



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO
ON-LINE

02 a 04
de dezembro 2020

Problemas, objetivos e soluções em Metabolismo Urbano: abordagens com Smart Cities

Tatiana Malechi Ostachevski
DAENP – UTFPR

Regina Negri Pagani
DAENP - PPGEP– UTFPR

Eliane Fernandes Pietrovski
DAENP – UTFPR

Resumo: Na história, o homem sempre necessitou da colheita de recursos da natureza e, por conseguinte, do descarte dos detritos gerados para conseguir viver. De tal modo, surge o conceito do metabolismo urbano para auxiliar os estudos referentes ao descarte e a reutilização consciente de detritos em meio urbano. O presente trabalho teve como objetivo revisar o conceito a respeito do Metabolismo Urbano (MU) e analisar o cenário das publicações a respeito do tema. Para atingir o objetivo deste realizou-se uma revisão sistemática de literatura por meio do modelo Methodi Ordinatio. A partir dos dados coletados foi criado um portfólio de 29 artigos, com a identificação das palavras-chaves, autores com maior incidência e a verificação dos objetivos, problemas e soluções/conclusões dos artigos. Como resultado foi possível destacar que em grande parte os autores apontam como direções futuras a necessidade de gestores urbanos e industriais conhecerem e aplicarem a metodologia sobre metabolismo urbano e que um dos pontos fundamentais é a situação crítica para a criação de um banco de dados sobre metabolismo urbano nas cidades modernas.

Palavras-chave: Metabolismo Urbano, Análise dos fluxos de materiais, *Smart Cities*.

Problems, objectives and solutions in Urban Metabolism: approaches with Smart Cities

Abstract: In history, man has always needed to harvest resources from nature and, therefore, to dispose of the waste generated in order to live. In such a way, the concept of urban metabolism arises to assist studies regarding the disposal and conscious reuse of debris in an urban environment. This paper aimed to review the concept regarding Urban Metabolism (MU) and analyze the scenario of publications on the subject. To achieve its objective, a systematic literature review was carried out using the Methodi Ordinatio model. From the data collected, a portfolio of 29 articles was created, with the identification of keywords, authors with the highest incidence and verification of the objectives, problems and solutions / conclusions of the articles. As a result, it was possible to highlight that, in large part, the authors point out as future directions the need for urban and industrial managers to know and apply the methodology on urban metabolism and that one of the fundamental points is the critical situation for the creation of a database on metabolism urban in modern cities.

Keywords: Urban Metabolism, Analysis of material flows, *Smart Cities*.

1. Introdução

A retirada dos recursos da natureza e conseqüentemente o descarte dos detritos gerados pelo homem, nas cidades modernas, sempre foi um fator de sobrevivência. Atualmente, com a superexploração global este ciclo é direcionado ao funcionamento dos grandes centros urbanos, que podem ser vistos como superorganismos que carecem de adequada regulação para o bom funcionamento.

Assim sendo, em meados do século XX surge o conceito do Metabolismo Urbano (MU) que em seu estudo compara as cidades a organismos vivos que captam recursos e os excretam. Pincetl et al. (2012) traz a ideia de que o estudo do MU fornece uma estrutura promissora que com uma abordagem eficaz é capaz de quantificar o uso e fornecimento de energia e recursos.

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo revisar o conceito a respeito do Metabolismo Urbano (MU) e analisar o cenário das publicações a respeito do tema.

Para atingir o objetivo deste realizou-se uma revisão sistemática de literatura por meio do modelo Methodi Ordinatio proposto por Pagani et al. (2015). A partir dos dados coletados foi criado um portfólio de 29 artigos, com a identificação das palavras-chaves, autores com maior incidência e a verificação dos objetivos, problemas e soluções/conclusões dos artigos analisados.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Metabolismo Urbano

O metabolismo urbano (MU) representa o conceito de que as cidades podem ser comparadas metaforicamente a organismos vivos, “pois consomem recursos de seus arredores e excretam resíduos” (KENNEDY et al., 2011). O termo em si, foi inicialmente arquitetado por Abel Woman em 1965 nos Estados Unidos e segundo Pincetl et al. (2012) Woman (1965) criou um modelo para uma cidade americana hipotética de um milhão de pessoas onde ele avaliava a entrada de materiais e as saídas de resíduos. Dessa forma, ele demonstrou que com a quantificação dos fluxos de materiais e energias de uma cidade é possível compreender melhor o seu funcionamento.

