilizar a sua introdução em nível urbano. Objetiva-se analisar a aderência de cada medida às aspirações e necessidades dos beneficiários em nível urbano, dado que o sucesso de adoção de uma medida visando à sustentabilidade passa pela percepção e/ou adesão dos atores. Para tal, pode-se avaliar se há elementos culturais, informacionais ou efetivos impactos sociais associados às medidas que possam vir a facilitar ou prejudicar sua total adoção ou bom funcionamento ao nível das cidades.

A partir do nome e caracterização das 295 soluções constantes na base de dados do OICS, inicialmente procedeu-se com a importação de notícias e publicações científicas citando as soluções no período de 2020 a 2021 (2 anos). Para tanto, foram considerados jornais de grande circulação nacional, quais sejam Folha de São Paulo, Estadão, O Globo, Valor Econômico, Estado de Minas, Jornal de Brasília, Diário de Pernambuco e GZH, e duas bases de dados de publicações científicas internacionais, no caso a Scopus e a Web of Science. Os dados foram tabulados no software MAXQDA, que permite interpretar dados

qualitativos sob uma perspectiva estatística, estabelecendo índices de correlação a partir de palavras-chave pré-informadas.

A base de dados identificou 12.874 menções às 295 soluções visando ao desenvolvimento urbano sustentável. Para estabelecer as correlações, inicialmente fez-se necessário criar uma matriz de termos relacionados à percepção pública acerca da adoção e impactos esperados e/ou verificados com a adoção das opções. Em seguida, o MAXQDA identificou para cada solução, em cores e segundo índices de correlação, o número de ocorrências relacionadas às palavras-chave listadas na Tabela 18 abaixo.

Tabela 18: Número de ocorrências e percepções dos atores, segundo palavras-chave mais frequentes identificadas na base de dados

| Percepção | Palavras-chave com maior nível de ocorrência | Número de ocorrências identificadas na base de dados |
|-----------------------------|--|--|
| Negativa | Impacto ruim ou negativo; Inviabilidade; Inadequada; Não contribui para a sustentabilidade; Não reduziu emissões | 1.714 |
| Neutra | Impacto neutro; Neutralidade; Em implementação; Impactos ainda sob verificação; Não impacta em redução de emissões | 1.109 |
| Positiva | Impacto positivo; Viável economicamente; Empregos e renda gerados; Sustentável; Mitiga emissões | 5.989 |
| Total de ocorrências | | 8.812 |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Em seguida, procedeu-se com a análise individual de cada solução, conforme ocorrências identificadas no MAXQDA. Para classificar as soluções em notas de 1 a 5, conforme a Tabela 19, foram estabelecidos intervalos de ocorrência de palavras-chave relativamente a todas as menções identificadas por solução. Finalmente, foram associados a estes intervalos notas e classificações multicritério, que foram atribuídas às diferentes soluções na base de dados do OICS.

Tabela 19: Intervalos de ocorrência por percepção, segundo palavras-chave, justificativas e notas a serem atribuídas no indicador ACE

| Intervalos de ocorrência por percepção | Nota no indicador | Justificativas |
|--|-------------------|--|
| Se >90% negativas | 1 | A aceitação pública, com relação à adoção da solução em ambiente urbano, é muito ruim. |
| Se entre 80 e 90% negativas | 2 | A aceitação pública, com relação à adoção da solução em ambiente urbano, é ruim. |
| Menor do que 80% positivas ou negativas e/ou maior que 50% neutras | 3 | A aceitação pública, com relação à adoção da solução em ambiente urbano, é neutra. |
| Se entre 80 e 90% positivas | 4 | A aceitação pública, com relação à adoção da solução em ambiente urbano, é boa. |
| Se >90% positivas | 5 | A aceitação pública, com relação à adoção da solução em ambiente urbano, é muito boa. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O critério institucional e regulatório envolve os indicadores que medem as possíveis sinergias entre o desenvolvimento e aplicação das soluções frente às estratégias nacionais e ao arcabouço institucional e legal do país, particularmente relativo às áreas temáticas das soluções do OICS. Mais do que isso, tratam de avaliar outros elementos que afetam, diretamente, a aplicação das soluções urbanas para além do grau de maturidade regulatória.

O primeiro indicador deste critério visa avaliar se existe arcabouço regulatório (REG), em nível federal, que servir de elemento facilitador à adoção das soluções. A avaliação leva em consideração planos, estratégias e outros instrumentos de política pública, verificando a menção às soluções dentre os objetivos, ações, meios de implementação e objetivos destes instrumentos.

A seguir, é listado o arcabouço considerado para a avaliação do nível de prontidão regulatória visando à adoção das soluções do OICS:

- Planos, estratégias e instrumentos de política pública transversais:
 - Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil ao Acordo de Paris – NDC (BRASIL, 2022);
 - Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (MDR, 2022a);
 - Diretrizes para uma Estratégia Nacional para Neutralidade Climática (MMA, 2021);
 - Política de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável (MCTI, 2022);
 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022);
 - Relatório de Avaliação de Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (MCTI, 2021a);
 - Programa País do Brasil para o Fundo Verde do Clima – GCF (MECON, 2022b).
- Planos, estratégias e instrumentos de política pública setoriais:
 - Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (EPE, 2022a);
 - Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2022b);

- Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística (MECON, 2022a);
- Política Nacional de Biocombustíveis – Renovabio (MME, 2019);
- Plano Nacional de Logística 2035 (MI, 2021);
- Plano Nacional de Habitação 2040 (MDR, 2022b);
- Orientações sobre contratações sustentáveis do Governo Federal (MF, 2014);
- Plano Nacional de Saneamento Básico (MDR, 2022c);
- Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável – EEDUS (MDR, 2022d);
- Guia Orientativo de Boas Práticas para Códigos de Obras e Edificações (MECON, 2022b);
- Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável – Plano ABC+ (MAPA, 2021).

Por meio da NDC o Brasil apresenta o compromisso, perante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% abaixo dos níveis de referência de 2005, em 2025. Adicionalmente, contempla o compromisso de reduzir as emissões em 50% abaixo dos níveis de 2005, em 2030, e de alcançar a neutralidade climática em 2050, ou seja, emissões líquidas nulas de GEE. O escopo da NDC brasileira é amplo, prevendo-se a implementação de ações de mitigação e adaptação à mudança do clima ao conjunto da economia brasileira, assim como considerações sobre meios de implementação. O documento cita que as ações a serem implementadas no país terão por objetivo reduzir as vulnerabilidades com relação às seguranças hídrica, energética, alimentar e socioambiental, em observância a possíveis sinergias com a Agenda 2030, de modo a potencializar ações com benefícios sociais e produtivos. Ou seja, contempla ações visando a redução de emissões de GEE e que aumentem a resiliência dos sistemas energético, hídrico, alimentar e socioambiental à mudança climática. Sendo assim, considera-se para fins de associação da NDC às soluções do OICS, visando a contabilização no indicador, opções que tenham ao menos três dos seguintes indicadores positivamente impactados: MIT, VCL, AGU, PAL, ENE e EMP.

Com vistas à implementação da NDC no Brasil, MMA (2021) apresentou uma lista de ações e atividades que deveriam ser entendidas como oportunidades para o Brasil visando contribuir para mitigação e adaptação à mudança do clima. Um vasto número de atividades enumeradas no documento se correlaciona com áreas de intervenção e desafios temáticos do OICS, podendo-se destacar: i) produção de energias renováveis e biocombustíveis; ii) restauração e reflorestamento; iii) aproveitamento energético de resíduos sólidos; iv) captura de carbono em unidades industriais; v) reuso de resíduos sólidos; vi) universalização do acesso à água tratada; dentre outras medidas. Assim sendo, sempre que uma solução do OICS tenha sido listada como atividade em MMA (2021), considerou-se válida a associação em termos ao arcabouço regulatório. Contudo, para evitar dupla contagem, tendo em vista o alinhamento do documento à NDC, considerou-se uma saturação de 1 ponto por solução nestes dois instrumentos.

A Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) está em formulação, tendo como objetivo a redução das desigualdades socioespaciais nas escalas intraurbana e supramunicipal e na escala da rede de cidades. É uma política pública referencial para o planejamento urbano integrado, sendo considerada a Nota 10 de Apoio à Formulação da PNDU como referencial para avaliar sua contribuição quanto à adoção das soluções do OICS. Em particular, medidas que contribuam ao objetivo do reesverdeamento das cidades ante o paradigma das medidas de mitigação e adaptação nas subpastas globais e locais, nos seguintes eixos temáticos: i) direito à paisagem, moradia e erradicação da pobreza no cenário do espaço construído; ii) condução da água; iii) tratamento da questão da mudança do clima; iv) regionalização do gerenciamento de resíduos.

A Portaria MCTI nº 5.508/2022 (MCTI, 2022) institui a Política de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável, que compreende estudos, pesquisa científica, aperfeiçoamento e desenvolvimento de tecnologias e inovações, destinados a contribuir com a sustentabilidade das relações entre sociedade e natureza. Uma vez revertida em investimentos nos eixos temáticos citados a seguir e que possuem relação com áreas de intervenção do OICS, tende a contribuir com a adoção das soluções do Observatório em ambiente urbano relativas à agropecuária sustentável; biodiversidade e serviços ecossistêmicos; clima; energias renováveis e

biocombustíveis. Assim sendo, caso tenha sido verificado impacto positivo pelo menos em dois dos indicadores a seguir, considera-se que há alinhamento da solução ao instrumento: PAL, ENE, MIT, VCL e BIO.

Ao nível da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), outrora instituída pela Lei nº 12.305, de 2010, e regulamentada em 12 de janeiro de 2022 (Decreto nº 10.936), uma série de programas e atividades possuem alinhamento com soluções listadas no OICS. É o caso da Logística reserva, programa explicitado no decreto que visa otimizar a operacionalização da infraestrutura física e logística, proporcionar ganhos de escala e possibilitar a sinergia entre os sistemas de reaproveitamento de embalagens. Ainda no âmbito da valorização de resíduos, uma série de medidas prevê o reaproveitamento de materiais, por exemplo, nas diferentes etapas da construção civil. Sendo assim, sempre que uma solução do OICS contribui para os objetivos da PNRS, considera-se o alinhamento em termos de pontuação para o indicador REG.

Em 2021, o Brasil apresentou à UNFCCC prioridades tecnológicas para a implementação de planos de ação climática em termos de mitigação de emissões de GEE (TNA). O documento cita 80 tecnologias prioritárias que promovem a redução de emissões, segmentadas em diferentes setores e economia: energia; agricultura, florestas e outros usos do solo; resíduos; indústria; transportes; e edificações (MCTI, 2021a). Assim sendo, caso alguma solução listada no OICS esteja listada como no relatório TNA do Brasil, como é o caso de veículos à célula combustível a etanol, considera-se um alinhamento e consequentemente pontuação no indicador referente a este plano transversal.

O Programa País do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF) apresenta oportunidades de financiamento de soluções sustentáveis para cidades. Em face ao rigoroso processo de validação do documento, que o alinhou aos critérios de financiamento do Fundo, bem como às prioridades nacionais em termos de arcabouço institucional, viabilidade econômica e impacto transformacional (MECON, 2022b), compreende-se que o alinhamento de soluções a este programa é um passo relevante para alavancar recursos visando à implantação de projetos nas cidades. Dentre os eixos estratégicos de financiamento listados no Programa, pôde ser constatado grande alinhamento ao escopo de uma série de soluções do OICS. Por exemplo, o eixo estratégico de infraestrutura

sustentável contempla modais de transporte de baixa emissão, assim alinhando todas as opções de eletrificação veicular do OICS a este instrumento. Portanto, a verificação de sinergia ao indicador REG segue a avaliação de eixos estratégicos, áreas de investimento e objetivos do Programa, sendo atribuída a pontuação sempre que houver a correspondência à solução, conforme citado no exemplo.

Finalmente, foram considerados os instrumentos, planos e programas setoriais. Destaca-se que a pontuação atribuída em termos de alinhamento às soluções do OICS é saturada em 1 instrumento. Isso ocorre porque nenhuma área temática do Observatório tem mais que 2 instrumentos listados, e quando isto é verificado, há escopo semelhante. Por exemplo, é o caso do Plano Decenal de Expansão de Energia e do Plano Nacional de Energia, que embora tenham horizontes de projeção visando ao planejamento da expansão do sistema energético diferenciados, convergem acerca das estimativas até 2032.

Diante dessas considerações, a avaliação do indicador REG considera as justificativas e notas constantes na Tabela 20 a seguir.

Tabela 20: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador REG

| Adesão da solução ao arcabouço setorial | Nota no indicador | Justificativas |
|--|--------------------------|---|
| Nenhum ou 1 instrumento, política e programas | 1 | A solução possui adesão muito ruim ao arcabouço regulatório setorial vigente. |
| Entre 2 e 3 instrumentos, políticas e programas | 2 | A solução possui adesão ruim ao arcabouço regulatório setorial vigente. |
| Entre 4 e 5 instrumentos, políticas e programas | 3 | A solução possui adesão mediana ao arcabouço regulatório setorial vigente. |
| Entre 6 e 7 instrumentos, políticas e programas | 4 | A solução possui adesão alta ao arcabouço regulatório setorial vigente. |
| Maior ou igual a 8 instrumentos, políticas e programas | 5 | A solução possui adesão muito alta ao arcabouço regulatório setorial vigente. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O indicador IAS tem como objetivo analisar a facilidade de implantação e acompanhamento das soluções, no sentido de se assegurar que a medida será adotada de forma eficaz na prática e ao longo do tempo. Esta preocupação é mais relevante para medidas que exijam constante esforço de implementação e monitoramento, ou que se contraponham a outras atividades que possam ocorrer em paralelo e que atrapalhem sua eficácia.

A avaliação das soluções quanto a sua facilidade de implementação e acompanhamento segue uma métrica qualitativa, com base no conhecimento técnico dos especialistas autores deste documento.

Tabela 21: Justificativas e notas a serem atribuídas no indicador IAS

| Classificação | Nota no indicador | Justificativas |
|----------------------|--------------------------|--|
| Muito ruim | 1 | A implantação e acompanhamento da solução é muito complexa. |
| Ruim | 2 | A implantação e acompanhamento da solução é complexa. |
| Neutra | 3 | A implantação e acompanhamento da solução tem complexidade mediana. |
| Bom | 4 | A implantação e acompanhamento da solução tem baixo nível de complexidade. |
| Muito bom | 5 | A implantação e acompanhamento da solução tem muito baixo nível de complexidade. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O acesso a financiamento (DFI) é um ponto essencial a ser analisado durante a comparação das soluções do OICS, dado que o sucesso de implementação geralmente depende da disponibilidade de recursos financeiros. Sendo assim, este indicador avalia se a adoção de uma medida está alinhada com os instrumentos de crédito disponíveis nacional e internacionalmente, o que potencializaria a obtenção de crédito para a implantação urbana.

As modalidades de suporte financeiro para adoção das soluções são bastante diversas, indo de financiamentos tradicionais em bancos comerciais a alternativas mais complexas, como os títulos de dívida. Elas podem ser mais ou menos acessíveis a beneficiários e projetos específicos (BRASIL, 2021a).

Figura 16: Nível de acessibilidade e tipos de mecanismos de crédito para financiamento das soluções do OICS

| MODALIDADES DE SUPORTE RANQUEADAS DE ACORDO COM A ACESSIBILIDADE | TIPO DE BENEFICIÁRIO ELEGÍVEL ¹ | | |
|--|--|-------------------------------|-------------------------------|
| | GOVERNO | EMPRESAS | ASSOCIAÇÕES E COOPERATIVAS |
| Empréstimos reembolsáveis | | | |
| Garantia | | | |
| Empréstimos não reembolsáveis | | | |
| Assistência técnica | | | |
| Participação societária | | Pequenas, médias e grandes | |
| Títulos de dívida | União | Médias e grandes | |
| Pagamentos por serviços ambientais | | | |

Nota 1: O tipo de beneficiário pode variar de um mecanismo para outro; para informações detalhadas, acesse o "Guia Eletrônico das Opções de Financiamento para as Tecnologias Priorizadas no Projeto TNA_BRAZIL" (BRASIL, 2021d).

LEGENDA

| Nível de acessibilidade | Beneficiário Elegível |
|-------------------------|-----------------------|
| Ampla | Acessível |
| Moderada | Não acessível |
| Restrita | |

Fonte: BRASIL (2021a).

Como base de dados referencial para avaliação do indicador de disponibilidade de financiamento (DFI), tem-se os mecanismos listados no guia eletrônico de opções de financiamento do projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)” (BRASIL, 2021b; 2021c).⁸ O guia facilita a busca de mecanismos de suporte adequados às necessidades de tecnologias climáticas e sustentáveis, assim também abrangendo a base de soluções do OICS. A ferramenta é composta por duas abas principais. A primeira aba do guia contempla uma introdução, bem como passo a passo sobre como utilizar a ferramenta, mediante a aplicação de filtros. Por sua vez, a segunda aba a consiste no painel principal do guia, sendo utilizada para a busca dos mecanismos de financiamento disponíveis.

⁸ O projeto TNA_BRAZIL teve por objetivo reforçar a capacidade técnica do governo brasileiro, por meio do desenvolvimento de uma avaliação abrangente das necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no país, com vistas a fornecer subsídios às tomadas de decisão referentes ao cumprimento das metas de mitigação de emissões de GEE, levando em consideração a Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil e a Estratégia Brasil para o Fundo Verde do Clima.

Cumprido ressaltar que o referido guia é constantemente atualizado, motivo pelo qual contempla linhas de financiamento recentemente anunciadas pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que tem como escopo uma série de soluções urbanas sustentáveis constantes no OICS (FINEP, 2022).⁹ Atualmente, a base de dados do guia contempla cerca de 2.300 possibilidades de financiamento em mecanismos nacionais e internacionais.

A avaliação das soluções, quanto à disponibilidade de financiamento, segue uma métrica quali-quantitativa. Inicialmente, foram identificadas na base de dados as linhas de crédito, por modalidade, que podem financiar as soluções do OICS por área temática (Fundação COPPETEC, 2022a; 2022b). Uma vez contabilizadas estas opções, procedeu-se ao enquadramento quantitativo para atribuição das notas, conforme critério constante na Tabela 22 a seguir, que está relacionado ao número de mecanismos disponíveis em relação ao conjunto total de opções de crédito.

Tabela 22: Justificativas e notas a serem atribuídos no indicador DFI

| Nota no indicador | Justificativas |
|--------------------------|---|
| 1 | A solução possui menos de 5 mecanismos disponíveis para financiamento. |
| 2 | A solução possui entre 5 e 9 mecanismos disponíveis para financiamento. |
| 3 | A solução possui entre 10 e 14 mecanismos disponíveis para financiamento. |
| 4 | A solução possui entre 15 e 19 mecanismos disponíveis para financiamento. |
| 5 | A solução possui mais de 20 mecanismos disponíveis para financiamento. |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

4.1.2.2 Método participativo de ponderação dos macrocritérios e indicadores

Perante a definição e atribuição de notas aos indicadores, a etapa seguinte da metodologia AHP consiste em comparar os critérios dentro de cada nível hierárquico, ou seja, segundo critérios relativamente aos indicadores. A comparação entre pares de critérios é conduzida pelas partes interessadas usando uma escala de importância. Trata-se de promover a participação de atores, que tem preferências consideradas no processo de pontuação, ranqueamento e priorização das soluções do OICS.

⁹ Cadeias produtivas da bioeconomia MCTI; Combustíveis do futuro; Defensivos agrícolas sustentáveis, bioinsumos e fertilizantes; Cidades Inteligentes e Sustentáveis; Água para o Semiárido; Desenvolvimento da cadeia do biogás.

Como dito, o processo deve contar com a participação de atores-chave, que apresentarão suas preferências em termos de critérios e indicadores. Neste estudo, foi realizada a aplicação da metodologia por meio de oficinas para gestores municipais de Recife e Brasília, assim como demais representantes indicados das regiões Nordeste e Centro-Oeste. A seção 4.2 deste documento tratará especificamente destes estudos de caso.

O processo de coleta de preferências pode ocorrer por meio de formulário eletrônico, ou sistema que ser adicionado no OICS, conforme previamente citado, em que se responde a pergunta-base: “Em sua opinião, para o objetivo de priorizar soluções que promovam o planejamento urbano integrado sustentável em cidades, o ‘Item A’, em relação aos demais itens listados, é”:

Quadro 11: Estrutura geral de ponderação de critérios indicadores

| Itens | Muito menos importante | Menos importante | Igualmente importante | Mais importante | Muito mais importante |
|----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| “Item B” | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| “Item C” | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| “Item D” | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Em outras palavras, responde-se tendo como exemplo dois indicadores constantes na Figura 15: “Em sua opinião, para o objetivo de priorizar soluções que promovam o planejamento urbano integrado sustentável, o ‘Impacto na disponibilidade de água’, em relação ao ‘Impacto na qualidade do ar’, é muito menos importante; menos importante; igualmente importante; mais importante; ou muito mais importante?”

As perguntas serão feitas em cinco rodadas: quatro para avaliação dos indicadores quanto ao respectivo critério (tecnológico e climático, físico, socioeconômico e regulatório e institucional) e uma para avaliação dos critérios quanto ao objetivo final. Em seguida, as respostas são compiladas em cinco matrizes comparativas, uma para cada rodada. Posteriormente, as diversas matrizes individuais serão agregadas de acordo com seus valores médios, gerando as cinco matrizes de comparação finais respectivas a cada rodada.

Na matriz de comparação, as linhas e as colunas representam os critérios analisados, e as células de interseção (a_{ij}) são preenchidas com o valor de importância atribuído ao critério da linha em relação ao critério da coluna, de 1 a 5. Assim, as células diagonais recebem

o valor de escala neutra (uma vez que um critério é tão importante quanto ele mesmo), e as células restantes recebem o valor recíproco das previamente preenchidas ($a_{ij} = 6 - a_{ij}$), conforme ilustrado na Figura 17, a seguir.

Figura 17: Matriz de julgamento de pares

| | C ₁ | C ₂ | ... | C _n |
|----------------|---------------------|---------------------|-----|-----------------|
| C ₁ | 3 | a ₁₂ | ... | a _{1n} |
| C ₂ | 6 - a ₁₂ | 3 | ... | a _{2n} |
| ... | ... | ... | 3 | ... |
| C _n | 6 - a _{1n} | 6 - a _{2n} | ... | 3 |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

O próximo passo da metodologia consiste na obtenção do vetor de prioridade, ou vetor de pesos relativos, que indica a importância relativa dos indicadores (ou critérios) para o respectivo critério (ou para o objetivo final). Para tanto, uma forma simples, como mostra a Figura 18, abaixo, é primeiro normalizar as células da matriz, dividindo cada uma pela soma de sua respectiva coluna; depois, deve-se somar cada linha da matriz normalizada; e, finalmente, dividir a matriz de uma coluna resultante pelo número de critérios.

