



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:
Limitações e possibilidades**



CIDADES INTELIGENTES E INICIATIVAS ZERO EMISSÕES DE CARBONO: APLICAÇÕES NO SISTEMA DE TRANSPORTE, NA ENGENHARIA CIVIL E NO SETOR ENERGÉTICO

BEATRIZ LIMA RIBEIRO - b284967@dac.unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINS – UNICAMP - FCA

MURILO LEITE DA SILVA – m169916@dac.unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP - FT

IEDA KANASHIRO MAKIYA - iedakm@unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINS – UNICAMP

FRANCISCO IGNÁCIO GIOCONDO CÉSAR - giocondo.cesar@gmail.com
INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO - IFSP

ÁREA: 9 - ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

SUBÁREA: 9.7 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO: ESTE TRABALHO APRESENTA PESQUISAS A RESPEITO DE CIDADES INTELIGENTES EM BUSCA DE EMISSÕES ZERO, COM ÊNFASE EM RECURSOS TECNOLÓGICOS QUE ABRANGEM PRINCIPALMENTE A ÁREA DE CONSTRUÇÕES, MOBILIDADE E ENERGIA NA ÁREA URBANA, QUE PROCURA MÉTODOS MAIS SUSTENTÁVEIS PARA ENFRENTAR OS DESAFIOS AMBIENTAIS GLOBAIS. PARA ESSE FIM, VEM SENDO REALIZADO ESTUDOS E PESQUISAS QUE INVESTIGAM A POSSIBILIDADE DE UMA DELIMITAÇÃO GRADUAL, ATRAVÉS DE PROJETOS E DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS, QUE JÁ TÊM CONTRIBUÍDO COMO OBJETIVO DE DIMINUIR AS EMISSÕES DE POLUENTES NA ATMOSFERA. A PESQUISA FOCOU NO SETOR DE TRANSPORTES, ENGENHARIA CIVIL E NO SETOR ENERGÉTICO, OBSERVANDO OS DESAFIOS E INICIATIVAS GLOBAIS.

PALAVRAS-CHAVES: Cidades Inteligentes; Emissões Zero; Net-zero emission; Sistema de transporte; Engenharia Civil; Setor energético.

1. INTRODUÇÃO.

Atualmente, com o progresso da sociedade, observa-se um aumento considerável de pesquisas e projetos com o objetivo de alcançar um equilíbrio zero de emissões de poluentes. Isso se relaciona ao desenvolvimento de cidades inteligentes e à descarbonização da indústria (RAZMJOO A, 2021), que vem sendo promovida de maneira gradual. Um exemplo é a transição na produção de energia, tradicionalmente baseada em combustíveis fósseis, uma das principais fontes de gases causadores do efeito estufa. E mesmo tendo desafios, o objetivo é alcançar uma meta ambiciosa de zero emissões até 2060 (SHAFIULLAH M, 2023).

Nos últimos tempos, tem se destacado mundialmente devido ao intenso avanço econômico e ao crescimento populacional, que impulsionaram a urbanização a atingir níveis de velocidade e escala sem precedentes (CEYLAN R, 2022). Com isso, torna-se claro que os fenômenos urbanos e ambientais relacionados às emissões de CO₂ estão estreitamente interligados, possibilitando a análise do desenvolvimento de forma conjunta, da urbanização acompanhada da concentração de gases, o que gera impactos ambientais e fenômenos climáticos extremos (BRAGA, 2012).

A Proposta “100 climate-neutral cities by 2030 - by and for the citizens” que foi publicada e aprovada pela União Européia, evoluiu para o projeto denominado “100 Climate-Neutral and Smart Cities by 2030” (European Commission, 2020). O objetivo do projeto é elevar 100 cidades da UE a níveis de zero emissões de poluentes, por meio de investimentos e financiamentos para promover a mudança de comportamento dos residentes, a implementação de políticas públicas, e o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias que contribuam para alcançar essa meta, entre outros elementos presentes no Plano de implementação do projeto (Comissão Europeia, 2021). Foi realizado um estudo para identificar as cidades aptas a participar do projeto sem causar grandes impactos financeiros e sociais, resultando em 377 cidades interessadas, porém somente 362 conseguiram alcançar o status de elegíveis (Comissão Europeia, 2022).