A principal ferramenta que o metabolismo urbano traz é o gerenciamento e o planejamento ambiental urbano eficaz. Conforme Sahely et al. (2003) a análise do metabolismo de uma cidade fornece informações cruciais sobre eficiência energética, reciclagem de materiais, gerenciamento de resíduos e infraestrutura dos sistemas urbanos. Dessa forma, o MU deve ser visto como um aliado dos planejadores urbanos no caso da criação de políticas públicas voltadas à redução de impactos ambientais.

Atualmente na literatura se encontram diversos modos de se contabilizar o metabolismo de uma cidade. Sendo válido destacar a análise do fluxo de materiais (AFM) e a análise do ciclo de vida (ACV). Segundo Barles, S. (2009), a análise do fluxo de materiais se baseia nas principais entradas e saídas de um sistema, sem precisar da descrição da circulação do material no sistema em questão. De tal forma, com os dados de entradas e saídas são geradas equações que exemplificam o funcionamento do sistema. Já, a análise do ciclo de vida é uma técnica que analisa todas as etapas do ciclo de vida de um produto estudado em questão no metabolismo, como por exemplo: energia, água e alimentos.

Os metabolismos das cidades podem ser classificados em dois tipos: o linear e o circular. Um centro urbano que apresenta um fluxo unidirecional de materiais e energias, onde pouco é aproveitado no descarte final, apresenta um metabolismo linear. Segundo, Huang e Hsu. (2003) no metabolismo linear, nutrientes e matérias-primas são extraídas e

processadas como bens de consumo, que não são reabsorvidos pelo sistema novamente. Nesse tipo de sistema, os desperdícios gerados são altíssimos. Quando um centro urbano apresenta um ciclo fechado onde matérias-primas e fontes de energia são renováveis este ambiente exibe um metabolismo circular. Também, Huang e Hsu. (2003) apontam que para as cidades conseguirem desenvolver uma relação autorregulada com a biosfera será necessário adotar sistemas metabólicos circulares que garantam a viabilidade contínua do ambiente do qual dependem. O estudo do metabolismo circular auxilia no desenvolvimento de centros urbanos sustentáveis.

2.2 Metabolismo Urbano e as *Smart Cities*

O aumento da população e o crescimento desenfreado da indústria impacta em maior destruição do meio ambiente, o que oferece riscos a muitas atividades econômicas, sociais e principalmente à saúde (ALBINO; BERARDI; DANGELICO, 2015). Estas questões problemáticas têm sido uma preocupação dos estudos, no mundo, sobre como as cidades têm se desenvolvido, tornando-as mais sustentáveis e mais inteligentes. Cada sistema urbano possui características que são específicas de um contexto cultural e socioeconômico, na sua interação com a natureza, em particular, quando ocorre troca de matéria e de energia.

Smart Cities são cidades inteligentes, com centros urbanos planejados, estruturados e projetados com tecnologia para otimizar a mobilidade urbana, criar soluções sustentáveis e inovadoras, com o objetivo de beneficiar os locais onde são aplicados os projetos, os quais visam melhorar qualidade de vida de seus habitantes (ALBINO; BERARDI; DANGELICO, 2015).

Segundo KANTER e LITOW (2009) a cidade inteligente conta com uma infraestrutura que visa facilitar a mobilidade urbana, economizar energia, melhorar e preservar a qualidade do ar e da água, identificar e resolver problemas com rapidez, com efetividade e conectividade entre os setores e sistemas. A abordagem sobre metabolismo urbano mede a intensidade necessária de recursos para a economia e pode ser usada como ferramenta para a construção de um projeto sustentável em *Smart Cities*.

3. Metodologia

Neste artigo foi realizada uma revisão sistemática de literatura através do modelo *Methodi Ordinatio* proposto por Pagani *et al.* (2015), que sintetiza os dados de busca através das variáveis de número de citações, fator de impacto e ano de publicação.

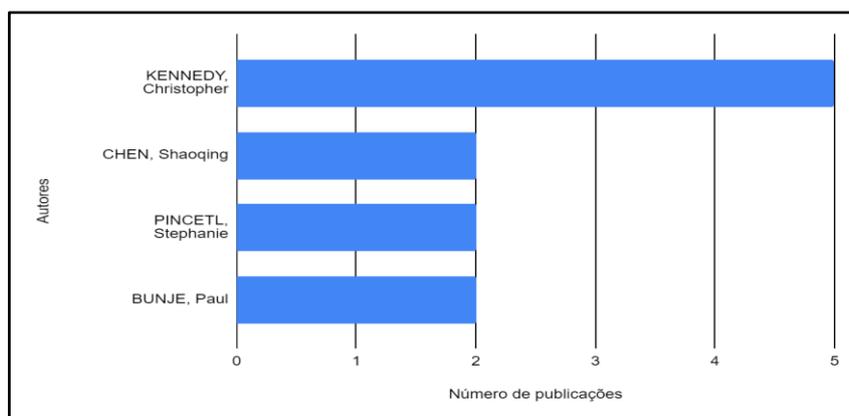
Para a revisão sistemática de literatura foram escolhidas as seguintes bases de dados: *Web of Science* e *Scopus*, sendo utilizado “*urban metabolism*” OR “*urban symbiosis*” como termos de pesquisa, não se optou por delimitação temporal. O resultado de documentos obtidos é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Número de resultados de busca