Figura 18: Passos para o cálculo do vetor de prioridades

| Passo 1 | Passo 2 | Passo 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|--|----------------|----------------|---|-----|-----------------|-----|-----|---|-----|----------------|---------------------|-----|---|--|-----------------------|-----|-----------------------|--|--|----------------|-----|----------------|----------------|--|-----|--|-----|-----|-----|-----|----------------|--|-----|--|--|---|-----|---|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>C₁</th> <th>...</th> <th>C_n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>C₁</th> <td>3</td> <td>...</td> <td>a_{1n}</td> </tr> <tr> <th>...</th> <td>...</td> <td>3</td> <td>...</td> </tr> <tr> <th>C_n</th> <td>6 - a_{1n}</td> <td>...</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\sum_{i=1}^n C_{i1}$</td> <td>...</td> <td>$\sum_{i=1}^n C_{in}$</td> </tr> </tbody> </table> | | C ₁ | ... | C _n | C ₁ | 3 | ... | a _{1n} | ... | ... | 3 | ... | C _n | 6 - a _{1n} | ... | 3 | | $\sum_{i=1}^n C_{i1}$ | ... | $\sum_{i=1}^n C_{in}$ | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>C₁</th> <th>...</th> <th>C_n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>C₁</th> <td>$C'_{11} = \frac{C_{11}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$</td> <td>...</td> <td>$C'_{1n} = \frac{C_{1n}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$</td> </tr> <tr> <th>...</th> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <th>C_n</th> <td>$C'_{n1} = \frac{C_{n1}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$</td> <td>...</td> <td>$C'_{nn} = \frac{C_{nn}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$</td> </tr> </tbody> </table> | | C ₁ | ... | C _n | C ₁ | $C'_{11} = \frac{C_{11}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$ | ... | $C'_{1n} = \frac{C_{1n}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$ | ... | ... | ... | ... | C _n | $C'_{n1} = \frac{C_{n1}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$ | ... | $C'_{nn} = \frac{C_{nn}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$ | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>$C''_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{1j}}{n}$</td> </tr> <tr> <td>...</td> </tr> <tr> <td>$C''_{n1} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{nj}}{n}$</td> </tr> </tbody> </table> | $C''_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{1j}}{n}$ | ... | $C''_{n1} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{nj}}{n}$ |
| | C ₁ | ... | C _n | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C ₁ | 3 | ... | a _{1n} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | 3 | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C _n | 6 - a _{1n} | ... | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $\sum_{i=1}^n C_{i1}$ | ... | $\sum_{i=1}^n C_{in}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C ₁ | ... | C _n | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C ₁ | $C'_{11} = \frac{C_{11}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$ | ... | $C'_{1n} = \frac{C_{1n}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C _n | $C'_{n1} = \frac{C_{n1}}{\sum_{i=1}^n C_{i1}}$ | ... | $C'_{nn} = \frac{C_{nn}}{\sum_{i=1}^n C_{in}}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $C''_{11} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{1j}}{n}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $C''_{n1} = \frac{\sum_{j=1}^n C'_{nj}}{n}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Fundação Coppetec (2022c).

Por último, para avaliar a consistência das suposições e dos julgamentos referentes à comparação dos critérios, é preciso determinar a razão de consistência (RC). Se o seu valor for maior que 0,1, a matriz é considerada inconsistente e deve ser ajustada. A RC é a razão entre o índice de consistência (IC) e o índice randômico (IR), como mostra a equação (2).

$$RC = \frac{IC}{IR} \tag{2}$$

O IC pode ser calculado por (2), onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o autovalor máximo da matriz de julgamento e n é o número de critérios. O $\lambda_{\text{máx}}$ pode ser obtido por meio dos seguintes passos:

- i. Multiplicar a matriz de julgamento pelo vetor de prioridades;
- ii. Dividir o primeiro componente do vetor resultante pelo primeiro componente do vetor de prioridades, e assim por diante, até obter um novo vetor;
- iii. Somar os componentes deste novo vetor e dividir pelo número de componentes. O valor final obtido aproxima-se do autovalor máximo.

$$\text{IC} = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Como citado anteriormente, as contribuições dos atores-chave para o processo de ponderação foram coletadas em duas oficinas regionais. Nestes seminários todos os participantes foram convidados a registrar suas contribuições em meio eletrônico, por meio de formulário elaborado na plataforma Google Forms (Apêndice C). As respostas foram reunidas em uma planilha com o conjunto de fórmulas necessárias para calcular o peso de cada indicador e critério, que uma vez multiplicados pelo valor dos indicadores de cada solução, permitirá obter a pontuação total de cada opção.

Assim sendo, foi possível obter o ranqueamento das soluções, que pode ser segmentado por área ou desafios temáticos. A próxima subseção deste documento descreve, brevemente, estas e outras possibilidades de priorização das soluções do OICS pelos gestores públicos

4.1.3 Valor final, ranqueamento e priorização das soluções

A partir da aplicação da metodologia para obter os pesos dos critérios e dos indicadores, assim como a pontuação das tecnologias em cada indicador, o valor final para as soluções é calculado pela equação (4), onde “ FV_t ” é o valor final da solução “ t ”; “ $GR_{t,i}$ ” é o grau de desempenho da solução “ t ” no indicador “ i ” (atribuído pela equipe técnica); “ IN_i ” é o peso do indicador “ i ”; e “ MC_i ” é o peso do critério referente ao indicador “ i ”.

$$FV_t = \sum_{i=1}^{15} (GR_{t,i} * IN_i * MC_i) \quad (4)$$

Após o cálculo do valor final para cada solução, finalmente é possível estabelecer o ranqueamento das opções listadas no OICS. Essa classificação reflete como as soluções contribuem para o objetivo final da intervenção dos gestores públicos, qual seja priorizar soluções que promovam o planejamento urbano integrado sustentável.

Uma vez estabelecido o ranqueamento, o último passo consiste na decisão dos formuladores de política público acerca das soluções a serem priorizadas. Este aspecto é relevante, na medida em que crescentemente municípios tem enfrentado restrições orçamentárias, o que limita o conjunto de opções passíveis de serem aplicadas.

Dentre inúmeras possibilidades de priorização, neste estudo são elencados três métodos para selecionar as soluções ranqueadas, devendo-se a priori estabelecer o número total de soluções a serem priorizadas em face às possibilidades técnicas, financeiras e de pessoal para a implementação ao nível da gestão pública municipal:

- Seleção ordinal (SOR) – seleção baseada na posição da solução no *ranking*, independentemente da área temática e em ordem decrescente de valor final. Neste caso, adota-se o ranqueamento com todas as soluções, sem distinção por área temática, desafio a ser enfrentado, ou qualquer outro critério, com exceção do número de soluções que se deseja implantar para estabelecer a “linha de corte” no ranking;
- Seleção por equidade de área temática (SAT) – seleção baseada em um número igual de soluções a serem priorizadas, que é pré-estabelecido pelos gestores públicos por área temática e deve seguir a classificação do ranking por tema do OICS. Neste método, a área temática tem igual representatividade no critério de seleção das soluções, o que pode representar opção interessante para promoção de um processo participativo e inclusivo das diferentes áreas temáticas de governo na decisão e implementação de soluções visando ao desenvolvimento urbano sustentável;

- Seleção por desafios urbanos (SDU) – a seleção de soluções tende a ser mais intuitiva quando ocorre ao nível dos desafios urbanos a serem enfrentados. Neste método, o gestor público pode pré-estabelecer que pretende priorizar soluções visando lidar, por exemplo, com o acesso à moradia adequada ou resiliente. Neste caso, a seleção é baseada exclusivamente nas 15 soluções de ambiente construído constantes no OICS, que se deseja considerar para implantar, com vistas a atender ao desafio temático de acessibilidade a moradias resilientes.

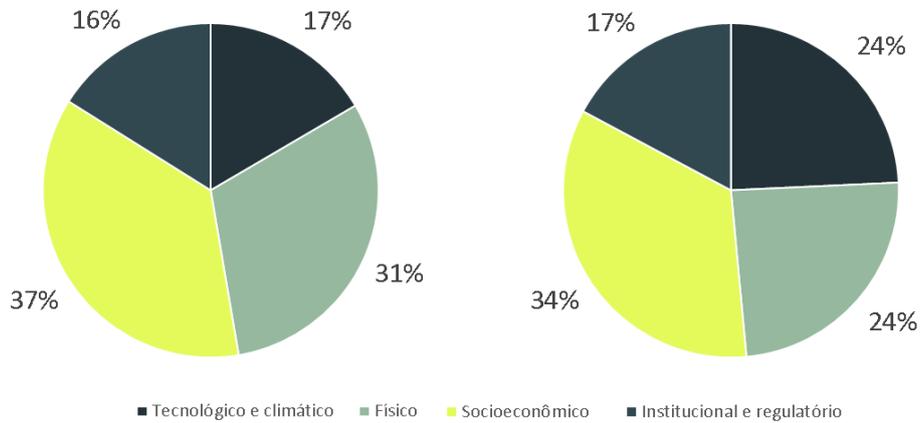
4.2 ESTUDOS DE CASO DE RANQUEAMENTO E PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS

A aplicação do método AHP permite que diferentes regiões ou usuários atribuam pesos relativos para os indicadores e critérios, possibilitando assim valorar as soluções urbanas sustentáveis que pontuam melhor nos parâmetros de análise que são mais relevantes às suas prioridades. Dessa forma, é possível obter hierarquizar as soluções de acordo com as preferências de cada região. Esta seção apresenta os resultados da aplicação piloto desta ferramenta de análise multicritério, segundo atores relevantes das regiões Centro-Oeste e Nordeste do Brasil.

Aos dias 8 e 10 do mês de novembro de 2022, reuniram-se de forma remota, sob a moderação do Especialista em Economia e Clima do projeto CITInova, Régis Rathmann, os participantes das oficinas regionais temáticas de Brasília e Recife (Apêndice D), respectivamente. Interessante notar a diversidade de participantes, pertencentes aos setores públicos, privado, academia e institutos de pesquisa. Sendo o objetivo das atividades a aplicação da metodologia AHP para ranqueamento e priorização de soluções para as supracitadas regiões do Brasil, optou-se por manter a identidade dos participantes anônima.

Perante a realização dos seminários, são apresentados inicialmente os resultados da ponderação referente aos critérios das soluções para as regiões Centro-Oeste e Nordeste. Nota-se que, apesar da diferença nos valores específicos, a estrutura das prioridades locais não apresenta grande discrepância entre as regiões. Nesse sentido, destaca-se que, em ambos os casos, o critério com maior representatividade nas prioridades locais diz respeito ao desempenho das soluções ao nível do macrocritério socioeconômico.

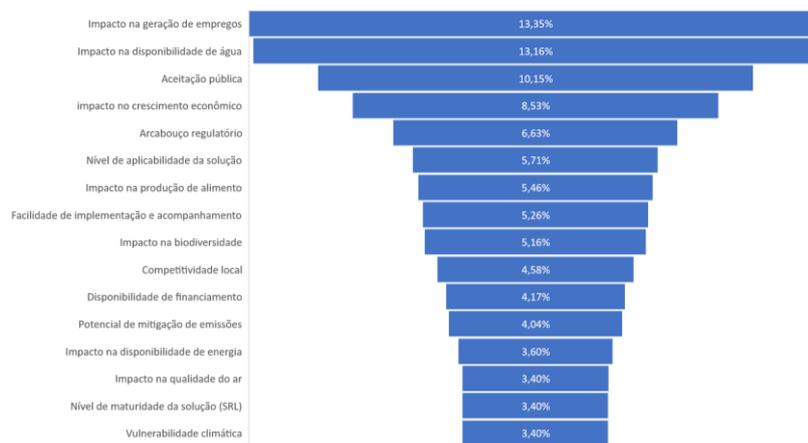
Figura 19: Resultado da ponderação dos critérios para as regiões Centro-Oeste e Nordeste



Fonte: Fundação Coppetec (2022b).

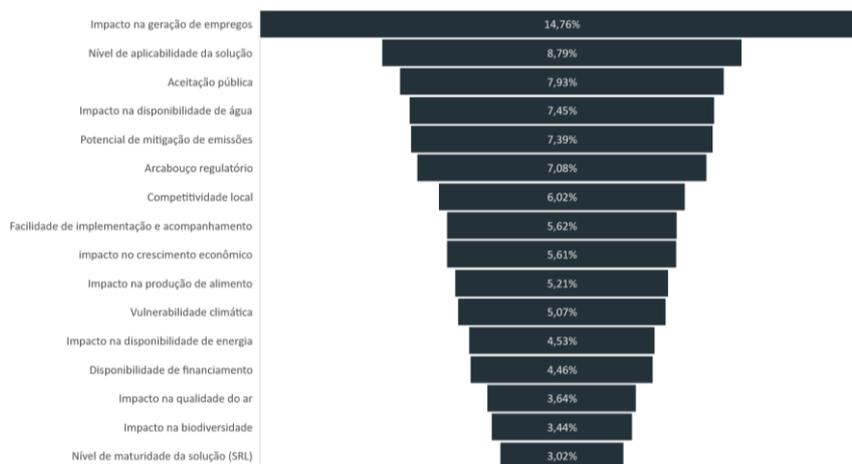
Em seguida, são mostrados, respectivamente, os resultados dos pesos finais de cada um dos indicadores de sustentabilidade para o Valor Final da solução para as regiões Centro-Oeste e Nordeste, já considerando a ponderação dos critérios associados aos indicadores. Pode-se observar que há convergência entre os resultados obtidos para ambas as regiões na avaliação dos indicadores de desempenho. A geração de empregos é o indicador mais relevante a ser considerado na adoção de soluções urbanas visando à sustentabilidade. Além disso, no âmbito físico, os atores em ambas as regiões apontaram grande relevância para o impacto das soluções sobre a disponibilidade de água, sobretudo para a região Centro-Oeste, visto à criticalidade da temática de recursos hídricos para a cidade de Brasília.

Figura 20: Peso final de cada indicador para a Região Centro-Oeste



Fonte: Fundação Coppetec (2022b).

Figura 21: Peso final de cada indicador para a Região Nordeste



Fonte: Fundação Coppetec (2022b).

Na análise da estrutura de ponderação dos critérios, nota-se que os atores das diferentes regiões apresentam percepções distintas sobre a relevância relativa dos indicadores para determinar as soluções prioritárias para implementação. Além das diferenças, também é possível verificar similitudes entre as prioridades apontadas em ambas as estruturas de ponderação, particularmente na identificação do indicador de impacto na geração de empregos como o parâmetro de maior peso para a análise das soluções. Não obstante, ao atribuir pesos diferentes para cada indicador, cada solução tende a apresentar uma nota distinta na análise de cada região, o que leva à obtenção de resultados diferentes para cada um dos processos de hierarquização de soluções de sustentabilidade.

O Quadro 12 e o Quadro 13 apresentam as 20 soluções (top 20) que obtiveram maior pontuação no ranqueamento geral pela ferramenta AHP no conjunto de todas as áreas temáticas do OICS para as regiões Centro-Oeste e Nordeste, respectivamente. É possível perceber semelhanças entre os quadros apresentados para ambas as regiões, tais como a grande concentração de soluções para o tema de mobilidade urbana, que ocuparam respectivamente 75% e 55% do ranking top 20 para o Centro-Oeste e o Nordeste. Isso indica que a amostra de participantes atribuiu maior preferência a indicadores para os quais as soluções de mobilidade urbana tendem a apresentar boa performance. Tais resultados também se associam às características socioeconômicas e culturais médias da amostra de participantes que contribuíram para a ponderação dos indicadores de

sustentabilidade, para os quais os problemas de mobilidade urbana nas cidades tem maior impacto sobre suas atividades rotineiras.

Comparando os rankings top 20, é possível notar que parte substancial das soluções com melhor performance são comuns às duas regiões, já que 13 soluções estão presentes em ambas as listas, apesar de se encontrarem em posições variadas. Esse resultado indica que as soluções com alta pontuação média nos indicadores tendem a estar presentes nas primeiras colocações de um ranking geral mesmo com diferentes estruturas de ponderação. Assim, priorizar soluções apenas com base no valor final tende a diminuir a influência da ponderação participativa sobre a escolha final das soluções a serem adotadas.

Não obstante, mais do que as similaridades, a observação das diferenças entre os rankings top 20 possibilita a verificação do efeito do processo de ponderação participativa, que revela a pertinência e aplicabilidade das soluções dadas as idiosincrasias de cada região, em particular das cidades nas quais foi realizada a aplicação piloto da ferramenta, nomeadamente Brasília, para a região Centro-Oeste, e Recife, para a região Nordeste. Por exemplo, soluções de mobilidade associadas a novos paradigmas de planejamento urbano, como Modelo de Ruas Integrais e Micromobilidade urbana por motos ou scooters elétricas, apareceram apenas no ranking top 20 para a região Centro-Oeste. Isso faz sentido, considerando que o planejamento urbano é um tema caro à cidade de Brasília desde sua concepção. Já no ranking top 20 para a região Nordeste, aparecem soluções de mobilidade associadas à ampliação do acesso de pessoas a meios de transporte, tais como Produção e distribuição gratuita de bicicletas e Ônibus social comunitário. Ambas se relacionam a reivindicações e pleitos de movimentos sociais da cidade e da região metropolitana do Recife, tais como a União Metropolitana dos Estudantes Secundaristas (UMES) e Associação de Metropolitana de Ciclistas do Recife (Ameciclo). Além disso, consta no ranking top 20 do Nordeste a solução de Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos, que remete à tradicional produção de cana-de-açúcar na região, que foi o berço do cultivo desse gênero agrícola no país. Outro ponto dá-se na existência de soluções para área de saneamento no ranking top 20 do Nordeste, o que indica maior preocupação com um problema de infraestrutura mais recorrente na

cidade de Recife em comparação a Brasília, na opinião da amostra de participantes para as duas aplicações piloto da ferramenta. Por fim, nota-se que no tema de energia as soluções presentes no ranking top 20 para o Centro-Oeste restringem-se ao aquecimento de água solar e a formas de geração de eletricidade. Enquanto isso, as soluções do mesmo tema para o Nordeste apresentam fins mais diversificados que apenas formas de aumento da oferta de vetores convencionais de energia (calor e eletricidade), abrangendo outras frentes como a descarbonização pela captura de CO₂, a produção de hidrogênio e a eficiência energética. Isso se coaduna à maior riqueza relativa de potencial energético da região Nordeste em relação ao Centro-Oeste do Brasil.

Quadro 12: Ranqueamento AHP das 20 soluções com maior pontuação para a região Centro-Oeste

| Área temática | Solução | Nota final AHP |
|------------------|---|----------------|
| Energia | Aquecimento da água com energia solar em edificações | 4,39 |
| Mobilidade | Zona livre de carros | 4,25 |
| Resíduos Sólidos | Logística reversa de embalagens pós-consumo | 4,19 |
| Energia | Geração de energia dos passos de pedestres | 4,19 |
| Mobilidade | Triciclo elétrico para transporte de cargas | 4,16 |
| Mobilidade | Serviço de transporte de cargas por aplicativo | 4,14 |
| Mobilidade | Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos | 4,13 |
| Mobilidade | Bicicleta elétrica dobrável com sistema de pedal assistido | 4,12 |
| Mobilidade | Trem solar | 4,12 |
| Mobilidade | Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas | 4,11 |
| Mobilidade | Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus | 4,11 |
| Mobilidade | Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio | 4,10 |
| Mobilidade | Modelo de Ruas Integrais | 4,10 |
| Mobilidade | Método de Avaliação de Ruas | 4,10 |
| Mobilidade | Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação | 4,09 |
| Mobilidade | Sistema de aluguel de patinetes elétricas | 4,09 |
| Resíduos Sólidos | Degradação de biogás de aterro sanitário com flare | 4,08 |
| Mobilidade | Ônibus elétrico no transporte de passageiros | 4,07 |
| Mobilidade | Micromobilidade urbana por motos ou scooters elétricas | 4,07 |
| Energia | Micro e minigeração distribuída a biomassa | 4,07 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

Quadro 13: Ranqueamento AHP das 20 soluções com maior pontuação para a região Nordeste

| Área temática | Solução | Nota final AHP |
|------------------|--|----------------|
| Energia | Aquecimento da água com energia solar em edificações | 4,40 |
| Mobilidade | Zona livre de carros | 4,26 |
| Mobilidade | Produção e distribuição gratuita de bicicletas | 4,24 |
| Resíduos Sólidos | Logística reversa de embalagens pós-consumo | 4,19 |
| Energia | Geração de energia dos passos de pedestres | 4,18 |
| Mobilidade | Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas | 4,17 |

| Área temática | Solução | Nota final AHP |
|------------------|--|----------------|
| Mobilidade | Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus | 4,17 |
| Mobilidade | Triciclo elétrico para transporte de cargas | 4,13 |
| Mobilidade | Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos | 4,12 |
| Mobilidade | Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio | 4,12 |
| Energia | Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos | 4,11 |
| Mobilidade | Ônibus social comunitário | 4,07 |
| Energia | Produção descentralizada de hidrogênio | 4,07 |
| Resíduos Sólidos | Degradação de biogás de aterro sanitário com flare | 4,06 |
| Mobilidade | Serviço de transporte de cargas por aplicativo | 4,06 |
| Mobilidade | Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação | 4,06 |
| Mobilidade | Ônibus elétrico no transporte de passageiros | 4,05 |
| Energia | Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa | 4,04 |
| Saneamento | Chuveiro elétrico de água atomizada | 4,03 |
| Saneamento | Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido | 4,02 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

Há inúmeras possibilidades de ranqueamento das soluções a partir das notas finais. Em um escopo mais amplo, em que o conjunto solução que se busca possui mais graus de liberdade, pode-se tomar um ranking geral de todas as soluções existentes na base de dados do observatório (SOR), trazendo ao topo aquelas soluções que possuem pontuação mais congruente com as prioridades localmente estabelecidas. Contudo, um ranqueamento dessa sorte tende a concentrar as soluções de um determinado tema em uma mesma região do ranking, seja na parte superior ou inferior. Com isso, um ranking dessa natureza apresenta pouco sentido prático, pois, seja no caso em que se priorizem as primeiras soluções do ranking ou no caso em que se descartem as últimas soluções, deverá haver uma super representatividade de soluções pertencentes a uma ou poucas áreas temáticas.