Ulpiani e Vettters (2023) observaram que as cidades são divididas em 4 regiões; Sul da Europa (147 cidades), Europa Ocidental (96 cidades), Europa Central/Oriental (68 cidades) e Norte da Europa (51 cidades). E Panayotis Christidis et al.(2024) afirma que das 362 cidades

elegíveis, 314 são cidades da UE e 48 de países associados ou em processo de associação (Turquia, Reino Unido, Noruega, Israel, Albânia, Islândia, Montenegro e Bósnia-Herzegovina).

Vale ressaltar que a intenção do projeto é que, após dar certo e mostrar resultados, todas as cidades europeias sejam inspiradas e busquem se tornarem Cidades Inteligentes com clima neutro e zero emissões até 2050, como destacado no plano de implementação.

Porém, a verba disponibilizada só permitia a aprovação de 100 cidades, a primeiro momento. entretanto isso não impediu que no decorrer dos últimos anos (2021-2024) fosse incluído no projeto mais 12 cidades associadas a UE, resultando em uma lista de 112 cidades incluídas no projeto e na missão de serem cidades inteligentes com emissões zero. (European Commission, 2024).

Os países que participam do projeto da UE (e a quantidade de cidades) são: França (10), Itália (9), Alemanha (8), Espanha (7), Holanda (7), Suécia (7), Finlândia (6), Grécia (6), Polônia (5), Bélgica (4), Dinamarca (3), Eslovênia (3), Hungria (3), Noruega (3), Portugal (3), Romênia (3), Bulgária (2), Irlanda (2), Letônia (2), Lituânia (2), Eslováquia (2), Reino Unido (2), Turquia (2), Albânia (1), Áustria (1), Bósnia E Herzegovina (1), Chipre (1), Croácia (1), Estônia (1), Islândia (1), Israel (1), Luxemburgo (1), Malta (1), Montenegro (1), República Checa (1).

A jornada para que o objetivo do projeto, juntamente com as pesquisas seja concretizado, é progressiva, e possui alguns obstáculos, como a questão financeira, uma vez que a escala do investimento financeiro necessário para fazer a transição do mundo para emissões zero não tem precedentes, e superar esta lacuna de investimento requer iniciativas lideradas por investidores e políticas governamentais (ULPIANI, 2023) No momento vem sendo priorizado questões climáticas que necessitam de um menor investimento, porém argumentos apontam que esses investimentos em grande escala podem gerar intensa redução na emissão de gases poluentes, com um período de retorno eficiente, sendo assim, de acordo com pesquisas realizadas (Gouldson, Colenbrander, et al., 2015) a barreira citada apesar de grande relevância, pode ser contornada.

O conceito de cidades inteligentes traz uma perspectiva, que visa um mundo mais sustentável, com práticas que podem melhorar a qualidade de vida, e mitigar gradualmente processos naturais e não naturais que são intensificados por ações antrópicas e que prejudicam o meio ambiente e a vida como um todo. Diante de pesquisas, dados apontam que as cidades

são um local com intensa concentração de emissão de gases do efeito estufa, sendo grandes emissores dos mesmos, a indústria, produção de energia, transportes, entre outros que se concentram nos centros urbanos (ULPIANI, 2023).

Assim a busca de um meio mais sustentável vem sendo trabalhada de diversas maneiras, para que em um futuro próximo seja possível a emissão zero nos setores que emitem uma quantidade considerável. Alguns estudos vêm demonstrando como a tecnologia e o gerenciamento de dados podem auxiliar e se mostrar essencial à esse processo, para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos através da variedade dos serviços inteligentes (SINAEPOURFARD A, 2020).

Assim como o uso de recursos Tecnológicos, é fundamental a participação da sociedade dentro do projeto, para que se torne aplicável ao cotidiano do homem práticas que tornam as cidades mais sustentáveis uma realidade (GOHARI S, 2020).

Uma das grandes contribuições dos avanços tecnológicos às cidades inteligentes, com o foco em emissões zero é a expansão do mercado de veículos elétricos, a eletromobilidade, que vem sendo uma tendência global que claramente apoia os princípios do desenvolvimento sustentável (TUNDIS B, 2023), sendo o setor do transporte responsável por 20% das emissões globais de CO₂, a eletromobilidade tem uma grande relevância para mitigar a emissão de poluentes (CARVALHO, 2011).

Dessa forma o objetivo deste trabalho é avaliar o panorama de cidades inteligentes sobre a perspectiva de net-zero emissions, mais especificamente com foco nas novas tecnologias apresentadas e implementadas nos transportes, engenharia civil e ambiental, e no setor energético.

2. METODOLOGIA.

Esse é um estudo exploratório, baseado na revisão da literatura, utilizando-se a base de dados Web of Science (<https://www.webofscience.com>), no dia 16 de Maio de 2024, com as palavras-chaves “Smart Cit*”(todos os campos), “Zero emission*”(todos os campos), resultando em 165 artigos de acesso aberto. Após a análise de resultados, foi identificado diversas categorias, destacando-se “Green Sustainable Science Technology” (Categorias da Web of Science), foram encontrados 39 resultados, e ao utilizar o filtro de ‘Acesso Aberto’,

foram encontrados 31 resultados.

Pretende-se identificar as melhores práticas e tendências na redução de emissões em cidades inteligentes, priorizando temas relacionados ao escopo de tecnologias sustentáveis de ciência verde que apresentam maior frequência e relevância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

A Noruega foi o país que mais se destacou na produção de resultados, dos 31 artigos encontrados, 18 são noruegueses, como apresenta a figura 1.

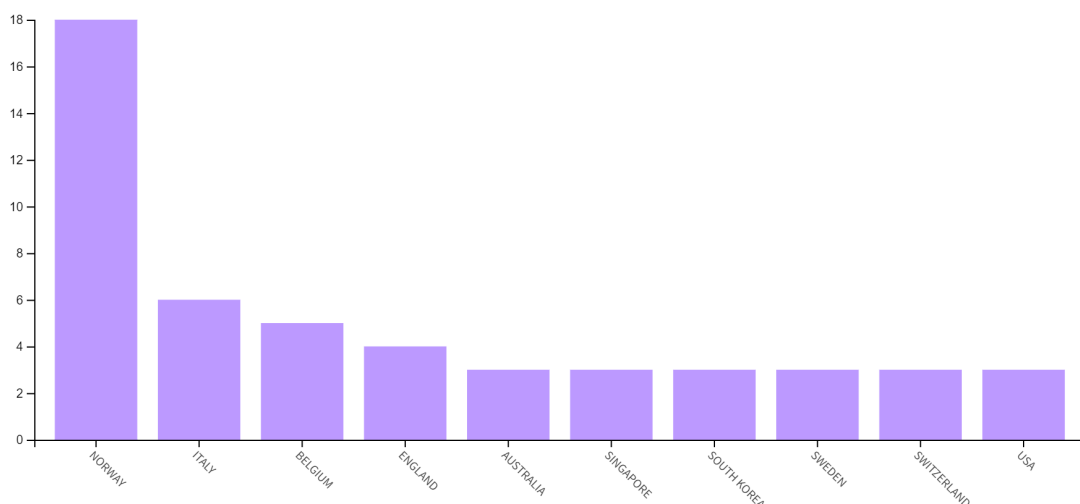


Figura 1. Resultados por Regiões. Web of Science, Maio, 2024.

Mas é possível atrelar essa quantidade de publicações e pioneirismo com a economia local da Noruega. A renda média per capita de um habitante da Noruega chega a ser mais que o dobro da renda média de um cidadão da união européia. (Figura 2) Segundo os dados apresentados no eurostat.

COUNTRY FACTS

Extracted on 13/06/2024

	União Europeia	Finlândia	Itália	Noruega
Population on 1 January (absolute number)	448 753 823 (2023)	5 563 970 (2023)	58 997 201 (2023)	5 488 984 (2023)
GDP per capita (Euro per inhabitant)	28 930€ (2023)	36 980€ (2023)	28 520€ (2023)	71 870€ (2023)
Government gross debt (as percentage of GDP)	81.7% (2023)	75.8% (2023)	137.3% (2023)	N/A
Greenhouse gas emissions (Tonnes per capita)	7.8 (2022)	8.5 (2022)	7.1 (2022)	9.2 (2022)
Renewable energy (as percentage in gross final energy consumption)	23.0% (2022)	47.9% (2022)	19.1% (2022)	75.8% (2022)
Electricity prices (Euro per MWh, incl. taxes)	285.0€ (2023-S2)	204.2€ (2023-S2)	361.9€ (2023-S2)	121.1€ (2023-S2)
Energy imports dependency (percentage of gross available energy)	62.5% (2022)	40.9% (2022)	79.2% (2022)	-700.0% (2022)
Recycling rate of municipal waste (percentage of total municipal waste)	48.6% (2022)	39.0% (2021)	51.9% (2021)	41.2% (2022)

Figura 2. Renda Per capita da União Europeia. Eurostat, Junho, 2024.