Para evitar esse tipo de problemática, podem-se propor a elaboração de rankings separados por área temática (SAT e SDU). Nesse caso, é possível priorizar soluções para implementação com maior equidade entre os temas relevantes às cidades. Ainda nessa linha, caso o interesse do gestor seja de selecionar as soluções mais adequadas para lidar com problemas urbanos específicos de cada área temática, também é possível estabelecer rankings de soluções por desafios urbanos (SDU). Assim, no âmbito dos estudos de caso ora propostos no presente capítulo, são realizados ranqueamentos das soluções separados por cada desafio elencado nas seis áreas temáticas estabelecidas na plataforma do OICS.

A seguir, do Quadro 14 ao Quadro 19, são apresentados rankings de soluções por área temática para as duas regiões consideradas no escopo do presente estudo.

O Quadro 14 apresenta as soluções com melhor pontuação para os desafios associados à área temática de Ambiente Construído. Nota-se que, apesar de notas finais distintas obtidas para cada solução, há uma considerável similaridade entre a lista de priorização para ambas as regiões, com algumas exceções reveladoras de particularidades das preferências das amostras de participantes. Para a região Centro-Oeste, aparecem no ranking as soluções de Revestimento para melhoria da qualidade do ar em edificações, orientada ao desafio de Acesso à moradia adequada e resiliente, e de IPTU Verde, para o desafio de Descarbonização da infraestrutura. Trata-se de soluções associadas a melhorias incrementais do padrão construtivo e de benefício tributário aos contribuintes, medidas aplicáveis a um perfil regular de imóveis e moradias. Já para o Nordeste, as respectivas soluções alternativamente priorizadas para os mesmos desafios foram Intervenção urbana em áreas de ocupação espontânea e Etiquetagem de edificações: PBE Edifica, medidas mais orientadas a habitações de interesse social e ao benefício coletivo.

Quadro 14: Soluções prioritárias de Ambiente Construído por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste

| Região Centro-Oeste | | |
|--|---|----------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Acesso à moradia adequada e resiliente | Escadas Drenantes | 3,68 |
| | Modelos de desenhos técnicos de projetos arquitetônicos para habitação de interesse social | 3,58 |
| | Revestimento para melhoria da qualidade do ar em edificações | 3,56 |
| Descarbonização da infraestrutura | Projetos luminotécnicos | 3,99 |
| | IPTU Verde | 3,88 |
| | Acupuntura Urbana: Revitalização de espaços urbanos degradados | 3,87 |
| Economia circular | Plastic Road: Pavimentação urbana | 4,00 |
| | Retrofit: Técnicas e processos de revitalização de edificações para adequação a padrões de sustentabilidade | 3,72 |
| | Modelagem da Informação da Construção | 3,68 |
| Uso apropriado do solo | Novos métodos de planejamento urbano: Placemaking | 3,60 |
| | Construção tradicional e contemporânea com terra crua | 3,59 |
| | Geoparques: Centros de interpretação territorial | 3,41 |

| Região Nordeste | | |
|--|---|----------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Acesso à moradia adequada e resiliente | Escadas Drenantes | 3,71 |
| | Modelos de desenhos técnicos de projetos arquitetônicos para habitação de interesse social | 3,54 |
| | Intervenção urbana em áreas de ocupação espontânea | 3,47 |
| Descarbonização da infraestrutura | Projetos luminotécnicos | 3,90 |
| | Etiquetagem de edificações: PBE Edifica | 3,87 |
| | Acupuntura Urbana: Revitalização de espaços urbanos degradados | 3,84 |
| Economia circular | Plastic Road: Pavimentação urbana | 3,84 |
| | Retrofit: Técnicas e processos de revitalização de edificações para adequação a padrões de sustentabilidade | 3,71 |
| | Modelagem da Informação da Construção | 3,68 |
| Uso apropriado do solo | Novos métodos de planejamento urbano: Placemaking | 3,56 |
| | Construção tradicional e contemporânea com terra crua | 3,50 |
| | Geoparques: Centros de interpretação territorial | 3,41 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

O Quadro 15 exibe as soluções priorizadas para a área de Energia por cada um dos desafios temáticos elencados no OICS. A exemplo dos resultados para a maioria das outras áreas temáticas, as listas apresentam grande similaridade, com algumas exceções. Nota-se que para o desafio de Energia limpa e renovável, priorizou-se a microgeração elétrica distribuída de biomassa para a região Centro-Oeste, enquanto para o Nordeste foi priorizada uma solução de produção descentralizada de hidrogênio. Isso alinha-se ao fato de os potenciais de energia da região Nordeste serem maiores em relação ao Centro-Oeste, permitindo maior diversificação da matriz energética e a integração de novas fontes alternativas, tais como o hidrogênio. Tal resultado também se coaduna com o fato de as primeiras iniciativas de produção de hidrogênio verde do Brasil estarem sendo desenvolvidas justamente na região Nordeste, em particular no estado do Ceará.

No que diz respeito ao desafio de Segurança energética, a diferença entre listas de priorização é a presença da solução de Tecnologias de comercialização de energia renovável: Blockchain e Internet of Things (IoT) em microrredes, para o Centro-Oeste, e de Fogões solares com armazenamento de energia para o Nordeste. Essa diferença denota uma preferência por critérios que levam a soluções mais ligadas às fronteiras tecnológicas de integração de fontes renováveis e novos modelos de negócios para cidades por parte da amostra de participantes que contribuíram na oficina de Brasília. Por outro lado, a amostra de participantes da oficina de Recife optou pela maior valorização de critérios que levam a priorização de soluções para ampliar o acesso a fontes modernas de energia,

particularmente para a prestação de serviços energéticos elementares em regiões socioeconomicamente desfavorecidas das cidades.

Quadro 15: Soluções prioritárias de Energia por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste

| Região Centro-Oeste | | |
|----------------------------|---|-----------------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Descarbonização energética | Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos | 3,99 |
| | Mecanismos de política pública para descarbonização da economia: Limite e comércio de emissões | 3,68 |
| | Mecanismos de política pública para descarbonização da economia: Imposto de emissões | 3,42 |
| Eficiência energética | Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa | 4,04 |
| | Equipamentos para eliminação de consumo stand-by (modo de espera) | 3,97 |
| | Telegestão de iluminação pública | 3,95 |
| Energia limpa e renovável | Aquecimento da água com energia solar em edificações | 4,39 |
| | Geração de energia dos passos de pedestres | 4,19 |
| | Micro e minigeração distribuída a biomassa | 4,07 |
| Segurança energética | Redes elétricas inteligentes (Smart Grids) | 3,98 |
| | Integração de veículos elétricos ao grid | 3,90 |
| | Tecnologias de comercialização de energia renovável: Blockchain e Internet of Things (IoT) em microrredes | 3,72 |
| Região Nordeste | | |
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Descarbonização energética | Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos | 4,11 |
| | Mecanismos de política pública para descarbonização da economia: Limite e comércio de emissões | 3,66 |
| | Mecanismos de política pública para descarbonização da economia: Imposto de emissões | 3,51 |
| Eficiência energética | Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa | 4,04 |
| | Telegestão de iluminação pública | 4,00 |
| | Equipamentos para eliminação de consumo stand-by (modo de espera) | 3,99 |
| Energia limpa e renovável | Aquecimento da água com energia solar em edificações | 4,40 |
| | Geração de energia dos passos de pedestres | 4,18 |
| | Produção descentralizada de hidrogênio | 4,07 |
| Segurança energética | Redes elétricas inteligentes (Smart Grids) | 3,97 |
| | Integração de veículos elétricos ao grid | 3,87 |
| | Fogões solares com armazenamento de energia | 3,77 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Copetec (2022b).

O Quadro 16 traz as soluções priorizadas para a área de Mobilidade, em função de seus desafios temáticos conforme elencado na plataforma do OICS. Dentre todas as áreas de intervenção, a lista de soluções priorizadas apresentou a maior divergência de resultados entre as duas regiões. Para o desafio de Acesso à mobilidade na cidade, enquanto a amostra de participantes do Centro-Oeste atribuiu mais peso a critérios que levaram à escolha de soluções mais relacionadas ao planejamento urbano, nomeadamente Modelo de Ruas Integrais e Método de Avaliação de Ruas, a ponderação de critérios pela amostra

participante da oficina do Nordeste levou à priorização de outras soluções ligadas à ampliação da disponibilidade à população de meios de transporte motorizados e não motorizados, a citar Ônibus social comunitário e Sistema comunitário de bicicletas compartilhadas. No caso do desafio de Metabolismo urbano efetivo, a divergência entre as listas deu-se na priorização da solução de Dia sem automóvel, para o Centro-Oeste, e de Ciclogística inteligente, para o Nordeste. Tal discrepância guarda coerência com as diferenças regionais reveladas segundo o perfil das amostras de participantes das oficinas de Brasília e de Recife, já que na primeira o uso de automóveis individuais dá-se de forma mais intensiva, dadas as características urbanísticas da cidade. Por fim, vale destacar a diferença de priorização no que versa sobre o desafio de Transporte de massa, na qual a solução priorizada unicamente para o Centro-Oeste foi de Serviço de transporte coletivo por aplicativo e no Nordeste de Embarcações urbanas movidas a biodiesel. Essa discrepância dá-se sobretudo pela questão de aplicabilidade, visto que a região Nordeste apresenta uma ampla faixa litorânea, que inclui a cidade de Recife, enquanto o Centro-Oeste é uma região focada no transporte rodoviário, com menor potencial de aproveitamento de soluções de transporte hidroviário.

Quadro 16: Soluções prioritárias de Mobilidade por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste

| Região Centro-Oeste | | |
|-------------------------------|--|----------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Acesso à mobilidade na cidade | Modelo de Ruas Integrais | 4,10 |
| | Método de Avaliação de Ruas | 4,10 |
| | Produção e distribuição gratuita de bicicletas | 4,06 |
| Descarbonização do transporte | Zona livre de carros | 4,25 |
| | Triciclo elétrico para transporte de cargas | 4,16 |
| | Serviço de transporte de cargas por aplicativo | 4,14 |
| Metabolismo urbano efetivo | Plano de Mobilidade Urbana Sustentável | 3,86 |
| | Mecanismos de capacitação e comunicação para Mobilidade Urbana Sustentável | 3,80 |
| | Dia sem automóvel | 3,74 |
| Mobilidade não-motorizada | Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação | 4,09 |
| | Ciclotáxis | 3,94 |
| | Implementação de grupos de caminhada utilitária para escola | 3,85 |
| Segurança | Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas | 4,11 |
| | Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus | 4,11 |
| | Tecnologia mobile para situações emergenciais e segurança colaborativa | 3,64 |
| Transporte de massa | Ônibus elétrico no transporte de passageiros | 4,07 |
| | Ônibus urbano à biometano | 3,89 |
| | Serviço de transporte coletivo por aplicativo | 3,77 |

| Região Nordeste | | |
|-------------------------------|--|----------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Acesso à mobilidade na cidade | Produção e distribuição gratuita de bicicletas | 4,24 |
| | Ônibus social comunitário | 4,07 |
| | Sistema comunitário de bicicletas compartilhadas | 4,03 |
| Descarbonização do transporte | Zona livre de carros | 4,26 |
| | Triciclo elétrico para transporte de cargas | 4,13 |
| | Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos | 4,12 |
| Metabolismo urbano efetivo | Plano de Mobilidade Urbana Sustentável | 3,81 |
| | Mecanismos de capacitação e comunicação para Mobilidade Urbana Sustentável | 3,68 |
| | Ciclogística inteligente | 3,64 |
| Mobilidade não-motorizada | Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação | 4,06 |
| | Ciclotáxis | 3,84 |
| | Implementação de grupos de caminhada utilitária para escola | 3,83 |
| Segurança | Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas | 4,17 |
| | Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus | 4,17 |
| | Tecnologia mobile para situações emergenciais e segurança colaborativa | 3,61 |
| Transporte de massa | Ônibus elétrico no transporte de passageiros | 4,05 |
| | Embarcações urbanas movidas a biodiesel | 3,92 |
| | Ônibus urbano à biometano | 3,84 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

O Quadro 17 aponta as soluções priorizadas por desafio temático na área de Resíduos Sólidos para as regiões Centro-Oeste e Nordeste. Ambas as listas de priorização guardam grande similaridade, à exceção de uma das soluções associadas ao desafio de Redução da geração de resíduos, para o qual se selecionou a solução de Embalagens em refil, para o Centro-Oeste, e de Mecanismos de capacitação e comunicação para redução do desperdício alimentar no Nordeste. As duas soluções citadas são aplicáveis às duas regiões, porém a essa sutil diferença de resultados aparenta refletir um padrão verificado em listas de outras áreas temáticas, no qual os resultados de ponderação obtidos da amostra de participantes da oficina de Brasília tendem à seleção de soluções mais voltadas ao consumidor individual, ao passo que a ponderação da amostra de Recife aponta mais para a seleção de soluções com benefícios difusos para a sociedade.

Quadro 17: Soluções prioritárias de Resíduos Sólidos por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste.

| Região Centro-Oeste | | |
|--|---|-----------------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Manejo, tratamento e destinação final de resíduos | Degradação de biogás de aterro sanitário com flare | 4,08 |
| | Aproveitamento energético do biogás com biodigestores | 3,95 |
| | Compostagem de resíduos orgânicos | 3,74 |
| Redução da geração de resíduos | Embalagens de biopolímeros | 4,02 |
| | Aproveitamento de resíduos para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis | 4,00 |
| | Embalagens em refil | 3,74 |
| Reuso e reciclagem | Logística reversa de embalagens pós-consumo | 4,19 |
| | Mecanismos de promoção ao reaproveitamento de resíduos: Simbiose industrial | 3,89 |
| | Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos | 3,80 |
| Tratamento e recuperação de áreas contaminadas ou degradadas | Aterros sanitários para municípios de pequeno porte: Método de trincheiras | 3,23 |
| | Técnica de bolha de ar para remoção de lixo em canais e rios urbanos | 3,12 |
| Região Nordeste | | |
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Manejo, tratamento e destinação final de resíduos | Degradação de biogás de aterro sanitário com flare | 4,06 |
| | Aproveitamento energético do biogás com biodigestores | 3,87 |
| | Compostagem de resíduos orgânicos | 3,68 |
| Redução da geração de resíduos | Embalagens de biopolímeros | 4,01 |
| | Aproveitamento de resíduos para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis | 3,89 |
| | Mecanismos de capacitação e comunicação para redução do desperdício alimentar | 3,57 |
| Reuso e reciclagem | Logística reversa de embalagens pós-consumo | 4,19 |
| | Mecanismos de promoção ao reaproveitamento de resíduos: Simbiose industrial | 3,81 |
| | Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos | 3,74 |
| Tratamento e recuperação de áreas contaminadas ou degradadas | Aterros sanitários para municípios de pequeno porte: Método de trincheiras | 3,14 |
| | Técnica de bolha de ar para remoção de lixo em canais e rios urbanos | 3,00 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

O Quadro 18 mostra as soluções que foram priorizadas nos desafios elencados na plataforma do OICS que são referentes à área de Saneamento, para as regiões Centro-Oeste e Nordeste. A exemplo das listas para a área de Resíduos sólidos, as soluções de Saneamento priorizadas para as regiões Centro-Oeste e Nordeste são praticamente as mesmas, salvo uma exceção no que concerne o desafio de Acesso à água limpa, em que se priorizou a solução de Sistemas de tratamento de água por filtração direta, para o Centro-Oeste, e de Conversor de umidade do ar em água potável, para o Nordeste.

Quadro 18: Soluções prioritárias de Saneamento por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste

| Região Centro-Oeste | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Acesso à água limpa | Desinfecção da água por raios ultravioleta | 3,89 |
| | Sistemas de tratamento de água por filtração direta | 3,68 |
| | Tarifa social de água e esgoto | 3,68 |
| Ciclo natural da água | Metodologia para recuperação ambiental de córregos urbanos | 3,89 |
| | Extração de água da umidade do ar por destilação | 3,53 |
| | Monitoramento da qualidade da água | 3,20 |
| Drenagem e manejo de águas pluviais | Técnicas compensatórias de drenagem urbana | 3,84 |
| | Remoção de lixo em sistemas de drenagem: Ecobarreiras | 3,83 |
| | Requalificação fluvial urbana | 3,62 |
| Reuso e reciclagem | Biorreatores com membranas submersas para tratamento e reuso da água | 3,67 |
| | Reutilização da água cinza de máquinas de lavar roupas | 3,49 |
| | Sistemas inovadores de reuso da água | 3,41 |
| Saneamento adequado | Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido | 4,03 |
| | Tratamento da água por processo oxidativo avançado | 3,84 |
| | Micro-estações de tratamento biológico e aproveitamento energético do esgoto | 3,63 |
| Uso eficiente e responsável da água | Chuveiro elétrico de água atomizada | 4,02 |
| | Sistema de uso racional da água no vaso sanitário | 4,02 |
| | Índice de qualidade para água | 3,96 |
| Região Nordeste | | |
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Acesso à água limpa | Desinfecção da água por raios ultravioleta | 3,86 |
| | Tarifa social de água e esgoto | 3,65 |
| | Conversor de umidade do ar em água potável | 3,53 |
| Ciclo natural da água | Metodologia para recuperação ambiental de córregos urbanos | 3,81 |
| | Extração de água da umidade do ar por destilação | 3,52 |
| | Monitoramento da qualidade da água | 3,03 |
| Drenagem e manejo de águas pluviais | Técnicas compensatórias de drenagem urbana | 3,78 |
| | Remoção de lixo em sistemas de drenagem: Ecobarreiras | 3,72 |
| | Requalificação fluvial urbana | 3,48 |
| Reuso e reciclagem | Biorreatores com membranas submersas para tratamento e reuso da água | 3,66 |
| | Reutilização da água cinza de máquinas de lavar roupas | 3,50 |
| | Sistemas inovadores de reuso da água | 3,42 |
| Saneamento adequado | Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido | 4,02 |
| | Tratamento da água por processo oxidativo avançado | 3,87 |
| | Micro-estações de tratamento biológico e aproveitamento energético do esgoto | 3,52 |
| Uso eficiente e responsável da água | Chuveiro elétrico de água atomizada | 4,03 |
| | Sistema de uso racional da água no vaso sanitário | 4,03 |
| | Índice de qualidade para água | 3,97 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

Por fim, o Quadro 19 apresenta as Soluções baseadas na Natureza (SbN) priorizadas por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste. Grande parte das SbN priorizadas para as duas regiões são as mesmas, sendo que as diferenças observadas são intimamente ligadas à aplicabilidade das soluções aos biomas existentes nas duas regiões,

mais especificamente nas duas cidades da aplicação piloto da ferramenta: Brasília, cidade interiorana localizada em região do Cerrado, e Recife, uma cidade costeira na Mata Atlântica brasileira, com presença de clima semiárido. Nesse sentido, para o desafio de Áreas verdes urbanas, priorizou-se a solução de Conservação e criação de florestas urbanas, para o Centro-Oeste, e de Jardim urbano de clima semiárido, para o Nordeste. No caso do desafio de Mudança climática e resiliência, priorizou-se para o Centro-Oeste a solução de Folha biosolar, ao passo que a solução de Plano de manejo de dunas frontais e áreas adjacentes foi priorizada para o Nordeste. Já para o desafio de restaurar e conservar serviços ecossistêmicos, a solução priorizada apenas para o Nordeste foi de Conservação e recuperação de ecossistemas costeiros e estuarinos, aplicável apenas a regiões litorâneas, enquanto para o Centro-Oeste foi priorizada a solução de Jardim de mel.

Quadro 19: Soluções baseadas na Natureza prioritárias por desafio temático para as regiões Centro-Oeste e Nordeste

| Região Centro-Oeste | | |
|---|---|-----------------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Ar e água superficial e subterrânea limpos | Tanque de evapotranspiração | 3,66 |
| | Sistema urbano de drenagem sustentável | 3,43 |
| | Fitorremediação em solo e água de áreas urbanas contaminadas | 3,42 |
| Áreas verdes urbanas | Cidade Biofílica | 3,66 |
| | Índice de Cobertura Vegetal Urbana | 3,57 |
| | Conservação e criação de florestas urbanas | 3,51 |
| Mudança climática e resiliência | Bacia de detenção naturalizada | 3,60 |
| | Folha biosolar | 3,55 |
| | Eco-bairro | 3,54 |
| Qualidade de vida, saúde e nutrição | Ecossistemas verticais | 3,59 |
| | Agricultura urbana | 3,55 |
| | Hortas comunitárias urbanas | 3,26 |
| Restaurar e conservar serviços ecossistêmicos | Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas | 3,82 |
| | Jardim de mel | 3,75 |
| | Sistema integrado urbano e periurbano de proteção de mananciais | 3,72 |
| Região Nordeste | | |
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Ar e água superficial e subterrânea limpos | Tanque de evapotranspiração | 3,59 |
| | Sistema urbano de drenagem sustentável | 3,40 |
| | Fitorremediação em solo e água de áreas urbanas contaminadas | 3,39 |
| Áreas verdes urbanas | Jardim urbano de clima semiárido | 3,67 |
| | Cidade Biofílica | 3,62 |
| | Índice de Cobertura Vegetal Urbana | 3,62 |
| Mudança climática e resiliência | Plano de manejo de dunas frontais e áreas adjacentes | 3,62 |
| | Bacia de detenção naturalizada | 3,59 |
| | Eco-bairro | 3,47 |
| Qualidade de vida, saúde e nutrição | Ecossistemas verticais | 3,61 |
| | Agricultura urbana | 3,55 |
| | Hortas comunitárias urbanas | 3,22 |

| Região Nordeste | | |
|---|--|-----------------------|
| Desafio | Solução | Nota final AHP |
| Restaurar e conservar serviços ecossistêmicos | Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas | 3,83 |
| | Conservação e recuperação de ecossistemas costeiros e estuarinos | 3,81 |
| | Sistema integrado urbano e periurbano de proteção de mananciais | 3,75 |

Fonte: Elaborado própria a partir de Fundação Coppetec (2022b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades têm papel central no enfrentamento da mudança climática, assim demandando uma abordagem coordenada para desenvolver soluções sustentáveis. Várias opções tecnológicas, metodológicas, políticas e comportamentais podem ser lançadas visando à proatividade climática urbana (Huang, 2020; Santamouris e Kolokotsa, 2016). Contudo, o emprego destas soluções nas cidades, frequentemente, deixa de ser priorizado face à desafios de curto prazo, tais como crescimento econômico, saneamento, provisão de moradia e segurança pública (de Souza Leão et al., 2021).