Outro fator que a Figura 2 mostra é que a Noruega foi uma grande exportadora de Energia Elétrica.

Lausset et al. (2022) em seu estudo avalia o quanto é emitido de poluentes climáticos na construção de uma cidade que é planejada para ter a menor quantidade de emissão de poluentes possível, no caso, se trata da cidade de Ydalir, na Noruega. Para isso, o estudo realiza uma avaliação do ciclo de vida híbrido, que mistura os dados da avaliação do ciclo de vida nos processos com dados econômicos.

Durante o estudo é apontado que o setor da construção emite um total de 0,195 kg CO₂ e/EUR, sendo separado em 8% que são referentes à etapa de produção do produto, 16% do transporte até o canteiro de obras e 4% ao canteiro de obras em si, e os 71% de difícil rastreamento, que é denominado apenas como outros. No caso de Ydalir, a intenção é diminuir esse valores para que a emissão referente a etapa de produção do produto equivalha a 39% das emissões de poluentes, além de que as emissões de difícil rastreamento reduzem a 41% do valor total emitido na construção de Ydalir. Vale ressaltar que a quantidade de emissão de poluentes emitidos na produção do material depende do material em si. Ao final,

os autores concluem que ao observar o planejamento de uma cidade de emissões zero é importante levar em consideração inclusive os materiais utilizados para sua construção, a fim de gerarem no meio ambiente o menor impacto negativo possível.

Ao sabermos que o tipo de material influencia na emissão de poluentes Stokke et al. (2022) foca seu estudo em como os contratos públicos facilitam a aquisição de materiais com baixa emissão de poluentes, para isso ele observa o que o foi realizado para que o cimento de baixo carbono produzido pela Norcem, produtora norueguesa que utiliza a tecnologia de captura de carbono na produção de seu cimento;

Em seu artigo de revisão Leonzio (2024) aponta que as principais tecnologias para capturar carbono são a absorção química e física, adsorção, separação por membrana, processamento criogênico e combustão em loop químico. Já para armazenagem de carbono, as principais tecnologias costumam ser armazenamento geológico, de carbonatação mineral, terrestre e oceânica. Leonzio ainda expõe que os principais desafios para a captura de carbono estão vinculados aos custos, eficiência energética e eficiência de captura, na parte de armazenagem, setores como fugas, segurança do que foi armazenado, fundos econômicos e ambientais para que os custos do armazenamento também sejam cobertos. Uma das apostas do mundo é, além de melhorar os materiais utilizados, como solventes e equipamentos, é também apostar em estudos que visem a utilização do carbono capturado.

Porém, atualmente, para o estudo de Stokke et al. (2022) a tecnologia de captura e armazenagem de carbono pode chegar a dobrar o preço do produto, o que dificulta a expansão de indústria. Vale ressaltar que o governo noruegues, investiu mais de 16,8 bilhões de Coroas norueguesas(NOK) para investimentos na tecnologia de coleta e armazenagem de carbono. Os autores apontam a necessidade do poder público tanto para a implementação de projetos pilotos como para o aperfeiçoamento de tecnologias e a comunicação entre diversas partes interessadas em toda a União Européia.

Em 2024, Formolli et al., com o auxílio dos softwares QGIS Desktop 3.28.6 e do plug-in Urban Multiscale Environmental Predictor (UMEP), fizeram a cidade norueguesa “Trondheim”, mais especificamente os os distritos “Midtbyen” e “Bakklandet” foram palco para um estudo sobre o acesso da luz solar nos ambientes públicos. Fatores como a direção que se planta árvores, alturas dos edifícios, largura das calçadas e posicionamento de edifícios altos ao lado norte. Todos esses fatores auxiliam a população a ter acesso fácil à luz solar em ambiente público e facilita que as construções implementem tecnologia solar e utilizem o

máximo possível da luz solar.

Baer et al. (2021) Analisa os chamados Blocos/Distritos de Energia Positiva (PED), que em síntese significa conjuntos de construções (ou uma região) que possuem uma somatória de emissões de poluentes nula. O artigo foca nos três projetos implementados como pilotos na Noruega; ZEN, +CityxChange e syn.ikia. O Centro ZEN é responsável pela pesquisa e desenvolvimento de soluções para emissões zero, O +CityxChange foca em desenvolver e implantar Blocos de Energia Positiva (PEBs) e Distritos (PEDs) e por fim o syn.ikia que busca tanto difundir, como implementar e desenvolver tecnologias para os chamados Bairro de energia Sustentável Plus (Sustainable Plus Energy Neighbourhood - SPEN). Todos os projetos estavam no início e possuíam duração até próximo de 2024.

Em 2022, Himeur et al., publicaram um artigo voltado para o estudo da aplicação de Inteligência artificial para as fontes de energias renováveis e fontes de consumo de energia. Ressaltam que a mudança para cidades inteligentes não devem ser apenas planos que retirem o uso combustível fóssil e apostam tudo no sistema elétrico de energias renováveis, para isso, além de precisar garantir que o sistema de energia seja renovável, verde e inteligente vá suprir a demanda como também buscar tecnologias e formas de economizar energia, mesmo ela sendo renovável. A inteligência artificial e processamento de “Big Dates” Auxiliam esse processo.

Möslinger, Ulpiani, e Vettters (2023) analisam a gestão de resíduos das 362 cidades aptas ao projeto de emissão zero. Edifícios sustentáveis, os modelos de negócio da economia circular, a prevenção do desperdício alimentar, a reutilização de águas residuais, o redirecionamento de excedentes e restos alimentares e a simbiose industrial entre empresas locais se mostraram como principais focos de investimentos da próxima década. O papel público vem com a sensibilização da população e divulgação de informações além de medidas reguladoras. Medidas como recolha, reciclagem e conversão (transformação) dos resíduos auxiliam na diminuição de emissões de poluentes. O estado não precisa lidar diretamente com essa gestão de resíduos, mas se atentar aos financiamentos de projetos pilotos e as parcerias público-privado. Cabe ao poder público garantir que toda a população seja atendida.

PILPOLA et al. (2019) por outro lado busca cenários que reduzam em até 95% as emissões de carbono da Finlândia, no cenário do país, a energia eólica e Nuclear ficam em destaque como as principais fontes de energia limpa, além de soluções como o aquecimento residencial, que se utiliza gás natural e de biomassa, podem ser facilmente substituído por

aquecimento elétrico. LUNG (2017) ressalta que a Finlândia foi o país que em 2018 teve o maior índice de emissões de carbono per capita e que a energia nuclear no país é uma ótima alternativa já que a Finlândia é um dos poucos a ter um plano de eliminação final de resíduos nucleares reconhecido internacionalmente.

Um grande desafio enfrentado pela mobilidade elétrica é a alta demanda de carregamento da bateria e a localização estratégica dos postos de carregamento em conjunto com a velocidade e a qualidade do carregamento das baterias, que também demandam a implementação de recursos específicos.

A tecnologia de Spatio-Temporal Multi-Agent Reinforcement Learning (STMARL) foi desenvolvida para aprimorar o sistema de carregamento de veículos elétricos (EV), conforme discutido por Suanpang et al. (2023). Aplicado ao contexto de Chiang Mai, uma cidade turística inteligente, utilizando indicadores chave como tempo de espera de carregamento (CWT), custo médio de carregamento (CP) e taxa de falha de carregamento (CFR), a integração de técnicas avançadas, resultou em uma redução significativa do tempo de espera e dos custos, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade do transporte em áreas turísticas.

O Conversor Boost Semi-Interleaved com Deslocamento de Fase Modificado (IIPSSBBC) segundo (KARDIRVEL, 2023) com validações teóricas e práticas, esta tecnologia apresenta um grande potencial para reduzir os tempos de carregamento e melhorar a experiência dos usuários de veículos elétricos, contribuindo assim para a aceleração da adoção de veículos mais sustentáveis com emissões zero.