Com vistas a aumentar a racionalidade no processo de tomada de decisão, trazendo uma visão de médio e longo prazos de planejamento urbano sustentável, ferramentas de apoio à decisão são necessárias. O Observatório tem por objetivo articular gestores públicos, sociedade civil, empresas e academia em prol da agenda urbana, por meio da co-criação de alternativas para a transição de cidades brasileiras rumo à sustentabilidade. Para tanto, dissemina conhecimento na forma de soluções e estudos de caso para os seguintes temas: i) Mobilidade; ii) Energia; iii) Soluções baseadas na Natureza; iv) Ambiente Construído; v) Saneamento – Resíduos Sólidos; e vi) Saneamento – Água. As soluções mapeadas são contextualizadas e georreferenciadas de acordo com tipologias, indicadores e dados geobiofísicos das cidades brasileiras (CGEE, 2022).

No contexto do projeto “Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através de Planejamento Urbano Integrado e do Investimento em Tecnologias Inovadoras (CITInova)”, foram realizados diversos aprimoramentos visando trazer maior robustez ao conteúdo do OICS. Partindo da revisão e mapeamento de novas soluções para o banco de dados da plataforma, foram propostos e mensurados 16 indicadores de desempenho das soluções. Utilizaram-se ferramentas de avaliação integrada (IAM) para elaborar trajetórias de baixo carbono e conservação da biodiversidade, que permitiram inclusive projetar alguns destes indicadores, assim viabilizando a atualização futura do OICS. Partindo da construção dos indicadores, foi elaborada uma metodologia de múltiplos critérios, ou indicadores de desempenho sustentável de soluções que permitiu, por meio de oficinas regionais, apresentar e validar metodologia de ranqueamento e priorização das

soluções urbanas, ferramenta a qual será de grande valia para a tomada de decisão municipal.

De fato, inúmeras possibilidades de ranqueamento podem ser consideradas visando à priorização de soluções. Este aspecto é extremamente relevante, sobretudo tendo em vista a limitação de recursos para a realização de investimentos ao nível municipal. Primeiramente, pode-se considerar um ranking geral das soluções nas áreas temáticas, contudo, um ranqueamento dessa sorte tende a concentrar as soluções de um determinado tema. Sendo assim, não permite uma abordagem ampla de enfrentamento aos desafios urbanos, que é exigido tendo em vista a diversidade de impactos da mudança do clima nas cidades.

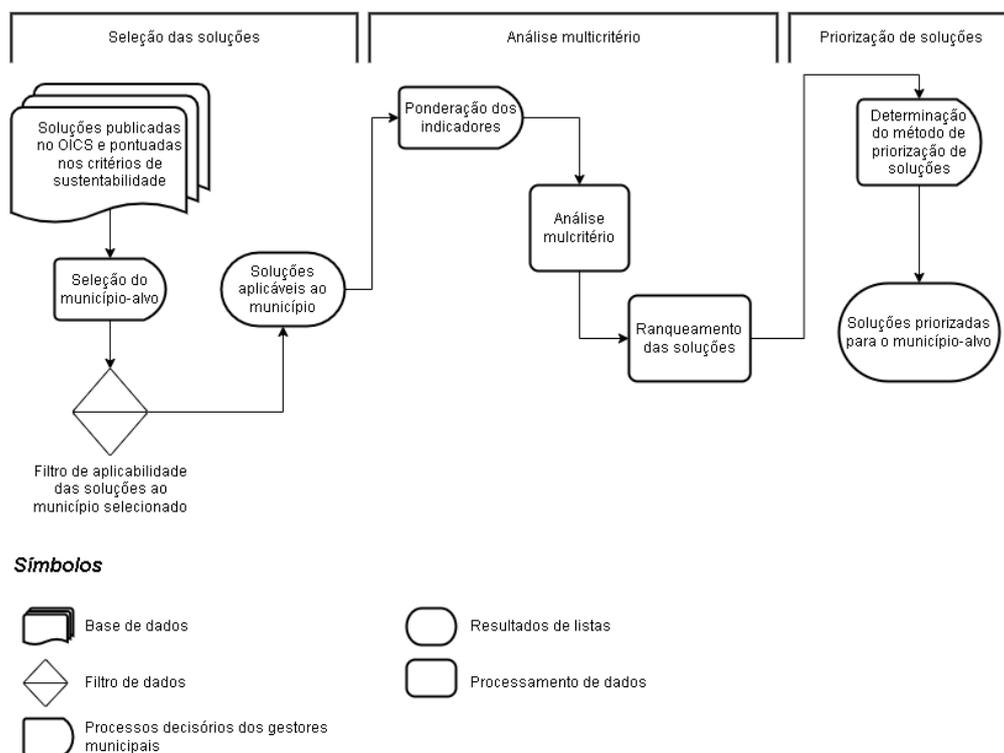
Para lidar com esta problemática, foi proposto um ranqueamento separado por área temática. Nesse caso, os gestores municipais podem priorizar soluções para implementação com maior equidade entre os temas relevantes às cidades. Ainda nessa linha, caso o interesse do gestor seja de selecionar as soluções mais adequadas para lidar com problemas urbanos específicos de cada área temática, também é possível estabelecer rankings de soluções por desafio urbano.

Inúmeras abordagens alternativas podem ser consideradas, caso o processo de ranqueamento e priorização seja automatizado. Idealmente, um sistema automático de avaliação multicritério de soluções poderia ser hospedado na própria plataforma, tendo em vista a interface entre os indicadores, soluções e estudos de caso do OICS. O desenho de módulos ora proposto permitiria que gestores municipais interessados em implementar soluções de sustentabilidade em sua região pudessem, autonomamente, receber da plataforma quais são as soluções mais adequadas às suas prioridades, conteúdo o qual poderia retroalimentar o sistema com vistas ao aprimoramento contínuo da metodologia.

A seguir é apresentado, resumidamente, um fluxograma do sistema proposto. Partindo das soluções presentes na base de dados do OICS e já previamente pontuada nos critérios de sustentabilidade estabelecidos, o gestor definiria inicialmente o município-alvo e a(s) área(s) temática(s) da análise, o que ativaria um filtro de aplicabilidade regional e de soluções do OICS, segundo o porte da sua cidade e o(s) tema(s) de interesse, obtendo-se assim uma lista apenas com as soluções passíveis de implementação na(s) área(s)

selecionada(s). Em seguida, o gestor municipal informaria suas preferências dentre os critérios de sustentabilidade em um modelo de formulário similar ao utilizado nas oficinas regionais de aplicação da metodologia AHP (Apêndice C) ou, caso prefira, poderia selecionar valores pré-estabelecidos de ponderação para sua região, obtidos de aplicações prévias já validadas da metodologia com um conjunto diverso de atores em cada região do país. Definidos os pesos relativos dos critérios e indicadores, aplicar-se-ia na sequência a metodologia multicritério para obtenção de rankings de soluções, no qual o usuário poderia definir formas de apresentação que lhe fossem interessantes (ex.: ranking geral, por área temática, por desafio etc.). Por fim, o gestor municipal poderia definir um número de soluções a compor seu conjunto prioritário e um método para priorização (SOR, SAT ou SDU), seja ele uma sistemática pré-programada ou uma seleção manual.

Figura 22: Fluxograma esquemático do sistema automático proposto para ranqueamento e priorização de soluções do OICS para gestores municipais



Fonte: Elaboração Fipe.

Em termos de limitações metodológicas do processo de ranqueamento e priorização, é importante ressaltar que pela natureza diversa dos indicadores de desempenho, a amostra de participantes envolvida no processo decisório é um elemento central para os resultados,

visto que diferentes tipos de atores deverão manifestar opiniões distintas, muitas vezes conflitantes, sobre a importância relativa dos critérios. Com isso, é desejável que se tenha um conjunto o mais amplo e diverso possível, de maneira a reforçar os consensos e amenizar as discrepâncias de opiniões dentre os tipos de atores representativos da sociedade.

Outro elemento importante de ser mencionado, enquanto aspecto específico da estrutura de decisória elaborada, diz respeito à validade de alguns dos critérios como parâmetro decisório para seleção das soluções de sustentabilidade prioritárias. De fato, gestores podem estar buscando resultados específicos em matéria de impactos das soluções. Neste sentido, podem antecipar que desejam adotar uma solução urbana, considerando apenas impactos socioeconômicos e ambientais, desconsiderando, por exemplo, a adequação ao arcabouço regulatório e institucional. Por este motivo, é importante prever no desenho de um sistema automatizado de avaliação multicritério a escolha dos indicadores de desempenho que devem ser considerados no processo de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE (2021). Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2021. Dezembro de 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>
- AESBE (2020). O prejuízo do óleo de cozinha no meio ambiente - AESBE. [online] Available at: <<https://aesbe.org.br/novo/o-prejuizo-do-oleo-de-cozinha-no-meio-ambiente/>> [Accessed 7 July 2022].
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2012. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. (F2792 – 12a). West Conshohocken, EUA: [s.n.], 2012. 3 p.
- AMORIM JUNIOR, N.; SANTANA, H.; SANTOS, T.; ANDRADE NETO, J.; CILLA, M.; RIBEIRO, D. Ligantes Alternativos. In: RIBEIRO, Daniel Vêras (org.). Princípios da ciência dos materiais cimentícios: produção, reações, aplicações e avanços tecnológicos. Curitiba: Appris, 2021. Cap. 4. p. 131-184.
- ANDRADE, Gabriella Puente de. Dosagem científica de concretos estruturais contendo agregado miúdo de resíduo de concreto. 2018. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório. Perdas de Energia Elétrica na Distribuição. Edição 01/2021. Eneel, 2021.
- ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2022. O Caminho da Descarbonização do Setor Automotivo. Disponível em <https://anfavea.com.br/docs/apresentacoes/APRESENTA%c3%87%c3%83O-ANFAVEA-E-BCG.pdf>. Acesso em junho, 2022.
- ANGELKORTE, G B. Modelagem do Setor Agropecuário Dentro de Modelo de Análise Integrada Brasileiro/Gerd Brantes Angelkorte–Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.XIV, 123p.: il.; 29,7 cm.
- AQUAFLUXUS. Criando cidades sustentáveis. 2012. Disponível em: <https://www.aquafluxus.com.br/desenvolvimento-de-baixo-impacto-um-conceito/>. Acesso em: jul. de 2022.

- AQUAMEC, 2017. Remoção de microplástico com filtração terciária com filtros de tecido OptiFiber®. Aquamec Environmental Solutions. <https://www.aquamecbrasil.com.br/single-post/2021/02/02/remocao-de-microplastico-com-filtracao-terciaria-com-filtros-de-tecido-optifiber>
- ARNAUD, L.; GOURLAY, E. Experimental study of parameters influencing mechanical properties of hemp concretes. *Construction and Building Materials*, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 50–56, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.07.052>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
- AZNI, I. et al. Stabilization and utilization of hospital waste as road and asphalt aggregate. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 7, n. 1, p. 33–37, 1 mar. 2005.
- BACCI, D. D. L. C., & Pataca, E. M. (2008). Educação para a água. *Estudos avançados*, 22,211-226. <https://www.scielo.br/j/ea/a/4Cz7B6yQGGfV73Ngy6g848w/abstract/?lang=pt>
- BAGAINI, Annamaria et al. Multidisciplinary approach for a new vision of urban requalification. Multi-scale strategies of social innovation, economic improvement and environmental sustainability practices. *The Design Journal*, v. 20, n. sup1, p. S4778-S4780, 2017.
- BAMB BUILDING AS MATERIAL BANK, 2016. D1 Synthesis of the state-of-the-art: Key barriers and opportunities for Materials Passports and Reversible Building Design in the current system. 2016.
- BARAN, R. A Introdução de Veículos Elétricos no Brasil: Avaliação do Impacto no Consumo de Gasolina e Eletricidade, 2012. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/baran.pdf>
- BASTIDA-MOLINA, P., RIBÓ-PÉREZ, D., GÓMEZ-NAVARRO, T., et al. "What is the problem? The obstacles to the electrification of urban mobility in Mediterranean cities. Case study of Valencia, Spain", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 166, p. 112649, 1 set. 2022. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112649. Acesso em: 10 jul. 2022.

BHANDARI, R.; SHAH, R. R. Hydrogen as energy carrier: Techno-economic assessment of decentralized hydrogen production in Germany. *Renewable Energy*, v. 177, p. 915–931, nov. 2021.

BIOMER. Biodiesel demonstration and assessment for tour boats in Montreal. Relatório final, 2005. Disponível em: http://www.sinenomine.ca/Download/BioMer_ang.pdf. Acesso em junho de 2022.

BORBA, B., SZKLO, A., SCHAEFFER, R. Plug-in hybrid electric vehicles as a way to maximize the integration of variable renewable energy in power systems: The case of wind generation in northeastern Brazil, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.008>.

BORBA, B.S.M.C, et al. 2017. Diesel imports dependence in Brazil: A demand decomposition Analysis. *Energy Strategy Reviews* 18 (2017) 63-72.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Atlas de Eficiência Energética no Brasil – Relatório de Indicadores. 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-651/Atlas2021_PT_2022_02_04.pdf. Acesso em: 18 jul. 2022.

_____. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2022a.

_____. Plano Nacional de Energia 2050. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 8 de out. 2022b.

_____. RenovaBio. Ministério de Minas e Energia, 2019. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/instrumentos>.

BRASIL. Ministério das Cidades – MCIDADES. Plano Nacional de Saneamento Básico. 2014. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/plansab_texto_editado_para_download.pdf. Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Plano Nacional de Habitação 2040. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/planhab-2040>. Acesso em: 18 jul. 2022.

_____. 2022a. Política Nacional de Desenvolvimento Urbano. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/politica-nacional-de-desenvolvimento-urbano>. Acesso em: 18 jul. 2022.

_____. 2022c. Plano Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>. Acesso em: 14 jul. 2022.

_____. Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável - EEDUS. Secretaria Nacional de Habitação (SNH). Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/eedus>. Acesso em: 14 ago. 2022

BRASIL. Ministério da Infraestrutura – MI. 2021. Plano Nacional de Logística 2035. Disponível em: https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/PNL_2035_29-10-21.pdf. Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. SINIR+: Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.sinir.gov.br/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

_____. Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática. Brasília: MMA, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaozoniodesertificacao/clima/diretrizes-para-uma-estrategia-nacional-para-neutralidade-climatica_.pdf. Acesso em: 9 jul. 2022.

BRASIL. Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. Apoio e Financiamento: Programas e Produtos. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/o-que-apoiamos>. Acesso em: 4 de jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima / Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. - Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021. 620 p.: il. ISBN: 978-65-87432-18-2.

_____. Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil. Brasília: MCTI, 2021a. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna_brazil/tna_brazil.html. Acesso em: 18 mar. 2021.

_____. Diretrizes de financiamento para as tecnologias e planos ação tecnológica do projeto TNA_BRAZIL. – Brasília: MCTI, 2021b.

_____. Guia Eletrônico das Opções de Financiamento para as Tecnologias Priorizadas no Projeto TNA_BRAZIL. Brasília: MCTIC, 2021c. Disponível em: http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna_brazil/tna_brazil.html. Acesso em: 26 jan. 2021.

BRASIL. FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL Paris Agreement NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (NDC). 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: junho de 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Orientações metodológicas para Programa de Educação Ambiental em Saneamento para pequenos municípios: Caderno de orientações: Caderno 1 / Fundação Nacional de Saúde; Universidade Estadual de Feira de Santana. – Feira de Santana: UEFS – Brasília: Funasa, 2014. 61 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília: MAPA, 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Opções Transversais para Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa - Redes Inteligentes. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI. Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil. Brasília: MCTI, 2021a. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna_brazil/tna_brazil.html. Acesso em: 18 mar. 2021.

BRASIL. Plano ABC - Agricultura de Baixo Carbono. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>.

_____. Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília: MAPA, 2021.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria Executiva. Subsecretaria de Planejamento, Orçamento e Administração. Coordenação-Geral de Recursos Logísticos. Orientações: contratações sustentáveis. Brasília: MF/SPOA/COGRL, 2014. 25 p.: il.; 30 cm. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/plano-de-gestao-de-logistica-sustentavel-pls/arquivos/2014/contratacoes-sustentaveis.pdf>. Acesso em: 27/06/2022

BRASIL. Ministério da Economia – MECON. 2022a. Rota 2030 - Mobilidade e Logística. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>. Acesso em: 18 jul. 2022.

_____. Programa País do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF). Disponível em: https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/assuntos-economicos-internacionais/fundo-verde-do-clima/publicacoes-da-and-1/programa-pais-do-brasil-para-o-gcf_2022_.pdf. Acesso em: 9 de out. 2022b.

_____. 2022b. Guia Orientativo de Boas Práticas para Códigos de Obras e Edificações. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/produtos/GuiaOrientativodeBoasPrcticasparaCdigodeObraseEdificaescompressed.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática. Brasília: MMA, 2021.

BRASIL. DECRETO Nº 7.272, DE 25 DE AGOSTO DE 2010. Brasília: 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7272.htm.

BRASIL. LEI Nº 11.346, DE 15 DE SETEMBRO DE 2006. Brasília: 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111346.htm.

BRAZÃO, A. J. C; SILVA, R. D. R; VIVACQUA, C. A. Clarificação de águas de lavagem de filtros em estações de tratamento de água por coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 26, p. 865-876, 2021.

CALDAS, L. R. et al. Bamboo bio-concrete as an alternative for buildings' climate change mitigation and adaptation. Construction and Building Materials, [S. l.], v. 263, p. 120652, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120652>

CALDAS, L. R. et al. Environmental impact assessment of wood bio-concretes: Evaluation of the influence of different supplementary cementitious materials. Construction and Building Materials, [S. l.], v. 268, p. 121146, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121146>

- CALKIN, D. E.; COHEN, J. D.; FINNEY, M. A.; THOMPSON, M. P. How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111, 746–751, 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1315088111>
- CAMPOS, S. J. A. M., STEFANI, F., PAULON, N., FACCINI, L., & BITAR, O. Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: Cartas de suscetibilidade, perigo e risco. *RBGEA-Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.* 2015. Disponível em: <https://www.abge.org.br/downloads/revistas/mapeamento.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.
- CARRETTE, L., FRIEDRICH, K. A., STIMMING, U. "Fuel Cells - Fundamentals and Applications", *Fuel Cells*, v. 1, n. 1, p. 5–39, 2001. DOI: 10.1002/1615-6854(200105)1:1<5:aid-fuce5>3.0.co;2-g.
- CARVALHO, Celso Santos; GALVÃO, Thiago. Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas em áreas urbanas. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9613/1/Preven%C3%A7%C3%A3o%20de%20riscos.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.
- CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges. Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Disponível em: <https://livroaberto.ibict.br/handle/1/492>
- CAVALCANTE, F. M. DA C. SolidBits: design de sistema para monitoramento da produção e gestão da coleta de resíduos sólidos. 2018.
- CDB. Quick Guides for the Aichi Biodiversity Targets. The Convention on Biological Diversity. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/targets/compilation-quick-guide-en.pdf>. Acesso em 27/09/2022.
- CEMADEN. Missão. 2016. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/missao-do-cemaden/>. Acesso em: 27/06/2022.
- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro: Simulações 2013/ Centro de Pesquisas de Energia Elétrica-CEPEL – Rio de Janeiro: CEPEL, 2017. 50 p. il.

- CGEE. (2020). *Tipologias territoriais para cidades sustentáveis: Aspectos metodológicos*. <http://www.cgee.org.br>.
- _____. (2022). Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/>. Acesso em: 28/11/2022.
- Cidades Sustentáveis*. (2022). Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/pagina/plataforma>. Acesso em março de 2022.
- CITInova. (2022). *CITInova - Projeto*. Disponível em: <https://citinova.mctic.gov.br/>. Acesso em março de 2022.
- CHI, J.; YU, H. Water electrolysis based on renewable energy for hydrogen production. *Chinese Journal of Catalysis*, v. 39, n. 3, p. 390–394, mar. 2018.
- CHOUDHARY, J.; KUMAR, B.; GUPTA, A. Utilization of solid waste materials as alternative fillers in asphalt mixes: A review. *Construction and Building Materials*, v. 234, p. 117271, 2020.
- CHOUDHURY, I., & HASHMI, S. (2020). *Encyclopedia of renewable and sustainable materials*. Elsevier.
- CIBIOGAS, 2022. BiogasMap Painel dinâmico de plantas de biogás e biometano brasileiras. Acessado em: <https://biogasmapp.cibiogas.org/>
- CITInova. Plataformas. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI 2022. Disponível em: <https://citinova.mctic.gov.br/>. Acesso em abril de 2022.
- CLARK J.R, M. COLE, P. LINDEQUE, E. FILEMAN, J. BLACKFORD, C. LEWIS, T.M. LENTON, T.S. GALLOWAY. 2016. Marine plastic debris: a targeted plan for understanding and quantifying interactions with marine life. *Front. Ecol. Environ.*, 14 (2016), pp. 317-324
- CLARKE, GRITEVSKYI, A., NAKICENOVI, N., 2000, "Modeling uncertainty of induced technological change", *Energy Policy*, 28, pp. 907-921.
- CLARKE, L., JIANG, K., AKIMOTO, K, 2014. Assessing Transformation Pathways. In: *IPCC Fifth Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

- CLIMATE-ADAPT. Berlin Biotope Area Factor – Implementation of guidelines helping to control temperature and runoff. 2013. Disponível em: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/berlin-biotope-area-factor-2013-implementation-of-guidelines-helping-to-control-temperature-and-runoff>. Acesso em: 27/06/2022.
- COELHO, S.T., GARCILASSO, V. P., FERRAZ JUNIOR, A.D.N., SANTOS, M.M., JOPPERT, C.L., 2018. Tecnologias de produção e uso de biogás e biometano: Part. I Biogás; Part. II Biometano. São Paulo: IEE-USP. ISBN: 978-85-86923-53-1.
- CORDEIRO, G. Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- CORDEIRO, G; TOLEDO FILHO, R; FAIRBAIRN, E. Influência da substituição parcial de cimento por cinza ultrafina da casca de arroz com elevado teor de carbono nas propriedades do concreto. *Ambiente Construído*, v.9, n. 3, 2009.
- COSTA, V. S. Rizobactérias na fitorremediação de solos. 2019. Monografia (Especialista em Microbiologia Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.
- CROWL, D. A., JO, Y. do. "The hazards and risks of hydrogen", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v. 20, n. 2, p. 158–164, 1 mar. 2007. DOI: 10.1016/j.jlp.2007.02.002. Acesso em: 5 jul. 2022.
- CRUZ, Talita; SCHAEFFER, Roberto; LUCENA, André F.P.; MELO, Sérgio; DUTRA, Ricardo. Solar water heating technical-economic potential in the household sector in Brazil. *RENEWABLE ENERGY*, v. 146, p. 1618-1639, 2019
- CUI, Yaping et al. A review on phase change material application in building. *Advances in Mechanical Engineering*, v. 9, n. 6, p. 1687814017700828, 2017.
- CUNHA, D. A.; STURM, J. R. Emprego de aeronave remotamente pilotada (drone) na investigação de incêndio florestal. *Ignis: Revista Técnico Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina*, v. 4, n. 1, 2019. Disponível em: <https://ignis.emnuvens.com.br/revistaignis/article/view/87>. Acesso em 18 de jun. 2022.