As cidades enfrentam sérios impactos das mudanças climáticas, com o setor de transporte sendo responsável por 24% das emissões globais de CO₂. Problemas como congestionamento e poluição são agravados, afetando a qualidade de vida urbana. O PlanClima de Curitiba propõe estratégias para reduzir as emissões de GEE, que representam 66,6% das emissões da cidade, incluindo zonas de baixa emissão, aquisição pública verde, subsídios para veículos limpos e digitalização do transporte. O plano também prevê melhorar a eficiência dos veículos, promover veículos elétricos e de hidrogênio, e aumentar a mobilidade ativa e o uso de transporte público. Redes como C40 e ICLEI incentivam ações locais contra as mudanças climáticas, ressaltando o papel crucial das cidades no desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA, 2021).

As tecnologias para alcançar a independência energética em edifícios de energia zero

(ZEB) são cruciais para equilibrar o consumo e a produção de energia no local, com destaque para elementos de tecnologia passiva, que melhoram o isolamento térmico e reduzem o consumo energético. Esses elementos minimizam a perda de calor no inverno e o ganho de calor no verão, facilitando o equilíbrio com a produção de energia local por fontes renováveis, como painéis fotovoltaicos e sistemas geotérmicos. (KANG, 2021)

Sistemas fotovoltaicos (PV) aumentam a autossuficiência energética dos edifícios, incluindo tanto sistemas tradicionais quanto integrados ao edifício (BIPV), que maximizam a superfície para geração de energia solar. Kang et al. (2021) destaca que a combinação de PV e BIPV permite alta eficiência na produção de energia renovável, compensando o consumo energético de sistemas mecânicos e elétricos. A integração de sistemas geotérmicos e células a combustível complementa os fotovoltaicos, ajudando ZEBs a promover a sustentabilidade nas cidades inteligentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Os resultados mostraram que a Europa lidera a implementação de tecnologias para atingir os padrões de emissões zero de poluentes. Isso se dá aos incentivos tanto de projetos como o “100 Climate-Neutral and Smart Cities by 2030” da União Europeia, como a legislação local dos países da região, como é o caso da Noruega, que lançou metas que favorecem o alcance dessas do clima neutro.

Com isso é possível concluir que o Setor público possui forte influência, seja de forma direta ou indireta, através de contratos, concessões e agências reguladoras, para que o país atinja metas zero de emissões.

O planejamento urbano tem grande importância para que se atinja a meta de emissões zero. A construção civil apresentou resultados positivos quanto ao controle da emissões na etapa de construção, produção de materiais com tecnologia de captura de carbono, utilização de Software (QGIS) para melhor aproveitamento da luz solar, e melhor aproveitamento de energia térmica para residências. Junto a isso, na mobilidade urbana foi possível encontrar tecnologias como STMARL e IIPSSBBC voltadas para melhorar o carregamento e performance dos veículos elétricos. Tudo isso somado a atenção para que a matriz energética

seja limpa e renovável, como as usinas fotovoltaicas, hidrelétricas e nucleares.

Apesar das tecnologias de implementação serem de acesso mais restrito, tecnologias como softwares possuem fácil acesso e podem chegar a ser gratuitas, como é o caso do software QGIS, isso mostra que a demanda para o desenvolvimento de mais estudos em diversas áreas do globo dependem muito mais de incentivos para pesquisas, sejam dentro de universidades e setores públicos ou indústrias e setores privados.

5. REFERÊNCIAS

- Ah, CK : Sustentabilidade da cidade de Tóquio: estratégia e planos para emissões líquidas zero até 2050 . *Cidades Inteligentes IET* . 4 (2) , 81-91 (2022) .
- AMARIPADATH, Deepak et al. Thermal resilience in a renovated nearly zero-energy dwelling during intense heat waves. **Journal of Building Performance Simulation**, p. 1-20, 2023.
- BAER, Daniela et al. Approaches to social innovation in positive energy districts (PEDs)—a comparison of Norwegian projects. **Sustainability**, v. 13, n. 13, p. 7362, 2021.
- BRAGA, Roberto. Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade. **VI Encontro Nacional da Anppas. Belém**, p. 1-15, 2012.
- BRASIL. ABNT NBR ISO 14040:2009. 21/05/2009. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Versão corrigida da ABNT NBR 14040:2009 incorpora a Errata 1 de 21.07.2014. Confirmada em 12.09.2017.
- CEYLAN, Rumeysa; ÖZBAKIR, Aysegül. Increasing Energy Conservation Behavior of Individuals towards Sustainable and Energy-Efficient Communities. **Smart Cities**, v. 5, n. 4, p. 1611-1634, 2022.
- CHINESE, Damiana; PINAMONTI, Piero; MAURO, Caterina. A spatially explicit optimization model for the selection of sustainable transport technologies at regional bus companies. **Optimization and Engineering**, v. 22, p. 1921-1954, 2021.
- CHRISTIDIS, Panayotis et al. Research and innovation paving the way for climate neutrality in urban transport: Analysis of 362 cities on their journey to zero emissions. **Transport Policy**, v. 148, p. 107-123, 2024.
- Directorate-General for Research and Innovation (European Commission), **100 climate-neutral cities by 2030 - by and for the citizens**, Report of the mission board for climate-neutral and smart cities, 2020, disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/bc7e46c2-fed6-11ea-b44f-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-281859691> (acesso em 01/05/2024)
- Directorate-General for Research and Innovation (European Commission), **EU Mission Climate-Neutral and Smart Cities, Implementation Plan**, 2021, disponível em: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/d2eb2069-3b4a-4015-9801-7daab749d31b_en?filename=cities_mission_implementation_plan.pdf (acesso em 01/05/2024)
- Directorate-General for Research and Innovation (European Commission), **EU missions, 100 climate-neutral and smart cities**; Cities on a journey to climate neutrality, 2024, disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a796c50a-d644-11ee-b9d9-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-317859956> (acesso 01/05/2024)
- Directorate-General for Research and Innovation (European Commission), **List of applicant cities**, 2022, disponível em: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/ed6373ab-d190-4b3c-8615-498fffea7388_en?filename=ec_rtd_he-mission-public-eligible-applicant-cities.pdf (acesso em 01/05/2024)
- EUROSTAT. **Country Facts**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/countryfacts/#> (acesso em 13/06/2024).

FARENZENA, Cláudio. **As Principais Leis Ambientais de Direito Ambiental no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://advambiental.com.br/artigo/leis-de-direito-ambiental/> (acesso em 07/05/2024)

FORMOLLI, Matteo et al. Solar Accessibility in High Latitudes Urban Environments: A Methodological Approach for Street Prioritization. **Sustainable Cities and Society**, p. 105263, 2024.

FREIRIA, Rafael Costa. Noções Gerais Sobre as Interdependências entre Direito, Gestão e Políticas Públicas Ambientais. **Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas (UNIFAFIBE)**, v. 2, n. 2, p. 278-302, 2014.

GOHARI, Savis et al. Prevailing approaches and practices of citizen participation in smart city projects: Lessons from Trondheim, Norway. **Infrastructures**, v. 5, n. 4, p. 36, 2020.

HACHEM VERMETTE, Caroline et al. Towards the development of legislative framework for solar neighborhoods. **Frontiers in Built Environment**, v. 10, p. 1352844, 2024.

HIMEUR, Yassine et al. Next-generation energy systems for sustainable smart cities: Roles of transfer learning. **Sustainable Cities and Society**, v. 85, p. 104059, 2022.

LAUSSELET, Carine; CRAWFORD, Robert H.; BRATTEBØ, Helge. Hybrid life cycle assessment at the neighbourhood scale: The case of Ydalir, Norway. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 8, p. 100503, 2022.

LAUSSELET, Carine; LUND, Kirsti Marie; BRATTEBØ, Helge. LCA and scenario analysis of a Norwegian net-zero GHG emission neighbourhood: The importance of mobility and surplus energy from PV technologies. **Building and Environment**, v. 189, p. 107528, 2021.

LEONZIO, Grazia; SHAH, Nilay. Recent advancements and challenges in carbon capture, utilization and storage. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, p. 100895, 2024.

LUND, Peter D. Implications of Finland's plan to ban coal and cutting oil use. **Energy Policy**, v. 108, p. 78-80, 2017.