- CURRAN, T. J.; PERRY, G. L. W.; WYSE, S. V.; ALAM, M. A. Managing Fire and Biodiversity in the Wildland-Urban Interface: A Role for Green Firebreaks. *Fire*, v. 1, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.3390/fire1010003>
- DA CUNHA, Sandra Raquel Leite; DE AGUIAR, José Luís Barroso. Phase change materials and energy efficiency of buildings: A review of knowledge. *Journal of Energy Storage*, v. 27, p. 101083, 2020.
- DA SILVA, F. T. F. et al. Inter-sectoral prioritization of climate technologies: insights from a Technology Needs Assessment for mitigation in Brazil. [S.l.]: Springer Netherlands, 2022. v. 27. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11027-022-10025-6>>.
- DE ANDRADE SALGADO, Fernanda; DE ANDRADE SILVA, Flávio. Recycled aggregates from construction and demolition waste towards an application on structural concrete: A review. *Journal of Building Engineering*, v. 52, p. 104452, 2022.
- DE MELO, J.; ROBINSON, S. Product Differentiation and Foreign Trade in CGE Models of Small Economies. Trade Policy Division, World Bank. Washington, DC: World Bank, 1989. (Policy, Planning, and Research Working Papers, n. 144)
- DE OLIVEIRA, Ricardo Castro Nunes; MIGUEZ, Marcelo Gomes. O domínio dos terrenos marginais e seu impacto na requalificação fluvial. 2011.
- DE OLIVEIRA, Ricardo CN et al. REQUALIFICAÇÃO FLUVIAL DO RIO SÃO PEDRO.
- DE SOUZA LEO, E. B., ANDRADE, J. C. S., & NASCIMENTO, L. F. (2021). Recife: a climate action profile. *Cities*, 116, 103270.
- DELLINK, R., CHATEAU, J., LANZI, E., et al. "Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways", *Global Environmental Change*, v. 42, p. 200–214, 2017. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004.
- DIAS, G.; HIPÓLITO, M.; SANTOS, F.; LOUREGA, R.; MATTIA, J.; EICHLER, P.; ALVES, J. Biorremediação de Efluentes por Meio da Aplicação de Microalgas - Uma Revisão. *Quím. Nova*, 42 (8), 2019.

- DIXON, P. B.; RIMMER, M. T. Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: a practical guide and documentation of MONASH. Amsterdam: Elsevier, 2002.
- DIXON, P.B.; RIMMER, M. Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE Model of Australia. *Working Paper*, Center of Policy Studies, CoPS, Monash University, 1998.
- DOE. Hydrogen Storage Challenges. Disponível em: <<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage-challenges>>. Acesso em: 4 jul. 2022.
- DONLAN, DANA L.; BAUDER, J.W. A General Essay on Bioremediation of Contaminated Soil. MSU Extension Water Quality Program. Montana State University. 2022. Disponível em: <https://waterquality.montana.edu/energy/cbm/lit-reviews/bioremed-soil.html>. Acesso em: 27/06/2022.
- DOS SANTOS, Sandra Lima. Sustentabilidade de cidades no contexto da integração entre a gestão de recursos hídricos e o planejamento urbano territorial. *Bahia Análise & Dados*, v. 29, n. 2, p. 55-75, 2020.
- EIA – Energy Information Administration. Autonomous Vehicles: Uncertainties and Energy Implications. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/av.php>. Acesso em junho, 2022.
- ENVIRONMENT AGENCY UK. Guidance: Flood risk management plans (FRMPs): how to prepare them. 2022. Disponível em: <https://www.gov.uk/guidance/flood-risk-management-plans-frmps-how-to-prepare-them>. Acesso em: 27/06/2022.
- EPA, U. S. Environmental Protection Agency. Low Impact Development (LID): A Literature Review. n. 2000.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Estudos de longo prazo: Eletromobilidade e Biocombustíveis. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Eletromobilidade%20e%20Biocombustiveis.pdf>. Acesso em junho, 2022.

- EPE, 2021. *Balanco Energético Nacional 2021: Ano base 2020*. Rio de Janeiro, RJ, Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional (BEN) 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em junho, 2022.
- EPE. Baseline to support the Brazilian Hydrogen Strategy. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidrogenio_EN_revMAE\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidrogenio_EN_revMAE(1).pdf).
- ERCAN, T., M. NOORI, Y. ZHAO, and O. TATARI, 2016: On the Front Lines of a Sustainable Transportation Fleet: Applications of Vehicle-to-Grid Technology for Transit and School Buses. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en9040230>
- ESTRATÉGIA ODS. Estratégia ODS. 2019. Disponível em: <http://3.94.150.200/>. Acesso em: 31 mai. 2019.
- EUROPEAN COMMISSION. Directorate-General for Research and Innovation. Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities: (full version), Publications Office, 2015. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/479582>. Acesso em: 27/06/2022.
- FEBRABAN (2020), *Comunicação pessoal, 14/10/2021*, Diretoria de Economia, Regulação Prudencial e Riscos.
- FERNANDEZ, L. I. C. Avaliação do desempenho ambiental da impressão 3D de paredes de concreto. Dissertação de mestrado. Programa de Engenharia Civil (PEC/COPPE). Rio de Janeiro, 2022.
- FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Endogenous Land Use and Supply Security in Brazil. *General Paper n^o G-229*, Centre of Policy Studies, CoPS, Monash, 2012.
- FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. *Land Use Policy*, vol. 36, p. 595-604, 2014.

- FIPE, 2022a. Produto 1 (P1): Análise do estado-da-arte e dos requisitos das plataformas OICS e o PCS. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe).
- FIPE, 2022b. Produto 2 (P2): Descrição das ferramentas e premissas a serem empregadas na quantificação dos indicadores das soluções do OICS. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe).
- FIPE, 2022c. Produto 4 (P4): Relatório e planilha contemplando o conjunto de trajetórias, soluções e indicadores mensurados de curto, médio e longo prazos para o planejamento de baixo carbono e conservação da biodiversidade. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe).
- FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban water journal*, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.
- FMI/WEO, 2020. *World Economic Outlook – October 2020*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/09/30/world-economic-outlook-october-2020>
- FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC). FSC nas Compras Públicas Sustentáveis. 2018. Disponível em: <https://br.fsc.org/sites/default/files/2022-05/Guia-FSC-CPS.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.
- FSP. 2018. Uso de Nanobolhas para melhoria da qualidade de águas poluídas é tema de pesquisa da FSP USP. <http://www.fsp.usp.br/site/noticias/mostra/10185>
- Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – Fundação Coppetec (2022a). Produto 6: Base de dados integrada e relatório com achados do processo de validação das soluções e indicadores para ranqueamento e priorização das soluções do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação Coppetec.

- Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – Fundação Coppetec (2022b). Produto 7: Relatório e planilha contendo ranqueamento e priorização das soluções do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis a partir dos seminários regionais realizados para as regiões Centro-Oeste e Nordeste. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação Coppetec.
- Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – Fundação Coppetec (2022c). Produto 4: Guia metodológico para ranqueamento e priorização das soluções do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis. Documento entregue ao projeto CITInova no âmbito do acordo estabelecido entre o CGEE e a Fundação Coppetec.
- FURTADO, M. Tecnologia ambiental: Usinas recuperam CO₂. Site da editora QD. Quimica.com.br, 2014. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/tecnologia-ambiental-usinas-recuperam-co2/>
- GALBE, M.; ZACCHI, G. A review of the production of ethanol from softwood. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Clifton, v. 59, n. 6, p. 618-28, 2002. DOI: 10.1007/s00253-002-1058-9.
- GANTEAUME, A.; BARBERO, R.; JAPPIOT, M.; MAILLÉ, E. Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. *Journal of Safety Science and Resilience*, v. 2, n. 1, p. 20-29, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2021.01.001>
- GELMANOVA, Z. S., ZHABALOVA, G. G., SIVYAKOVA, G. A., et al. "Electric cars. Advantages and disadvantages", *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1015, p. 052029, maio 2018. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/5/052029. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/5/052029>.
- GESEL- Grupo de Estudos do Setor Elétrico, 2021. Análise de Políticas Públicas para Veículos Elétricos. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/50_vieira_2021_05_10.pdf f. Acesso em junho, 2022.

- GLOBAL CCS INSTITUTE. *Global status of CCS 2021*. [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: https://www.japanccs.com/wp/wp-content/uploads/2021/10/0-4-GCCSI_Jarad-Daniels.pdf.
- GRANEMANN, V.; BUENO, L. S. Tecnologia RPA na análise de áreas passíveis de desastres naturais. *IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo Engenharias e Tecnologia de Informação*, v. 9, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/2503>. Acesso em 18 jun. 2022.
- GREIPSSON, S. Phytoremediation. *Nature Education Knowledge*, 3(10):7, 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/phytoremediation-17359669/>. Acesso em: 27/06/2022.
- GUEDES, F.P.D.C., 2015. Avaliação de Alternativas para Redução do Uso Final de Energia no Setor de Refino de Petróleo Brasileiro e Estimativa de Custos de Abatimento de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.
- GUPTHA, Guru Chythanya et al. Assessing the role of SuDS in resilience enhancement of urban drainage system: A case study of Gurugram City, India. *Urban Climate*, v. 41, p. 101075, 2022.
- GUSMAROLI, G.; BIZZI, S. & LAFRATTA, R. 2011. L'approccio della Riquilificazione Fluviale in Ambito Urbano: Esperienze e Opportunità. In: *Anais do 4º Convegno Nazionale di Idraulica Urbana*, Veneza, Itália, junho 2011.
- HABIB, S.; KAMRAN, M.; RASHID, U. Impact analysis of vehicle-to-grid technology and charging strategies of electric vehicles on distribution networks – A review. *Journal of Power Sources*, v. 277, p. 205–214, mar. 2015.
- HADDAD, E. A. Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional. São Paulo, 2004. 207 p. (Tese de Livre Docência em Economia). Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo, 2004.
- Haddad, E., & Domingues, E. (2001). *Vista do EFES - um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004*. <https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/117675/115350>

- HAIRSTANS, R. (2014). Building offsite: an introduction. Edinburgh, Scotland: UK Commission for Employment and Skills (UKCES). Disponível em <https://www.napier.ac.uk/-/media/worktribe/output-173370/buildingoffsiteanintroductioncompressedpdf.ashx>. Acessado em 19/06/2022
- HANNAN, M. A. et al. Vehicle to grid connected technologies and charging strategies: Operation, control, issues and recommendations. *Journal of Cleaner Production*, v. 339, p. 130587, mar. 2022.
- HASSAN, H. F. Recycling of municipal solid waste incinerator ash in hot-mix asphalt concrete. *Construction and Building Materials*, v. 19, n. 2, p. 91-98, 2005.
- HEYWOOD, HUW, 2017. 101 regras básicas para edificações e cidades sustentáveis. São Paulo: Gustavo Gile, 2017.
- HORRIDGE, J. M.; MADDEN, J.; WITTWER, G. The Impact of the 2002-2003 Drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, v. 27, n. 3, 2005/4, p. 285-308, 2005.
- HORRIDGE, M, MADDEN, J & WITTWER, G 2005, 'The impact of the 2002–2003 drought in Australia', *Journal of Policy Modeling*, vol. 27, no. 3, pp. 285-308.
- HORRIDGE, M. The TERM model and its data base. Centre of Policy Studies - General Paper n. G-219. [S.l.], p. 21. 2011.
- Huang, Y., Tian, Z., Ke, Q., Liu, J., Irannezhad, M., Fan, D., ... & Sun, L. (2020). Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(3), e1421.
- HUERGO, Maria Carolina Cherchiglia. Diretrizes para inserção de práticas sustentáveis na melhoria da qualidade ambiental dos centros urbanos—Water Sensitive Urban Design: estudo de caso no município de Guaratuba. *Gestão Pública*, v. 6, n. 4, 2015.
- HUSSAIN, A. et al. Development of novel building composites based on hemp and multi-functional silica matrix. *Composites Part B: Engineering*, [S. l.], v. 156, n. May 2018, p. 266–273, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.08.093>

IAEA, 2007. International Atomic Energy Agency, MESSAGE – User Manual, Vienna, Austria

IAMC. (2022). *Model Documentation - BLUES - IAMC-Documentation*. Disponível em: https://www.iamcdocumentation.eu/index.php/Model_Documentation_-_BLUES. Acesso em março de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Nacionais – Brasil – 2015. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Projeções da população: Brasil e unidades da federação: revisão 2018 /IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2018a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Matriz de Insumo-Produto: Brasil, 2015. IBGE, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b.

IBGE, Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF: Microdados, (2021).

IEA (2014), *Technology Roadmap - A Guide to Development and Implementation*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-a-guide-to-development-and-implementation>

IEA – International Energy Agency, 2019. *Shared, automated and electric?* Disponível em: <https://www.iea.org/commentaries/shared-automated-and-electric>. Acesso em junho, 2022.

IEA - International Energy Agency, 2020. *Energy Technology Perspectives 2020*. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>. Acesso em junho, 2022.

IEA - International Energy Agency, 2021. *Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector*. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. Acesso em junho, 2022.

IEA. The Future of Hydrogen. Paris: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (IBF). Certificação florestal: qual é a sua função e por que eu preciso dela?. 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/certificacao-florestal>. Acesso em 27/06/22.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022. Change 2022: Mitigation of Climate Change. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Acesso em junho, 2022.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926

IRENA (2022), World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Available for download: www.irena.org/publications.

IRENA (2022), The Energy Progress Report 2022 - Tracking SDG7, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Available for download: www.irena.org/publications

- ISA. Unidade de conservação do Brasil. Disponível em: https://www.academia.edu/21702517/REQUALIFICA%C3%87%C3%83O_FLUVIAL_DO_RIO_S%C3%83O_PEDRO. Acesso em: jul. de 2022. JARDINE, J. G.; DISPATO, I.; PERES, M. R. Considerações sobre o bioetanol lignocelulósico para subsidiar a elaboração de conteúdo da árvore do conhecimento Agroenergia. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. 28 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 95). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/631725>.
- JAROSCH, C. et al. Modelling Decentralized Hydrogen Systems: Lessons Learned and Challenges from German Regions. *Energies*, v. 15, n. 4, p. 1322, 11 fev. 2022.
- JINILA, Y. et al. Cloud-based scheme for household garbage collection in urban areas. Em: *Advances in Big Data and Cloud Computing*. Springer, 2019. p. 539–546.
- JUAN-VALDÉS, Andrés et al. Mechanical and microstructural characterization of non-structural precast concrete made with recycled mixed ceramic aggregates from construction and demolition wastes. *Journal of Cleaner Production*, v. 180, p. 482-493, 2018.
- KAGAN, N. et al. Redes elétricas inteligentes no Brasil – Análise de custos e benefícios de um plano nacional de implantação. Rio de Janeiro: Synergia, 2013.
- KC, S., LUTZ, W. "The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100", *Global Environmental Change*, v. 42, p. 181–192, 2017. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004.
- KHAN, H. S. & SETU, S. (2022). Microplastic Ingestion by Fishes from Jamuna River, Bangladesh: 10.32526/enrj/20/202100164. *Environment and Natural Resources Journal*, 20(2), 157-167. Retrieved from <https://ph02.tcithaijo.org/index.php/enrj/article/view/245953>
- KIELING, A; SANTANA, G; SANTOS, M. Compósitos de madeira plástica: considerações gerais. *Scientia Amazonia*. v. 8, n.1, b1-b14, 2019

- KÖBERLE, A. Implementation of Land Use in an Energy System Model to Study the Long-Term Impacts of Bioenergy in Brazil and its Sensitivity to the Choice of Agricultural Greenhouse Gas Emission Factors. 2018. 135 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- KÖBERLE, A. C., GARAFFA, R., CUNHA, B. S., ROCHEDO, P., LUCENA, A. F., SZKLO, A., SCHAEFFER, R., 2018, “Are conventional energy megaprojects competitive? Suboptimal decisions related to cost overruns in Brazil”, Energy policy, v. 122, pp. 689–700.
- KÖBERLE, A. Implementation of Land Use in an Energy System Model to Study the Long-Term Impacts of Bioenergy in Brazil and its Sensitivity to the Choice of Agricultural Greenhouse Gas Emission Factors. 2018. 135 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- KUMAR, SANTOSH & THAKUR, NAGENDRA & SINGH, ASHISH & GUDADE, BHARAT & GHIMIRE, DEEPAK & DAS, SAURAV. Microbes-assisted phytoremediation of contaminated environment: Global status, progress, challenges, and future prospects. Livro: Phytoremediation Technology for the Removal of Heavy Metals and Other Contaminants from Soil and Water. pp.555-566, Elsevier, 2022.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. Eficiência energética na arquitetura. [3.ed.] Rio de Janeiro, 2014.
- Li, 2018. The occurrence, fate and effects of microplastics in the marine environment. Microplastic Contamination in Aquatic Environments, Elsevier (2018), pp. 133-173.
- LIKOTIKO, E. et al. Real time solid waste monitoring using cloud and sensors technologies. The Online Journal of Science and Technology-January, v. 8, n. 1, 2018.
- LOEB B., KOCKELMAN K., LIU J, 2018. Shared autonomous electric vehicle (SAEV) operations across the Austin, Texas network with charging infrastructure decisions. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.01.019>
- LOURENÇO, P. B. Dimensionamento de Alvenarias. Relatório 99-DEC/E-7, 1999.

- LUCENA, A., CLARKE, L., SCHAEFFER, R., SZKLO, A., ROCHEDO, P., NOGUEIRA, L., DAEBZER, K., GURGEL, A., KITOUS, A., KOBER, T, 2015, "Climate policy scenarios in Brazil: A multi-model comparison for energy", *Energy Economics*, 56, pp. 564-574. LUCENA,
- LUSCUERE, L, 2016a. *Materials Passports: Providing Insights in the Circularity of Materials, Products and Systems - Lars Luscuere. Sustainable Innovation. Anais...* p.176 179, 2016a. Eindhoven.
- LUSCUERE, L, 2016b. *Materials Passports: Optimising value recovery from materials.* ICE publishing, v. 170, n. 1, p. 1 4, 2016b.
- MACEDO, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O. ARAI, E.; ESPÍRITO-SANTO, F. B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland Expansion changes deforestation dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *PNAS*, vol. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2012.
- MACHADO, N.G.; SILVA, F. C. P.; BIUDES, M. S. Efeito das condições meteorológicas sobre o risco de incêndio e o número de queimadas urbanas e focos de calor em Cuiabá-MT, Brasil. *Ciência e Natura*, v. 36, n. 3, p. 459-469, set-dez. 2014. <https://doi.org/10.5902/2179460X11892>
- MAGALHÃES, A. S. *O comércio por vias internas e seu papel sobre crescimento e desigualdade regional no Brasil. 2009.* 135 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- MASSAR, M. et al, 2021: Impacts of autonomous vehicles on greenhouse gas emissions- positive or negative? Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18115567>
- MAXQDA. Guia de Introdução. Disponível em: <https://www.maxqda.com/download/GettingStarted-MAXQDA2022-pt.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

- MAZZIERO, F. F. F.; FIORELLI, M. M.; VITTI, D. M. C.; VENIZIANI JÚNIOR, J. C. T. mapeamento e disponibilização em ambiente web das ocorrências de queimadas urbanas: um estudo de caso no município de Jaú-SP. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 8, n. 2, 2019. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e22019344-360>
- MBOW, C., C. ROSENZWEIG, L.G. BARIONI, T.G. BENTON, M. HERRERO, M. KRISHNAPILLAI, E. LIWENGA, P. PRADHAN, M.G. RIVERA-FERRE, T. SAPKOTA, F.N. TUBIELLO, Y. Xu, 2019: Food Security. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Inventário nacional de gases de efeito estufa, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/06/dados-digitais-sobre-transporte-no-brasil-podem-auxiliar-na-elaboracao-do-inventario-nacional-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em junho de 2022.
- MCTI, 2017. Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono. Brasília, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_Sector esChave_do_Brasil.html.
- MEGHARAJ, M., VENKATESWARLU, K., & NAIDU, R. Bioremediation. Livro: *Encyclopedia of Toxicology*, n. 3, v. 1, pp. 485–489. Elsevier, 2014.

- MERSCHMANN, P. R. de C. Análise do Potencial Técnico e de Mercado de Uso Industrial de CO₂ de Destilarias de Etanol do Centro-Sul do Brasil. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/merschmannout.pdf>
- MIDDLESTADT, S., GRIESER, M., HERNANDEZ, O., TUBAISHAT, K., SANCHACK, J., SOUTHWELL, B., & SCHWARTZ, R. (2001). Turning minds on and faucets off: Water conservation education in Jordanian schools. *The Journal of Environmental Education*, 32(2), 37-45. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00958960109599136>
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC), ONU Meio Ambiente, 2017. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de gestão de resíduos / organizador Régis Rathmann.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC), 2017. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de óleo e gás natural.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNASA. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false. Acesso em: jul. de 2022.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.
- MISRA, D. et al. An IoT-based waste management system monitored by cloud. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 20, n. 3, p. 1574–1582, 2018.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente, 2018. RESOLUÇÃO N. 492, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2018.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Parques e Áreas Verdes. 2013. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/parques-e-%C3%A1reas-verdes.html#:~:text=As%20%C3%A1reas%20verdes%20urbanas%20s%C3%A3o,o%20equil%C3%ADbrio%20ambiental%20nas%20cidades.> Acesso em: 18/06/2022

MME – Ministério de Minas e Energia. MME reafirma o acerto da decisão do CNPE de manter o teor de biodiesel no diesel em 10% ao longo de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-reafirma-o-acerto-da-decisao-do-cnpe-de-manter-o-teor-de-biodiesel-no-diesel-em-10-ao-longo-de-2022>. Acesso em junho, 2022.