MASSON-DELMOTTE, Valérie et al. Summary for Policymakers: Global Warming of 1.5 C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 C above pre-industrial levels. **Glob. Warm. 1.5 C. An IPCC Spec. Rep. impacts Glob. Warm. 1.5 C above pre-industrial levels Relat. Glob. Greenh. gas Emiss. pathways, Context Strength. Glob. response to Threat Clim. Chang**, 2018

MÖSLINGER, Margot; ULPANI, Giulia; VETTERS, Nadja. Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future. **Journal of Cleaner Production**, v. 421, p. 138454, 2023.

MOURA, Adriana Maria Magalhães de Organizadora. **Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas**. 2016.

MOURA, Adriana Maria Magalhães de. **Trajetória da política ambiental federal no Brasil**. 2016.

Nações Unidas, Brasil, **COP27: o que você precisa saber sobre a Conferência do Clima da ONU**, 2022, disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/205789-cop27-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-confer%C3%Aancia-do-clima-da-onu> (acesso em 08/05/2024)

PECUNIA, Vincenzo et al. Roadmap on energy harvesting materials. **Journal of Physics: Materials**, v. 6, n. 4, p. 042501, 2023.

PILPOLA, Sannamari et al. Analyzing national and local pathways to carbon-neutrality from technology, emissions, and resilience perspectives—Case of Finland. **Energies**, v. 12, n. 5, p. 949, 2019.

RAZMJOO, Armin et al. Investigating smart city development based on green buildings, electrical vehicles and feasible indicators. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7808, 2021.

SANDBERG, Nina Holck et al. Large potentials for energy saving and greenhouse gas emission reductions from large-scale deployment of zero emission building technologies in a national building stock. **Energy Policy**, v. 152, p. 112114, 2021.

SCHERRER, Aline. How media coverage of technologies affects public opinion: Evidence from alternative fuel vehicles in Germany. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 47, p. 100727, 2023.

SCHÖN, Peter et al. The impact of street network connectivity on active school travel: Norway's HUNT study. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, p. 23998083241235978, 2024.

SHAFIULLAH, Md et al. Review of smart city energy modeling in Southeast Asia. **Smart Cities**, v. 6, n. 1, p. 72-99, 2022.

SINAEPOURFARD, Amir et al. F2c2C-DM: A Fog-to-cloudlet-to-Cloud Data Management architecture in smart city. In: **2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)**. IEEE, 2019. p. 590-595.

SINAEPOURFARD, Amir; PETERSEN, Sobah Abbas; AHLERS, Dirk. D2C-SM: Designing a distributed-to-centralized software management architecture for smart cities. In: **Digital Transformation for a Sustainable Society in the 21st Century: 18th IFIP WG 6.11 Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, I3E 2019, Trondheim, Norway, September 18–20, 2019, Proceedings 18**. Springer International Publishing, 2019. p. 329-341.

SØRENSEN, Åse Lekang et al. Energy profiles and electricity flexibility potential in apartment buildings with electric vehicles—A Norwegian case study. **Energy and Buildings**, v. 305, p. 113878, 2024.

STOKKE, Raymond et al. The role of green public procurement in enabling low-carbon cement with CCS: An innovation ecosystem perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 363, p. 132451, 2022.

SUANPANG, Pannee; JAMJUNTR, Pitchaya. Optimizing Electric Vehicle Charging Recommendation in Smart Cities: A Multi-Agent Reinforcement Learning Approach. **World Electric Vehicle Journal**, v. 15, n. 2, p. 67, 2024.

TUNDYS, Blanka; WIŚNIEWSKI, Tomasz. Smart Mobility for Smart Cities—Electromobility Solution Analysis and Development Directions. **Energies**, v. 16, n. 4, p. 1958, 2023.

ULPIANI, Giulia et al. Funding and financing the zero emissions journey: urban visions from the 100 Climate-Neutral and Smart Cities Mission. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2023.

ULPIANI, Giulia; VETTERS, Nadja; MADUTA, Carmen. Towards (net) zero emissions in the stationary energy sector: A city perspective. **Sustainable Cities and Society**, v. 97, p. 104750, 2023.

WOLEK, Marcin et al. Transformation of trolleybus transport in Poland. Does in-motion charging (technology) matter?. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9744, 2020.