MOHAJERANI, A.; SUTER, D.; JEFFREY-BAILEY, T.; SONG, T.; ARULRAJAH, A.; HORPIBULSUK, S.; LAW, D. Recycling waste materials in geopolymer concrete. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v.31, n.3, p. 493-515, 2019.

MOLENA, Aline Cristiane; VIDOTTO, Alex Aparecido; GUERRA, Ariane. Produção de canudos biodegradáveis e comestíveis a base de pectina. 2019.

Morrow et al, 2013. Assessment of Energy Efficiency Improvement in the United States Petroleum Refining Industry.

MOURA, ADRIANA MARIA MAGALHÃES DE. Contribuição da certificação de florestas para o cumprimento da legislação florestal no Brasil. Capítulo 13. Contribuição da Certificação de Florestas para o Cumprimento da Legislação Florestal no Brasil. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9233/1/Contribui%C3%A7%C3%A3o%20da%20certifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.

MOYANO, L. F. C.; ARAUJO, R. G. Sistema de coleta inteligente e compactação automatizada do lixo: com estudo de caso Salvador/BA. *Seminário Estudantil de Produção Acadêmica*, v. 12, n. 1, 2013.

- MUNARO, M. R., TAVARES, S. F., 2018. O passaporte de materiais de construção: solução circular em edificações como banco de materiais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.
- MURALIKRISHNA and MANICKAM, 2017. Wastewater treatment technologies. Environmental Management, Elsevier Inc: Butterworth-Heinemann, Oxford, UK (2017), pp. 249-293.
- MURPHY F., C. EWINS, F. CARBONNIER, B. QUIN. 2016. Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. Environ. Sci. Technol., 50 (2016), pp. 5800-5808.
- MÜZEL, S. Estudo da usinagem dos compósitos plástico madeira e madeira plástica. 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
- NARZETTI, D. A., & MARQUES, R. C. (2020). Models of subsidies for water and sanitation services for vulnerable people in South American Countries: lessons for Brazil. Water, 12(7), 1976. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/7/1976>.
- NASA. Technology Readiness Level. Disponível em: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html>. Acesso em: 30 maio 2019.
- NEVES, Angela et al. A comprehensive review of industrial symbiosis. Journal of cleaner production, v. 247, p. 119113, 2020.
- NEVILLE, M. (2013) Tecnologia do concreto. J.J Brook; Tradução: Ruy Alberto Cremonini, 2. ed, Porto Alegre.
- NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration - Automated Vehicle Safety. Disponível em: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>

- NOEL, L. et al. Beyond emissions and economics: Rethinking the co-benefits of electric vehicles (EVs) and vehicle-to-grid (V2G). *Transport Policy*, v. 71, p. 130–137, nov. 2018.
- OICS. (2022). *Home - OICS*. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/>. Acesso em março de 2022.
- ONU. (2022). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em março de 2022
- ONU BRASIL. (2019). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2022. *Geração de Energia*. Disponível em: http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx
- ONSV – Observatório Nacional de Segurança Viária, 2015. 90% dos acidentes são causados por falhas humanas, alerta observatório. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/>. Acesso em junho, 2022.
- ONU – Organização das Nações Unidas, 2018. *World Urbanization Prospects*. Disponível em: <https://population.un.org/wup/country-profiles/>. Acesso em junho, 2022.
- OPDAL, O. HOJEM, J. Biofuels in ships. Disponível em: <http://www.zeroco2.no/zero/publikasjoner/biofuels-in-ships>. Acesso em junho de 2022.
- OSAKI, Mauro; BATALHA, Mario Otávio. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v. 13, n. 2, p. 227-242, 2011.

- OTIENO, M. O.; KABUBO, C. K.; GARIY, Z. A. A study of uncalcined termite clay soil as partial replacement in cement as a sustainable material for roofing tiles in low-cost housing schemes in Kenya. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2015.
- PARDINI, K. et al. IoT-based solid waste management solutions: a survey. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, v. 8, n. 1, p. 5, 2019.
- PARIKH, P. *Distribution system automation*. University of Western Ontario. 2009.
- PCS – Programa para Cidades Sustentáveis. (2022). Indicadores. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/indicadores>. Acesso em: 11/12/2022.
- PENG, M., L. LIU, and C. JIANG, 2012: A review on the economic dispatch and risk management of the large-scale plug-in electric vehicles (PHEVs)-penetrated power systems. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.009>.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. *Atlas brasileiro de energia solar*. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>
- PERRONI, C.; RUTHERFORD, T. F. Regular Flexibility of Nested CES Functions. *European Economic Review*, v. 39, n. 2, p. 335-343, 1995.
- PETER, M. W.; HORRIDGE, M.; MEAGHER, G. A.; PARMENTER, B. R. **The Theoretical Structure of Monash-MRF**. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, Impact Project: 121 p., 1996.
- PINHEIRO, MAITÊ BUENO. Aplicação da fitorremediação em função de tipologias de infraestrutura verde em microbacias urbanas da cidade de São Paulo. *Revista LABVERDE*, n. 10. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/98439/101422>. Acesso em: 27/06/2022.

- PINTO, S.; AMARAL, I.; AMORIM JUNIOR, N.; SANTANA, H.; CILLA, M.; DIAS, C.; RIBEIRO, D. Avanços tecnológicos em matrizes cimentícias. In: RIBEIRO, Daniel Vêras (org.). Princípios da ciência dos materiais cimentícios: produção, reações, aplicações e avanços tecnológicos. Curitiba: Appris, 2021. Cap. 4. p. 131-184.
- PORTZ, L. C. (2008). Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangrilá, litoral norte do Rio Grande do Sul. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências.
- PORTZ, L., ROCKETT, G. C., FRANCHINI, R. A. L., MANZOLLI, R. P., & GRUBER, N. L. S. (2014a). Gestão de dunas costeiras: o uso de sistema de informações geográficas (SIG) na implantação de planos de gestão no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 14(3), 517-534.
- PORTZ, L.C.; GRUBER, N.L.S.; STROHAECKER, T.; MANZOLLI, R.P. (2014b) - Iniciativas de manejo de dunas frontais como medida de controle de erosão no estado do Rio Grande do Sul. In: César Goso. (Org.). *Nuevas miradas a la problemática de los Ambientes Costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. 1 ed. Montevideo, p. 9-26.
- PRAMANIK B.K., F.A. RODDICK, L. FAN. 2015. Treatment of secondary effluent with biological activated carbon to reduce fouling of microfiltration membranes caused by algal organic matter from *Microcystis aeruginosa*. *J. Membr. Sci.*, 496 (2015), pp. 125-131
- PRAMANIK B.K., PRAMANIK S.K., MONIRA S. 2021. Understanding the fragmentation of microplastics into nano-plastics and removal of nano/microplastics from wastewater using membrane, air flotation and nano-ferrofluid processes. *Chemosphere*. Volume 282. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131053>.
- PREFEITURA DO BALNEÁRIO DE CAMBURU. 2019. Iniciaram os testes com aplicação de Nanobolhas no Rio Marambaia. https://www.bc.sc.gov.br/imprensa_detalhe.cfm?codigo=25564;

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O AMBIENTE (PNUD) 2021. Food Waste Index Report 2021 (Relatório do Índice de Desperdício Alimentar 2021). Nairobi.

PUBLIC HEALTH AGENCY OF CANADA. Biotope Area Factor. 2019. Disponível em: https://participatoryplanning.ca/sites/default/files/upload/document/tool/20191002_biotope_area_factor.pdf. Acesso em: 27/06/2022.

RAJOR, A. et al. An overview on characterization, utilization and leachate analysis of biomedical waste incinerator ash. *Journal of Environmental Management*, v. 108, p. 36–41, 2012.

RATHMANN, R. (org), 2017. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de edificações. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, Brasília, 2017.

RATHMANN, R. Opções transversais para mitigação de emissões de gases de efeito estufa: captura, transporte e armazenamento de carbono/organizador Régis Rathmann. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017, 318 p. (Opções de mitigação de emissões de gases de efeito estufa em setores-chave do Brasil) ISBN: 978-85-88063-36-5. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/arquivos/opcoes-de-mitigacao-de-emissoes-de-gee-em-setores-chave/opcoes-transversais-para-mitigacao-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-captura-transporte-e-armazenamento-de-carbono.pdf>

RATHMANN, R. et al. Relatório de avaliação de necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil: mitigação. 1. ed. Brasília: Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2021.

RIAH K, VAN VUUREN DP, KRIEGLER E, EDMONDS J, O'NEILL BC, FUJIMORI S, et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Glob Environ Chang* 2017; 42:153-68. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

- RIVEROS-GODOY, G. A.; CAVALIERO, C.; SILVA, E. Analysis of electrolytic hydrogen production models and distribution modes for public urban transport: study case in Foz do Iguacu, Brazil. *International Journal of Energy Research*, v. 37, n. 10, p. 1142–1150, ago. 2013.
- ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050/coordenado por Gonzalo Visedo e Marcelo Pecchio. Rio de Janeiro: SNIC, 2019 64 p.
- ROBERTO SIMÕES MOREIRA, J., 2021. *Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética*. 2nd ed. LTC, p.520.
- ROCHEDO, P. R. R., SOARES-FILHO, B., SCHAEFFER, R., et“al. “*The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil*”, *Nature Climate Change*, v. 8, n. 8, p. 695–698, 9 ago. 2018. doi: 10.1038/s41558-018-0213-y. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y>.
- ROCHEDO, P. "Development of a global integrated energy model to evaluate the Brazilian role in climate change mitigation scenarios", v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2016.
- RODRÍGUEZ, Carlos et al. The incorporation of construction and demolition wastes as recycled mixed aggregates in non-structural concrete precast pieces. *Journal of Cleaner Production*, v. 127, p. 152-161, 2016.
- RUIZ-ROMERO, S. et al. Integration of distributed generation in the power distribution network: The need for smart grid control systems, communication and equipment for a smart city – Use cases. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38, 223-234, 2014.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. [S.l: s.n.], 2012. v. 175.
- SABESP, 2021. [online] Site. sabesp.com.br. Available at: https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/Folhetos/2021/AF_WEB_FOLHETO_RECICLAGEM%20DE%20OLEO_280x210mm_ABRIL2021.pdf> [Accessed 7 July 2022].

- SALZBERG, B. (2014). *An Introduction to Data Base Design*. Publisher Academic Press.
- SANTAMOURIS, M., & Kolokotsa, D. (2016). Urban climate mitigation techniques. Routledge.
- SARVAN, E. 2007. Life in the City: Innovative solutions for Europe's urban environment. Environment Directorate-General. Bruxelas. (2007)
- SCRIVENER, Karen et al. Calcined clay limestone cements (LC3). Cement and Concrete Research, v. 114, p. 49-56, 2018.
- SCUSSEL, CRISTIANE. Recuperação ambiental das dunas frontais de um trecho da Praia de Morro dos Conventos, Araranguá (SC). Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). CRICIÚMA, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/1167>. Acessado em: 27/06/2022.
- SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2022. Disponível em: <http://seeg.eco.br/>. Acesso em junho, 2022.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE, GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO – SEMAS/PE. Plano de Descarbonização de Pernambuco. Recife: SEMAS/PE, 2022. Disponível em: https://semas.pe.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/2022_03_16__plano_descarbonizacao_pernambuco-v7.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.
- SENG, B.; MAGNIONT, C.; LORENTE, S. Characterization of a precast hemp concrete. Part I: Physical and thermal properties. Journal of Building Engineering, [S. l.], v. 24, n. July 2018, p. 100540, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.07.016>
- SHAH, S. S. A.; KHAN, R. Re-Use of Hospital Plastic Waste in Asphalt Mixes as Partial Replacement of Coarse Aggregate. Open Journal of Civil Engineering, v. 6, n. 3, p. 381–387, 25 abr. 2016.

- SILVA, L. Avaliação de ciclo de vida de concretos com substituição parcial de cimento por cinzas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- SILVA, M. R. Modelação e análise da vida útil (metrológica) de medidores tipo indução de energia elétrica ativa. 2010. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2010.
- SILVA, F. de P. F. et al. 2022. Inter-sectoral prioritization of climate technologies: insights from a Technology Needs Assessment for mitigation in Brazil. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* (2022) 27:48. <https://doi.org/10.1007/s11027-022-10025-6>.
- SILVÉRIO, C. Oportunidades e refinaria desafios para a implantação de minis de petróleo como alternativa de suprimento da demanda futura de combustíveis no Brasil. Programa de Planejamento Energético, p. 153, 2018. Acessível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/cansilverio.pdf>.
- SIQUEIRA, T, et al. Bio-concretes and GHG emissions reduction: what the scientific literature says?
- SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050 / coordenado por Gonzalo Visado e Marcelo Pecchio. Rio de Janeiro: SNIC, 2019 64 p.
- SOLOMON, F.; EKOLU, S. Strength behavior of clay-cement concrete and quality implications for low-cost construction materials. *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting III*, 2012.
- STANCHI, Silvia et al. Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review. *Quaternary International*, v. 265, p. 90-100, 2012.

- STEPHENS, T S, J GONDER, Y CHEN, Z LIN, C LIU, and D GOHLKE. 2016. Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of Connected and Automated Vehicles. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67216.pdf>.
- SUS – Sistema Único de Saúde. DATASUS, Tecnologia da Informação a Serviço do SUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defctohtm.exe?sim/cnv/ext10br.def>. Acesso em junho, 2022
- TAIEBAT M., BROWN A. L., SAFFORD H.R., QU S., XU M., 2018. A Review on Energy, Environmental, and Sustainability Implications of Connected and Automated Vehicles. DOI: 10.1021/acs.est.8b00127
- TALVITIE J, M. HEINONEN, J.P. PAAKKONEN, E. VAHTERA, A. MIKOLA, O. SETALA, R. VAHALA, 2015. Do wastewater treatment plants act as a potential point source of microplastics? Preliminary study in the coastal Gulf of Finland, Baltic Sea Water Sci. Technol., 72 (2015), pp. 1495-1504
- TAN, K. M.; RAMACHANDARAMURTHY, V. K.; YONG, J. Y. Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 53, p. 720–732, jan. 2016.
- TATEK TEMESGEN, THI THUY BUI, MOOYOUNG HAN, TSCHUNG-il KIM, HYUNJU PARK, Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. Advances in Colloid and Interface Science, Volume 246, 2017, Pages 40-51, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.06.011>.
- TEOTÔNIO, Marcelo Henrique Ramos. Presença de microplásticos em água de torneira no Plano Piloto uma região administrativa de Brasília. 2020.
- THOMPSON, R. R., COE, A., KLAVER, I., & DICKSON, K. (2011). Design and implementation of a research-informed water conservation education program. Applied Environmental Education & Communication, 10(2), 91-104. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1533015X.2011.575728>

- TINOCO, M.P., DE MENDONÇA, É.M., FERNANDEZ, L.I.C., CALDAS, L.R., REALES, O.A.M., TOLEDO FILHO, R.D., 2022. Life cycle assessment (LCA) and environmental sustainability of cementitious materials for 3D concrete printing: A systematic literature review. *J. Build. Eng.* 52, 104456. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104456>.
- TSAI, J. C.; KUMAR, M.; CHEN, S.; LIN, J – Gnano-bubble flotation technology with coagulation process for the cost-effective treatment of chemical mechanical polishing wastewater. *Separation and Purification Technology*, v.58, p. 61-67, 2007.
- TSAKALIDIS A., JULEA A. and THIEL C., 2019. The Role of Infrastructure for Electric Passenger Car Uptake in Europe. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en12224348>
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gestão integrada das águas urbanas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2008.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Fuel Cells. 2020. Disponível em: Fuel Cells. Acesso em: 20 set. 2020.
- UNECE - The United Nations Economic Commission for Europe, 2022. Revised Framework document on automated/autonomous vehicles. Disponível em: <https://unece.org/automated-driving>. Acesso em junho, 2022.
- UNEP, U. N. E. P. Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi: [s. n.], 2021. E-book.
- UNFCCC. Nationally Determined Contributions Registry. NDC Registry. United Nations Climate Change. Disponível em: <https://unfccc.int/NDCREG>. Acesso em setembro, 2022.
- UNICA, 2014, Histórico de produção e moagem. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). Manual de Compras e Contratações Sustentáveis da UFSC. Projeto de Inclusão de Critérios Ambientais nas Compras e Contratações da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2015. Disponível em: <https://comprassustentaveis.ufsc.br/files/2015/07/ManualCS.13.08.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.
- VAN DAMME, H.; HOUBEN, H. Earth Concrete. Stabilization revisited. Cement and Concrete Research, 2018.
- VASCONCELLOS, M. C.; PAGLIUSO, D.; SOTOMAIOR, V. S. Fitorremediação: uma proposta de descontaminação do solo. Estudos Biológicos. v. 34, n. 83, p. 261-7, 2012. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/Estudosdebiologia/2012/vol34/no83/16.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.
- VÁSQUEZ-ARROYO, E. M, 2018. Incorporação Do Nexo Energia-Água Em Um Modelo De Otimização Da Expansão Do Sistema Energético Brasileiro. 2018. 232. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2004.04.028>
- VERÓL, Aline Pires. Requalificação fluvial integrada ao manejo de águas urbanas para cidades mais resilientes. 2013. 367f. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- VERÓL, Aline Pires; DE OLIVEIRA, Antonio Krishnamurti Beleño; AMBACK, Beatriz Cruz. Aplicação do Índice de Requalificação Fluvial Urbana para Verificação de Intervenções de Controle de Inundações na Bacia dos Rios Pilar-Calombé, RJ. *Rev. Nac. Gerenc. Cid*, v. 8, p. 17, 2020.
- VISEDO, G.; PECCHIO, M. Roadmap Tecnológico do Cimento. [S. l.], 2019.
- Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., & Zhao, J. H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2009.06.021>

WBCSD, 2021. Digitalization of the built environment. Towards a more sustainable construction sector. Disponível em: <<https://www.wbcd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Sustainable-Cities/Transforming-the-Built-Environment/Digitalization#:~:text=Digitalization%20will%20disrupt%20the%20construction%20sector%20by%20changing,control%20over%20the%20environmental%20conditions%20of%20their%20buildings.>> Acesso em 13 jun. 2022.

WEBB, J., J. WHITEHEAD, and C. WILSON, 2019. Who Will Fuel Your Electric Vehicle in the Future? You or Your Utility? Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816835-6.00018-8>

WEBER, M.; LUČIĆ, D.; LOVREK, I. Internet of Things context of the smart city. 2017 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST). IEEE, 2017.

WEIS, A., P. JARAMILLO, and J. MICHALEK, 2014: Estimating the potential of controlled plug-in hybrid electric vehicle charging to reduce operational and capacity expansion costs for electric power systems with high wind penetration. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.017>.

WHO, World Health Organization, 2022. Road traffic injuries. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>. Acesso em junho, 2022.

XUE, Y. et al. Utilization of municipal solid waste incineration ash in stone mastic asphalt mixture: Pavement performance and environmental impact. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 2, p. 989–996, 2009.

YAAKOB, Z., MOHAMMAD, M., ALHERBAWI, M., ALAM, Z., & SOPIAN, K. Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 18, p. 184-193, 2013.

YAN, A., WANG, Y., TAN, S. N., MOHD YUSOF, M. L., GHOSH, S., & CHEN, Z. Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11. 2020.

ZANONI, PRS et al. Produção de etanol: uma opção para aproveitamento de resíduos gerados nas indústrias de reciclagem de papel. *Embrapa Florestas-Docmentos (INFOTECA-E)*, 2015.

APÊNDICE A: SOLUÇÕES DO OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS POR ÁREA TEMÁTICA (DATA-BASE: 01/01/2023)

| Área temática | Soluções | |
|---------------------|----------|--|
| Ambiente Construído | 1 | Biomateriais de construção: Bioconcretos, bioargamassas e compósitos com fibras vegetais |
| | 2 | Construção tradicional e contemporânea com terra crua |
| | 3 | Resíduos da construção e demolição (RCD) para uso estrutural |
| | 4 | Resíduos da construção e demolição (RCD) para uso não estrutural |
| | 5 | Material cimentício de baixo impacto ambiental: Argila calcinada com filler calcário |
| | 6 | Material cimentício de baixo impacto ambiental: Ligantes álcali-ativados |
| | 7 | Materiais cimentícios suplementares: Resíduos agroindustriais e cerâmicos |
| | 8 | Emprego de materiais de mudança de fase nas construções |
| | 9 | Madeira plástica sustentável |
| | 10 | Steel Frame |
| | 11 | Construção Off-site |
| | 12 | Impressão 3D |
| | 13 | Projetos de edificações com estratégias bioclimáticas |
| | 14 | Projetos de edificações com desconstrução |
| | 15 | Projetos flexíveis para renovação da edificação |
| | 16 | Mecanismos de informações da construção civil: Passaporte de materiais |
| | 17 | Avaliação computacional termoenergética de edificações |
| | 18 | Ferramentas de digitalização da construção |
| | 19 | Sistema estrutural: Wood Frame |
| | 20 | Madeira Engenheirada |
| | 21 | Modelos de desenhos técnicos de projetos arquitetônicos para habitação de interesse social |
| | 22 | Cidade compacta: Quarteirão fechado |
| | 23 | Estruturas em bambu para coleta da água atmosférica |
| | 24 | Metodologia de planejamento baseado no metabolismo circular |
| | 25 | Geoparques: Centros de interpretação territorial |
| | 26 | Mobiliário urbano em Bambu Laminado Colado |
| | 27 | Telhas ecológicas em papel reciclado |
| | 28 | Telhado verde para edificações |
| | 29 | Ecovila em áreas urbanas |
| | 30 | Plastic Road: Pavimentação urbana |
| | 31 | Tec Garden: Sistema de Irrigação por capilaridade |
| | 32 | Mercados públicos |
| | 33 | Etiquetagem de edificações: PBE Edifica |
| | 34 | Deck ecológico em bambu |
| | 35 | Construção com Pré-fabricados Cerâmicos |
| | 36 | Revitalização de espaços degradados |
| | 37 | Escadas Drenantes |
| | 38 | Intervenção urbana em áreas de ocupação espontânea |
| | 39 | Design biofílico de edificações |
| | 40 | IPTU Verde |

| Área temática | Soluções | |
|---------------|----------|--|
| | 41 | Estratégia bioclimática: Sistemas de resfriamento natural |
| | 42 | Sistema construtivo de laje leve |
| | 43 | Concreto de baixo impacto ambiental |
| | 44 | Modelagem da Informação da Construção |
| | 45 | Retrofit: Técnicas e processos de revitalização de edificações para adequação a padrões de sustentabilidade |
| | 46 | Concreto carbonado |
| | 47 | Vidros Low-e |
| | 48 | Casas Modulares |
| | 49 | Sistemas Construtivos em Contêiner reutilizados |
| | 50 | Sistemas construtivos com painel SIP (Structural Insulated Panel) |
| | 51 | Acupuntura Urbana: Revitalização de espaços urbanos degradados |
| | 52 | Banheiro público com sistema de reaproveitamento de água e gramíneas na cobertura |
| | 53 | Academias ao ar livre |
| | 54 | Revestimento para melhoria da qualidade do ar em edificações |
| | 55 | Projetos luminotécnicos |
| | 56 | Pavimentos Permeáveis |
| | 57 | Sistemas Construtivos em Bambu |
| | 58 | Filtro biotecnológico para melhoria da qualidade do ar nas cidades |
| | 59 | Sistema de resfriamento de espaços públicos via evaporação da água |
| | 60 | Telhas recicladas de argila para resfriamento natural |
| | 61 | Avaliação do desempenho ambiental de produtos da construção civil |
| | 62 | Certificação LEED |
| | 63 | Novos métodos de planejamento urbano: Placemaking |
| | 64 | Telhados verdes para ônibus urbanos |
| Energia | 65 | Aquecimento da água com energia solar em edificações |
| | 66 | Microrrefinaria de biodiesel a partir de óleo de cozinha |
| | 67 | Captura e utilização de carbono da produção de etanol na indústria de alimentos |
| | 68 | Produção descentralizada de hidrogênio |
| | 69 | Integração de veículos elétricos ao grid |
| | 70 | Aproveitamento de biometano em unidades de refino de petróleo |
| | 71 | Fogões solares com armazenamento de energia |
| | 72 | Auditorias energéticas para instalações industriais e edificações públicas, comerciais e de serviços |
| | 73 | Mecanismos de capacitação e comunicação para redução do desperdício de energia |
| | 74 | Mecanismos de política pública para descarbonização da economia: Limite e comércio de emissões |
| | 75 | Eficientização da iluminação pública: LED e Iluminação Adaptativa |
| | 76 | Produção de biocombustíveis avançados em áreas urbanas e periurbanas |
| | 77 | Mecanismos de incentivo à geração solar fotovoltaica distribuída |
| | 78 | Micro e minigeração distribuída com sistemas híbridos |
| | 79 | Ciclovias geradoras de energia elétrica |
| | 80 | Sistema de monitoramento para plantas de microgeração distribuída |
| | 81 | Geração de energia solar fotovoltaica em lagos, lagoas ou reservatórios de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) |
| | 82 | Plano Municipal de Gestão da Energia Elétrica |

| Área temática | Soluções | |
|-------------------------------|--------------------------------|---|
| | 83 | Redes elétricas inteligentes (Smart Grids) |
| | 84 | Micro e minigeração distribuída a biomassa |
| | 85 | Mecanismos de política pública para descarbonização da economia: Imposto de emissões |
| | 86 | Reaproveitamento do calor de Data Centers |
| | 87 | Tecnologias de comercialização de energia renovável: Blockchain e Internet of Things (IoT) em microrredes |
| | 88 | Armazenamento de energia em sistemas de geração distribuída com baterias |
| | 89 | Geração de energia solar fotovoltaica com armazenamento de energia |
| | 90 | Equipamentos para eliminação de consumo stand-by (modo de espera) |
| | 91 | Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) e Alternativas de Tarifação Energética |
| | 92 | Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) |
| | 93 | Telegestão de iluminação pública |
| | 94 | Micro e minigeração distribuída de energia eólica por vibração |
| | 95 | Microgeração hidrelétrica: Turbina parafuso (Hydroscrew) |
| | 96 | Geração com Energia das Ondas |
| | 97 | Geração com Energia das Marés |
| | 98 | Serviço de energia solar por assinatura |
| | 99 | Persianas Inteligentes |
| | 100 | Cotas obrigatórias de energia renovável |
| | 101 | Telhados solares com armazenamento de energia |
| | 102 | Ferramenta de apoio ao gerenciamento energético |
| | 103 | Micro e minigeração distribuída de energia eólica |
| | 104 | Geração de energia hidrocínética |
| | 105 | Geração de energia dos passos de pedestres |
| | 106 | Biodigestor doméstico |
| | 107 | Projeto de eficiência energética em complexos industriais |
| Soluções Baseadas na Natureza | 108 | Biorremediação de áreas urbanas contaminadas |
| | 109 | Fitorremediação em solo e água de áreas urbanas contaminadas |
| | 110 | Plano de manejo de dunas frontais e áreas adjacentes |
| | 111 | Mecanismos de gestão de risco de inundação e deslizamentos: Zonas de gestão e centros de monitoramento |
| | 112 | Índice de Cobertura Vegetal Urbana |
| | 113 | Compras públicas sustentáveis: Certificados de Origem Florestal |
| | 114 | Plano de prevenção, monitoramento e controle de queimadas em áreas urbanas e periurbanas |
| | 115 | Mecanismos de capacitação e comunicação em Soluções baseadas na Natureza |
| | 116 | Recuperação florestal e ecológica de áreas degradadas |
| | 117 | Agricultura urbana |
| | 118 | Transformação de áreas de mineração desativadas e abandonadas em Parques Urbanos |
| | 119 | Hortas comunitárias urbanas |
| | 120 | Alagados construídos |
| | 121 | Bacia de detenção naturalizada |
| | 122 | Cidade Biofílica |
| | 123 | Cidade-Esponja |
| 124 | Corredores ecológicos e verdes | |

| Área temática | Soluções | |
|------------------|---|---|
| | 125 | Eco-bairro |
| | 126 | Ecoduto: Viaduto ecológico |
| | 127 | Ecosistemas verticais |
| | 128 | Estações Ecológicas de Tratamento de Esgoto |
| | 129 | Conservação e criação de florestas urbanas |
| | 130 | Parques urbanos e periurbanos |
| | 131 | Ilhas filtrantes flutuantes artificiais |
| | 132 | Jardim de chuva |
| | 133 | Jardim de mel |
| | 134 | Jardim vertical |
| | 135 | Jardins filtrantes para recuperar margens de rios |
| | 136 | Conservação e recuperação de ecossistemas costeiros e estuarinos |
| | 137 | Sistema multifuncional de recuperação de bacia hidrográfica |
| | 138 | Reflorestamento de encostas |
| | 139 | Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas |
| | 140 | Renaturalização de rios urbanos |
| | 141 | Restauração e proteção de nascentes em áreas urbanas e periurbanas |
| | 142 | Restauração de recifes de corais |
| | 143 | Ruas verdes |
| | 144 | Sistema urbano de drenagem sustentável |
| 145 | Tanque de evapotranspiração | |
| 146 | Aquatória | |
| 147 | Restauração ecológica de lixão em parques multifuncionais | |
| 148 | Jardim urbano de clima semiárido | |
| 149 | Folha biosolar | |
| 150 | Sistema integrado urbano e periurbano de proteção de mananciais | |
| Resíduos Sólidos | 151 | Mecanismos de capacitação e comunicação para redução do desperdício alimentar |
| | 152 | Aterros sanitários para municípios de pequeno porte: Método de trincheiras |
| | 153 | Automação dos sistemas de coleta e transporte de resíduos sólidos |
| | 154 | Reaproveitamento de resíduos sólidos na fabricação de pavimentos urbanos |
| | 155 | Reaproveitamento de lodo da indústria de papel e celulose para produção de etanol |
| | 156 | Mecanismos de promoção ao reaproveitamento de resíduos: Simbiose industrial |
| | 157 | Reaproveitamento de cacos na produção de vidro |
| | 158 | Degradação de biogás de aterro sanitário com flare |
| | 159 | Gasificação de resíduos sólidos por plasma |
| | 160 | Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos em regiões metropolitanas |
| | 161 | Aproveitamento energético do biogás com biodigestores |
| | 162 | Técnicas para conservação de alimentos |
| | 163 | Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros |
| | 164 | Tijolos de plástico reciclado |
| | 165 | Logística reversa de embalagens pós-consumo |
| | 166 | Embalagens em refil |
| | 167 | Coleta e tratamento de resíduos sólidos por cooperativas de catadores de materiais recicláveis |

| Área temática | Soluções | |
|---------------|--|---|
| | 168 | Mecanismos de difusão do conhecimento sobre resíduos |
| | 169 | Compostagem de resíduos orgânicos |
| | 170 | Ferramentas de gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos |
| | 171 | Aplicativos de coleta e destinação adequada de resíduos recicláveis |
| | 172 | Ações pelo lado da demanda para redução na geração de resíduos |
| | 173 | Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos |
| | 174 | Mecanismo de incentivo à circularidade de produtos têxteis |
| | 175 | Aproveitamento de resíduos para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis |
| | 176 | Técnicas de coleta e reutilização de resíduos plásticos de rios, lagos e lagoas costeiras |
| | 177 | Mecanismo de parceria para gestão de resíduos sólidos |
| | 178 | Recuperação de resíduos eletroeletrônicos |
| | 179 | Tratamento do óleo residual de cozinha para produção de biodiesel |
| | 180 | Embalagens de biopolímeros |
| | Saneamento | 181 |
| 182 | | Recuperação e tratamento de resíduos têxteis |
| 183 | | Remoção de microplásticos da água: Filtração por tecidos empilháveis |
| 184 | | Remoção de microplásticos da água: Flotação por ar |
| 185 | | Mecanismos de capacitação em saneamento: Programa de Educação Ambiental |
| 186 | | Removedor telescópico de lodo em Estação de Tratamento de Água e Esgoto |
| 187 | | Tratamento da água com nanobolhas |
| 188 | | Tarifa social de água e esgoto |
| 189 | | Técnicas de gestão integrada da água |
| 190 | | Requalificação fluvial urbana |
| 191 | | Desinfecção da água por raios ultravioleta |
| 192 | | Sistemas alternativos para tratamento descentralizado de efluentes |
| 193 | | Biorreatores com membranas submersas para tratamento e reuso da água |
| 194 | | Filtração lenta em múltiplas etapas |
| 195 | | Técnicas de dessalinização para aproveitamento de água salobra |
| 196 | | Produção local de hipoclorito de sódio para desinfecção de água |
| 197 | | Índice de qualidade para água |
| 198 | | Micro-estações de tratamento biológico e aproveitamento energético do esgoto |
| 199 | | Técnicas de controle de odor de efluentes de esgoto |
| 200 | | Sistemas inovadores de reuso da água |
| 201 | | Remoção de lixo em sistemas de drenagem: Ecobarreiras |
| 202 | | Monitoramento da qualidade da água |
| 203 | | Automação aplicada à sistemas de abastecimento de água |
| 204 | | Técnicas compensatórias de drenagem urbana |
| 205 | | Cobrança pelos sistemas de drenagem urbana |
| 206 | | Utilização de zeólite para tratamento de água em edificações |
| 207 | Banheiro seco | |
| 208 | Chuveiro elétrico de água atomizada | |
| 209 | Sistemas de reaproveitamento de águas pluviais | |
| 210 | Tratamento da água por processo oxidativo avançado | |

| Área temática | Soluções | |
|---------------|----------|--|
| | 211 | Monitoramento ambiental para manejo de águas pluviais |
| | 212 | Sistemas descentralizados de abastecimento, tratamento e reuso de água |
| | 213 | Extração de água da umidade do ar por destilação |
| | 214 | Biotratamento de efluentes, esgoto e águas cinzas industriais |
| | 215 | Descontaminação de águas a partir de microorganismos |
| | 216 | Conversor de umidade do ar em água potável |
| | 217 | Monitoramento de eficiência hídrica em Unidades de Saúde |
| | 218 | Reutilização da água cinza de máquinas de lavar roupas |
| | 219 | Sistema de sanitário a vácuo |
| | 220 | Chuveiro de água recirculante |
| | 221 | Sistemas de tratamento de água por filtração direta |
| | 222 | Remoção de microplásticos da água: Separação por membranas |
| | 223 | Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido |
| | 224 | Manejo de águas pluviais: Parques lineares |
| | 225 | Remoção de fósforo e nitrogênio em efluentes |
| | 226 | Sistema de gestão e monitoramento em redes de distribuição de água |
| | 227 | Sistema de uso racional da água no vaso sanitário |
| | 228 | Piscina com sistema de filtragem de água para rios urbanos |
| | 229 | Metodologia para recuperação ambiental de córregos urbanos |
| | 230 | Veículos híbridos flex e híbridos plug-in |
| | 231 | Veículos elétricos à célula combustível a hidrogênio verde |
| | 232 | Veículos elétricos à célula combustível a etanol |
| | 233 | Veículos autônomos |
| | 234 | Estações urbanas de recarga inteligente para veículos elétricos |
| | 235 | Embarcações urbanas movidas a biodiesel |
| | 236 | Mecanismos de capacitação e comunicação para Mobilidade Urbana Sustentável |
| | 237 | Mecanismos locais de incentivo à eletromobilidade |
| | 238 | Ônibus urbano à biometano |
| | 239 | Método de Avaliação de Ruas |
| | 240 | Modelo de Ruas Integrais |
| | 241 | Medidas de acalmamento do trânsito |
| | 242 | Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação |
| | 243 | Tarifa zero no transporte público |
| | 244 | Sistema comunitário de bicicletas compartilhadas |
| | 245 | Ciclogística inteligente |
| | 246 | Ônibus elétrico no transporte de passageiros |
| | 247 | Sistema de compartilhamento de bicicletas sem estação |
| | 248 | Sistema de aluguel de patinetes elétricas |
| | 249 | Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) |
| | 250 | Ação comunitária: Mobilidade pró-pedestre |
| | 251 | Planejamento e implementação de política cicloviária |
| | 252 | Sistema de compartilhamento de bicicletas com estação |
| | 253 | Fechamento temporário de ruas ao transporte motorizado |
| | 254 | Ciclotáxis |
| | 255 | Zona livre de carros |
| | 256 | Serviço de transporte coletivo por aplicativo |
| | 257 | Pontes exclusivas para pedestres e ciclistas |

| Área temática | Soluções | |
|---------------|----------|---|
| | 258 | Cruzamentos favoráveis a pedestres e ciclistas |
| | 259 | Sistema de compartilhamento de carros elétricos |
| | 260 | Metodologia para pesquisa de origem e destino |
| | 261 | Teleférico urbano |
| | 262 | Passeio urbano exclusivo para pedestre |
| | 263 | Ônibus social comunitário |
| | 264 | Sistema Tronco-Alimentador de Transporte Público Coletivo |
| | 265 | Bicicletário de grande capacidade |
| | 266 | Frota corporativa com sistema de recarga de veículos elétricos |
| | 267 | Eletrificação de ruas e avenidas |
| | 268 | MagLev: Veículo Urbano de Levitação Magnética |
| | 269 | Embarcação elétrica solar fotovoltaica |
| | 270 | Implementação de grupos de caminhada utilitária para escola |
| | 271 | Produção e distribuição gratuita de bicicletas |
| | 272 | Dia sem automóvel |
| | 273 | Regulação de estacionamento no nível municipal |
| | 274 | Ônibus elétricos a célula combustível a hidrogênio |
| | 275 | Rodovia intrarregional para circulação exclusiva de bicicletas |
| | 276 | Eletropostos de recarga de veículos elétricos |
| | 277 | Triciclo movido à propulsão humana |
| | 278 | Triciclo elétrico para transporte de cargas |
| | 279 | Micromobilidade urbana por motos ou scooters elétricas |
| | 280 | Plano de Mobilidade Urbana Sustentável |
| | 281 | Bicicletas elétricas |
| | 282 | Mobilidade Sustentável Corporativa |
| | 283 | Mecanismos de acesso à informação de mobilidade coletiva |
| | 284 | Pedágio urbano |
| | 285 | Cadeiras de roda anfíbias |
| | 286 | Aplicativo para mobilidade assistida |
| | 287 | Elementos adjacentes ao transporte coletivo: Pontos de ônibus |
| | 288 | Tecnologia mobile para situações emergenciais e segurança colaborativa |
| | 289 | Bicicleta elétrica dobrável com sistema de pedal assistido |
| | 290 | Trem solar |
| | 291 | Serviço de transporte de cargas por aplicativo |
| | 292 | Veículos adaptados para pessoas com dificuldade de locomoção ou mobilidade reduzida |
| | 293 | Transporte coletivo autônomo |
| | 294 | Equipamentos para acessibilidade e inclusão social: Sombreiro portátil |
| | 295 | Carros elétricos para duas pessoas |

APÊNDICE B: COMPATIBILIZAÇÃO DE ÁREAS TEMÁTICAS, ÁREAS DE INTERVENÇÃO E SETORES ECONÔMICOS DE APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES DO OICS

| Área temática | Área de intervenção da solução | Setores econômicos correspondentes |
|----------------------|---|---|
| Ambiente Construído | Materiais construtivos | Extração de minério de ferro; Ferro-gusa e ferroligas; Cimento |
| | Sistemas e tecnologias construtivos | Extração de minério de ferro; Ferro-gusa e ferroligas; Cimento; Construção |
| | Estratégias de projeto de edifícios e desenho urbano | Construção; Comércio; Alimentação; Alojamento; Educação pública e privada; Saúde pública e privada; Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| | Metodologias e ferramentas de projeto e avaliação | Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| Mobilidade | Eletromobilidade | Energia elétrica; Transporte terrestre; Transporte aquaviário |
| | Sistemas de compartilhamento de transporte | Energia elétrica; Transporte terrestre; Transporte aquaviário; Transporte aquático; Desenvolvimento de sistemas; Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos de mobilidade urbana sustentável | Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| | Tecnologias inovadoras de mobilidade urbana | Transporte terrestre; Transporte aquaviário; Transporte aquático; Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação |
| | Infraestrutura sustentável de mobilidade | Construção; Transporte terrestre; Transporte aquaviário |
| | Veículos movidos a biocombustíveis | Transporte terrestre; Transporte aquaviário; Fabricação de biocombustíveis |
| Energia | Geração elétrica renovável ou distribuída | Energia elétrica |
| | Sistemas de eletricidade inteligente e inovadores | Energia elétrica; Água, esgoto e gestão de resíduos |
| | Armazenamento de energia | Energia elétrica; Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| | Projetos, mecanismos e ferramentas de gestão energética | Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |

| Área temática | Área de intervenção da solução | Setores econômicos correspondentes |
|-------------------------------|---|--|
| | Produção de biocombustíveis e captura de carbono | Fabricação de biocombustíveis |
| Resíduos Sólidos | Aproveitamento energético de resíduos | Refino de petróleo e coqueiras; Energia elétrica, gás natural e outras utilidades; Água, esgoto e gestão de resíduos |
| | Técnicas convencionais de coleta, tratamento ou disposição de resíduos sólidos | Água, esgoto e gestão de resíduos; Construção; Transporte terrestre; Transporte aquaviário; Transporte aéreo |
| | Reciclagem, reaproveitamento e reuso de resíduos | Fabricação de produtos têxteis; Água, esgoto e gestão de resíduos; Construção; Alimentação |
| | Métodos, ferramentas, gestão da demanda e outros mecanismos de gestão sustentável de resíduos | Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| | Tecnologias ou processos inovadores de mitigação da disposição de resíduos sólidos | Água, esgoto e gestão de resíduos; Transporte terrestre; Transporte aquaviário; Transporte aéreo |
| Saneamento | Tecnologias promotoras da eficiência no consumo de água em edificações | Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos; Água, esgoto e gestão de resíduos |
| | Processos, sistemas e técnicas convencionais de tratamento e reuso de águas | Água, esgoto e gestão de resíduos; Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |
| | Técnicas inovadoras de abastecimento, tratamento, reaproveitamento e reuso da água | Fabricação de produtos têxteis; Fabricação de produtos de borracha e de material plástico; Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos; Água, esgoto e gestão de resíduos |
| | Métodos, ferramentas, mecanismos e processos de gestão aplicados à cadeia de saneamento e abastecimento | Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas; Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos; Água, esgoto e gestão de resíduos |
| | Técnicas de remoção de plástico da água | Fabricação de produtos de borracha e de material plástico; Água, esgoto e gestão de resíduos |
| Soluções baseadas na Natureza | Técnicas e processos aplicados à produção de alimentos | Agricultura, silvicultura, exploração florestal; Pecuária, inclusive o apoio à pecuária |
| | Infraestrutura baseada na natureza | Agricultura, silvicultura, exploração florestal; Pecuária, inclusive o apoio à pecuária; Produção florestal; pesca e aquicultura; Construção; Fabricação de produtos da madeira; Produção de ferro-gusa/ferroligas |
| | Conservação, monitoramento, recuperação e renaturalização de ecossistemas e bacias | Agricultura, silvicultura, exploração florestal; Pecuária, inclusive o apoio à pecuária; Produção florestal; pesca e aquicultura; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |

| Área temática | Área de intervenção da solução | Setores econômicos correspondentes |
|----------------------|---|--|
| | Tecnologias e técnicas inovadoras de restauração da flora e da fauna urbana | Agricultura, silvicultura, exploração florestal; Pecuária, inclusive o apoio à pecuária; Produção florestal; pesca e aquicultura |
| | Métodos, projetos, planos, serviços e mecanismos baseados na natureza | Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas; Outras atividades profissionais, científicas e técnicas |

APÊNDICE C: FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES DE IMPACTO DAS SOLUÇÕES DO OICS

Avaliação de critérios e indicadores de impacto das soluções do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis

Este questionário foi desenvolvido no âmbito do projeto "Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através de Planejamento Urbano Integrado e do Investimento em Tecnologias Inovadoras (CITInova)", tendo em vista o apoio à tomada de decisão, voltada sobretudo a gestores públicos municipais, para a adoção de soluções para cidades oriundas da base de dados do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS). Sua participação trará um insumo fundamental para o processo de ponderação dos critérios, que será obtido pela aplicação da ferramenta de análise multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) a partir da média entre as respostas obtidas dos formulários dos participantes selecionados. A aplicação deste formulário objetiva ranquear soluções promotoras do desenvolvimento urbano sustentável nas diferentes áreas temáticas do OICS, de acordo com o nível de prioridade, segundo aspectos de sustentabilidade, apontado pelos ilustres participantes.

As áreas temáticas do OICS são:

- Energia
- Ambiente Construído
- Mobilidade
- Saneamento: Resíduos Sólidos
- Saneamento: Água
- Soluções baseadas na Natureza

O método de avaliação proposto aos participantes segue um padrão ao longo de todo o formulário, e tem como objetivo "Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades". Na sequência, é apresentada a estrutura formadora dos critérios de avaliação composta de dois níveis: critérios e indicadores de impacto (desempenho) das soluções. Nas seções subsequentes, após a coleta de informações gerais do participantes, solicitam-se comparações entre os critérios e indicadores pertencentes ao mesmo nível, sempre em pares, sobre o grau percebido de relevância de um sobre o outro. Para cada rodada de comparações, uma definição sucinta dos critérios e indicadores em questão é apresentada no cabeçalho do formulário.

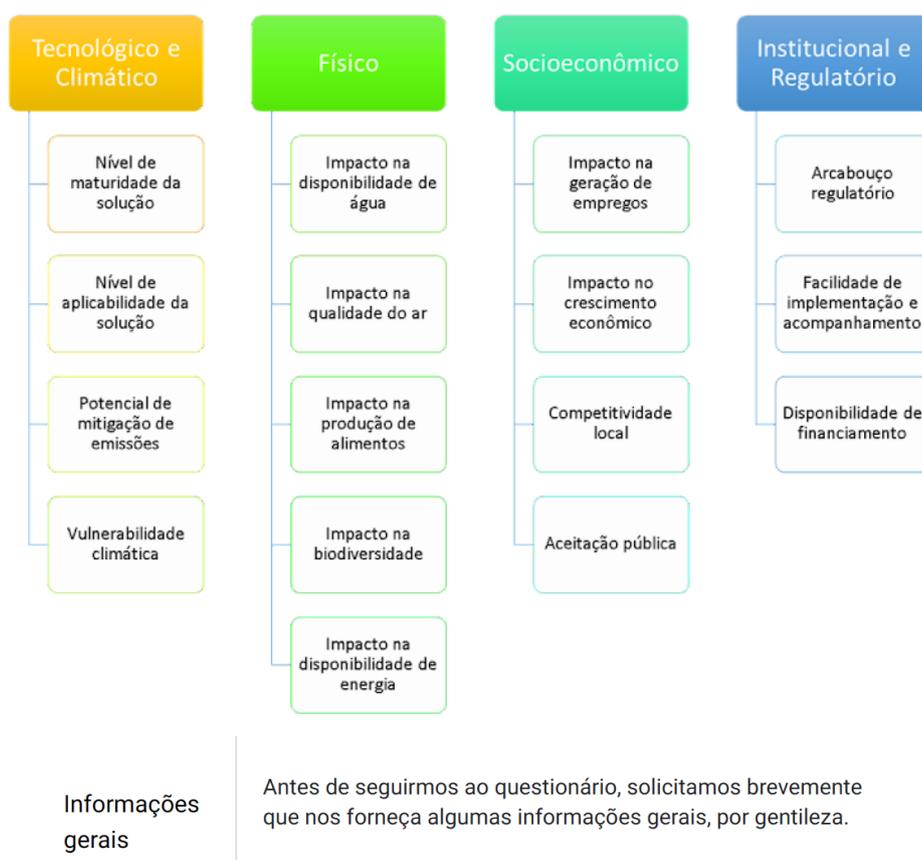
Eventuais dúvidas ou problemas técnicos devem ser endereçadas à equipe técnica de aplicação do formulário, por meio da ferramenta de chat do Zoom. Mais do que isso, podem ser esclarecidas junto ao documento "Guia metodológico para ranqueamento e priorização das soluções do Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis", que foi encaminhado previamente ao seminário. O tempo estimado para preenchimento do questionário é de até 15 minutos.

Agradecemos a sua participação.

*Obrigatório

Estrutura da avaliação multicritério das soluções promotoras de desenvolvimento urbano sustentável do OICS

Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades



1. Setor de atuação profissional *

Marcar apenas uma oval.

- Setor público
- Setor privado
- Terceiro setor/Sociedade Civil
- Academia

2. Em qual cidade e estado está baseada sua atuação profissional? *

Pular para a pergunta 3

**Critério
Tecnológico
e Climático**

Nesta seção, busca-se estabelecer uma comparação entre os indicadores tecnológicos e de impacto projetado das soluções em termos de mitigação e adaptação à mudança do clima, com base em sua percepção qualitativa quanto ao nível de importância de cada um vis-à-vis aos demais. Os indicadores avaliados são:

- Nível de maturidade da solução: Representa o nível de maturidade das soluções em nível internacional e nacional.

- Nível de aplicabilidade da solução: Refere o grau de aplicabilidade da solução, considerando a possibilidade de adoção nas diferentes regiões do Brasil, o número de estudos de caso de aplicação verificados e o alinhamento em termos de desempenho esperado com a adoção aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

- Potencial de mitigação de emissões: Representa o potencial de redução de emissões estimado com a adoção da solução.

- Vulnerabilidade climática: Reflete o impacto da solução sobre a capacidade adaptativa dos sistemas urbanos às alterações climáticas e seus impactos adversos.

Comparação entre os indicadores ao nível do critério Tecnológico e Climático

Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades



3. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Nível de maturidade da solução (SRL)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador SRL é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador SRL é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador SRL é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador SRL é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador SRL é muito mais importante que o critério apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nível de aplicabilidade da solução | <input type="radio"/> |
| Potencial de mitigação de emissões | <input type="radio"/> |
| Vulnerabilidade climática | <input type="radio"/> |

4. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Nível de aplicabilidade da solução (NAS)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador NAS é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador NAS é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador NAS é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador NAS é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador NAS é muito mais importante que o critério apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Potencial de mitigação de emissões | <input type="radio"/> |
| Vulnerabilidade climática | <input type="radio"/> |

5. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Potencial de mitigação de emissões (MIT)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador MIT é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador MIT é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador MIT é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador MIT é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador MIT é muito mais importante que o critério apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Vulnerabilidade climática | <input type="radio"/> |

Critério Físico

Nesta seção, busca-se estabelecer uma comparação entre os indicadores físicos, com base em sua percepção qualitativa quanto ao nível de importância de cada um vis-à-vis aos demais. Os indicadores avaliados representam os impactos projetados da adoção da solução no ambiente físico:

- Impacto na disponibilidade de água: Representa impactos da adoção da solução na disponibilidade de recursos hídricos para a sociedade.

- Impacto na qualidade do ar: Representa impactos da solução na geração de poluentes atmosféricos em toda a cadeia produtiva.

- Impacto na produção de alimentos: Traduz impactos da solução na segurança alimentar, melhoria da nutrição e sustentabilidade da produção agrícola.

- Impacto na biodiversidade: Retrata efeitos da solução sobre a biodiversidade terrestre e marinha .

- Impacto na disponibilidade de energia: Reflete impactos da solução na quantidade de energia disponível para a sociedade, na eficiência no uso de recursos energéticos, na promoção de energias renováveis, no acesso à energia e na modernização da infraestrutura energética.

Comparação entre os indicadores ao nível do critério Físico

Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades



6. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Impacto na disponibilidade de água (AGU)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador AGU é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador AGU é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador AGU é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador AGU é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador AGU é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Impacto na qualidade do ar | <input type="radio"/> |
| Impacto na produção de alimentos | <input type="radio"/> |
| Impacto na biodiversidade | <input type="radio"/> |
| Impacto na disponibilidade de energia | <input type="radio"/> |

7. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Impacto na qualidade do ar (QAR)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador QAR é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador QAR é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador QAR é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador QAR é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador QAR é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Impacto na produção de alimentos | <input type="radio"/> |
| Impacto na biodiversidade | <input type="radio"/> |
| Impacto na disponibilidade de energia | <input type="radio"/> |

8. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Impacto na produção de alimentos (PAL)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador PAL é muito menos importante que o indicador apontado.
2: O indicador PAL é menos importante que o indicador apontado.
3: O indicador PAL é igualmente importante ao indicador apontado.
4: O indicador PAL é mais importante que o indicador apontado.
5: O indicador PAL é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Impacto na biodiversidade | <input type="radio"/> |
| Impacto na disponibilidade de energia | <input type="radio"/> |

9. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Impacto na biodiversidade (BIO)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador BIO é muito menos importante que o indicador apontado.
2: O indicador BIO é menos importante que o indicador apontado.
3: O indicador BIO é igualmente importante ao indicador apontado.
4: O indicador BIO é mais importante que o indicador apontado.
5: O indicador BIO é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Impacto na disponibilidade de energia | <input type="radio"/> |

Critério
Socioeconômico

Nesta seção, busca-se estabelecer uma comparação entre os indicadores socioeconômicos, com base em sua percepção qualitativa quanto ao nível de importância de cada um vis-à-vis aos demais. Os indicadores avaliados abordam os efeitos projetados da adoção da solução nas condições sociais e econômicas, também abrangendo o grau de aceitação social à implantação nas cidades:

- Impacto na geração de empregos: Diz respeito aos impactos da solução em termos da geração de empregos ao longo da cadeia produtiva.

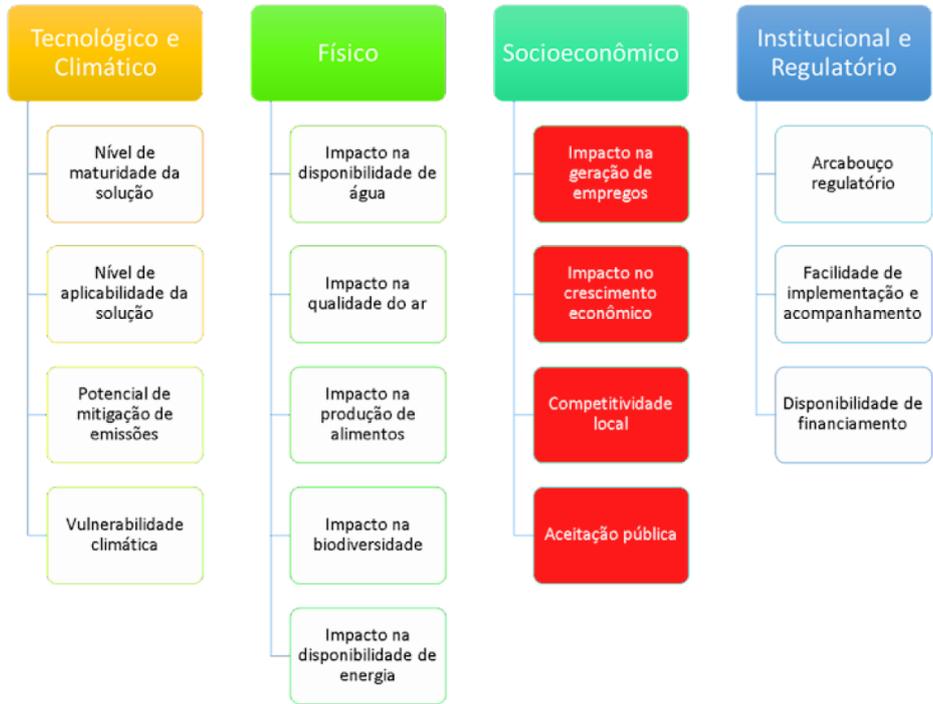
- Impacto no crescimento econômico: Reflete potenciais impactos da solução na geração local de Produto Interno Bruto (PIB).

- Competitividade local: Avalia como a tecnologia pode ser beneficiada por competências regionais, segundo estimativas locais de produtividade do capital e do trabalho.

- Aceitação pública: Retrata o nível de aceitação ou adesão dos atores locais à adoção da solução.

Comparação entre os indicadores ao nível do critério Socioeconômico

Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades



10. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Impacto na geração de empregos (EMP)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador EMP é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador EMP é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador EMP é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador EMP é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador EMP é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Impacto no crescimento econômico | <input type="radio"/> |
| Competitividade local | <input type="radio"/> |
| Aceitação pública | <input type="radio"/> |

11. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Impacto no crescimento econômico (ECO)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O indicador ECO é muito menos importante que o indicador apontado.
- 2: O indicador ECO é menos importante que o indicador apontado.
- 3: O indicador ECO é igualmente importante ao indicador apontado.
- 4: O indicador ECO é mais importante que o indicador apontado.
- 5: O indicador ECO é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Competitividade local | <input type="radio"/> |
| Aceitação pública | <input type="radio"/> |

12. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Competitividade local (CLC)" * em relação aos demais de seu nível?

1: O indicador CLC é muito menos importante que o indicador apontado.

2: O indicador CLC é menos importante que o indicador apontado.

3: O indicador CLC é igualmente importante ao indicador apontado.

4: O indicador CLC é mais importante que o indicador apontado.

5: O indicador CLC é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Aceitação pública | <input type="radio"/> |

**Critério
Institucional
e
Regulatório**

Nesta seção, busca-se estabelecer uma comparação entre os indicadores regulatórios e institucionais, com base em sua percepção qualitativa quanto ao nível de importância de cada um vis-à-vis aos demais. Os indicadores avaliam o alinhamento, as sinergias ou impactos à adoção das soluções frente ao arcabouço regulatório temático vigente, incluindo políticas climáticas e de planejamento urbano, assim como disponibilidade de financiamento em linhas de crédito nacionais e internacionais.

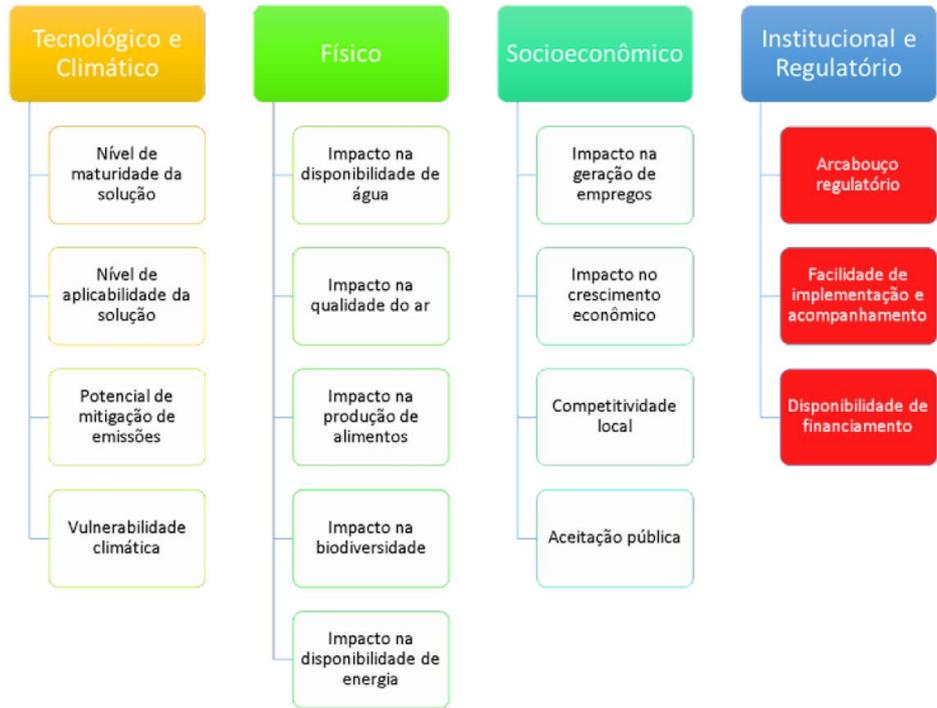
- Arcabouço regulatório: Avalia o alinhamento da solução ao arcabouço regulatório vigente.

- Facilidade de implementação e acompanhamento: Avalia o nível de complexidade relacionado ao gerenciamento da solução, que inclui a adoção e monitoramento do desempenho ao longo da vida útil.

- Disponibilidade de financiamento: Avalia o número de linhas de crédito que poderiam ser acessadas para financiar a adoção da solução.

Comparação entre os indicadores ao nível do critério Institucional e Regulatório

Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades



13. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Arcabouço regulatório (REG)" * em relação aos demais de seu nível?

- 1: O indicador REG é muito menos importante que o indicador apontado.
2: O indicador REG é menos importante que o indicador apontado.
3: O indicador REG é igualmente importante ao indicador apontado.
4: O indicador REG é mais importante que o indicador apontado.
5: O indicador REG é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Facilidade de implementação e acompanhamento | <input type="radio"/> |
| Disponibilidade de financiamento | <input type="radio"/> |

14. Em sua opinião, qual a importância do indicador "Facilidade de implementação e acompanhamento (IAS)" * em relação aos demais de seu nível?

- 1: O indicador IAS é muito menos importante que o indicador apontado.
2: O indicador IAS é menos importante que o indicador apontado.
3: O indicador IAS é igualmente importante ao indicador apontado.
4: O indicador IAS é mais importante que o indicador apontado.
5: O indicador IAS é muito mais importante que o indicador apontado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Disponibilidade de financiamento | <input type="radio"/> |

Avaliação
dos
Critérios

Por fim, busca-se estabelecer uma comparação entre os critérios, com base em sua percepção qualitativa quanto ao nível de importância de cada um vis-à-vis aos demais. Os critérios avaliados são definidos da seguinte forma:

- Tecnológico e Climático: compreende indicadores que objetivam a classificação das medidas sob uma perspectiva de grau de prontidão e nível de aplicabilidade das soluções em ambiente urbano. Além disso, trata de medir o impacto que a solução promove em termos da resiliência das cidades à mudança do clima, assim a como emissões de gases de efeito estufa.

- Físico: inclui indicadores que medem o desempenho de uma solução quanto a seus impactos sobre o ambiente físico, na forma da disponibilidade e/ou a qualidade dos recursos do ambiente.

- Socioeconômico: engloba indicadores que medem os benefícios que uma medida pode trazer de forma direta à sociedade, do ponto de vista econômico e social, assim como o impacto dos atores perante a adoção da solução.

- Institucional e Regulatório: abrange indicadores que medem o grau de compatibilidade das soluções às características institucionais relevantes, incluindo o arcabouço regulatório e a disponibilidade de financiamento. Ademais, avalia o grau de complexidade relacionado à adoção e monitoramento da solução.

Comparação entre os critérios

Priorizar soluções para promover o planejamento urbano integrado sustentável em cidades



15. Em sua opinião, qual a importância do critério "Tecnológico e Climático (TE)" *
em relação aos demais de seu nível?

- 1: O critério TE é muito menos importante que o critério indicado.
2: O critério TE é menos importante que o critério indicado.
3: O critério TE é igualmente importante ao critério indicado.
4: O critério TE é mais importante que o critério indicado.
5: O critério TE é muito mais importante que o critério indicado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Físico | <input type="radio"/> |
| Socioeconômico | <input type="radio"/> |
| Institucional e Regulatório | <input type="radio"/> |

16. Em sua opinião, qual a importância do critério "Físico (FI)" em relação aos *
demais de seu nível?

- 1: O critério FI é muito menos importante que o critério indicado.
2: O critério FI é menos importante que o critério indicado.
3: O critério FI é igualmente importante ao critério indicado.
4: O critério FI é mais importante que o critério indicado.
5: O critério FI é muito mais importante que o critério indicado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Socioeconômico | <input type="radio"/> |
| Institucional e Regulatório | <input type="radio"/> |

17. Em sua opinião, qual a importância do critério "Socioeconômico (SE)" em relação aos demais de seu nível? *

- 1: O critério SE é muito menos importante que o critério indicado.
- 2: O critério SE é menos importante que o critério indicado.
- 3: O critério SE é igualmente importante ao critério indicado.
- 4: O critério SE é mais importante que o critério indicado.
- 5: O critério SE é muito mais importante que o critério indicado.

Marcar apenas uma oval por linha.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Institucional e Regulatório | <input type="radio"/> |

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE D: PARTICIPANTES DAS OFICINAS REGIONAIS

Região Centro-Oeste

- Participante 1 – Especialista em Economia e Clima do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA);
- Participante 2 – Representando o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis no âmbito do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (OICS/CGEE);
- Participante 3 – Professor do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ);
- Participante 4 – Pesquisador da COPPE/UFRJ;
- Participante 5 – Representante do OICS/CGEE;
- Participante 6 – Representante da Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal (SEMA/DF);
- Participante 7 – Representante da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações (CGCL/MCTI);
- Participante 8 – Coordenadora Técnica do Projeto CITInova contratada pelo PNUMA;
- Representante 9 – Assistente Técnica do Projeto CITInova, contratada pelo PNUMA;
- Participante 10 – Representante da Prefeitura de Belo Horizonte (MG);
- Participante 11 – Representante da Prefeitura de Belo Horizonte (MG);
- Participante 12 – Representante da Prefeitura de Belo Horizonte (MG);
- Participante 13 – Universidade Federal Fluminense (UFF);
- Participante 14 – Representante da SEMA/DF;
- Participante 15 – Representante da SEMA/DF;
- Participante 16 – Servidora da CGCL/MCTI;
- Participante 17 – Representante do Fundo Verde do Clima (GCF);

- Participante 18 – Representante da Fundação Getúlio Vargas (FGV);
- Participante 19 – Representante da EMBRAPA Gado de Corte;
- Participante 20 – Agência de Fomento do Estado de Mato Grosso S/A (DESENVOLVE MT);
- Participante 21 – Representante do OICS/CGEE;
- Participante 22 – Amplo Engenharia Ltda;
- Participante 23 – Representante da Assessoria de Gestão Estratégica e Projetos da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (AGEP/SES-DF).

Região Nordeste

- Participante 1 – Especialista em Economia e Clima do PNUMA;
- Participante 2 – Representante do OICS/CGEE;
- Participante 3 – Professor da COPPE/UFRJ;
- Participante 4 – Pesquisador da COPPE/UFRJ;
- Participante 5 – Representante do OICS/CGEE;
- Participante 6 – Analista de Projetos na Agência Recife para Inovação e Estratégia (ARIES);
- Participante 7 – Gerente de Projetos na ARIES;
- Participante 8 – Gestor de Relações Institucionais da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Recife;
- Participante 9 – Coordenadora Técnica do Projeto CITInova contratada pelo PNUMA;
- Participante 10 – Assistente Técnica do Projeto CITInova contratada pelo PNUMA;
- Participante 11 – Representante do OICS/CGEE;
- Participante 12 – Representante da Associação Brasileira de Desenvolvimento (ABDE);
- Participante 13 – Representante da ABDE;
- Participante 14 – Representante da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR);

- Participante 15 – Pesquisador da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe);
- Participante 16 – Representante do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA);
- Participante 17 – Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);
- Participante 18 – Pesquisadora do INPE;
- Participante 19 – Pesquisador do INPE.