Base de dados	Web of Science	Scopus	Total
Total	607	683	1290

Fonte: Dados de pesquisa (2020).

Depois de coletados os dados, optou-se por exclusivamente fazer à análise bibliométrica dos dez artigos mais citados e dos dez mais recentes, de ambas as bases. Entretanto, após o cruzamento das informações notou-se que dez artigos eram repetidos e estes foram excluídos. Um livro também apareceu nos resultados de busca, mas como o foco da revisão se concentra em apenas artigos já publicados, este também foi eliminado do processo de análise.



Fonte: Dados de pesquisa (2020).

O Quadro 1 apresenta os conceitos do MU encontrados na análise bibliométrica. Os conceitos se complementam e tornam claro o entendimento do tema.

Quadro 1 – Conceitos sobre Metabolismo Urbano no portfólio

Conceito	Autor (Ano)
O metabolismo urbano é uma estrutura metafórica que pode ser usada para avaliar as interações (isto é, fluxos) entre ecossistemas naturais e urbanos.	Maranghi et al. (2020).
O MU refere-se ao conjunto de processos sociotécnicos e socioecológicos pelos quais os fluxos de materiais, energia e água são consumidos, transformados e rejeitados de diferentes formas pelas cidades.	Bahers et al. (2020).
O metabolismo urbano considera as cidades entidades complexas, impulsionadas por fluxos de materiais e energia e envolvem o consumo de recursos e a produção de materiais para o bem-estar econômico e progresso social.	Deus et al. (2020).
O metabolismo urbano é geralmente reconhecido como a soma de todos os processos ecológicos e econômicos em uma cidade que resultam na adoção de materiais, consumo de energia e eliminação de resíduos, e que também molda os padrões reais de funcionamento dos ecossistemas artificiais.	Chen; Chen (2012).
O metabolismo urbano pode ser definido como a soma total dos processos técnicos e socioeconômicos que ocorrem nas cidades, resultando em crescimento, produção de energia e eliminação de resíduos.	Kennedy et al. (2007).
Wolman (1965) define o metabolismo de uma cidade como todos os materiais e mercadorias necessários para sustentar os habitantes da cidade em casa, no trabalho e no lazer.	Huang; Hsu (2003).

Fonte: Dados de pesquisa (2020).

Essas informações demonstram, que por mais que o termo tenha surgido em meados da década de 1960 ainda são geradas discussões sobre uma definição exclusiva do MU. Entretanto, é válido destacar que por meio desse debate o MU é visto no meio científico como um procedimento capaz de auxiliar os processos de tomada de decisões no gerenciamento ambiental de um centro urbano.

O Quadro 2 apresenta os temas e autores, com os respectivos objetivos dos estudos encontrados, a partir da revisão dos artigos.

Quadro 2 - Objetivos dos estudos do portfólio

Assunto	Autor (Ano)	Objetivo
Mapeamento de dados	Townsend (2000).	Explorar a influência potencial das novas tecnologias de comunicações móveis na urbanização contemporânea.
	Pauleit; Duhme (2000).	Criar dados de alta resolução espacial para estabelecer a relação entre o desempenho socioeconômico do sistema urbano e suas diferentes subunidades.
	Singh; Narain (2020).	Analisar os esforços para definir, conceituar e demarcar o periurbano.

	Neves et al. (2020).	Traçar a tendência da pesquisa em simbiose industrial e mapear os estudos de caso existentes em todo o mundo.
	Bahers et al. (2020).	Construir inventários de emissões de CO2 para parques industriais.
	Yu et al. (2020).	Explorar os padrões de evolução temporal e espacial do estoque de aço em uso em diferentes províncias da China.
	Yu et al. (2020).	Construir inventários de emissões de CO2 para parques industriais é o primeiro passo na análise dos padrões de emissão do parque e na elaboração de políticas de baixo carbono.
Análise dos Fluxos de Materiais	Huang; Hsu (2003).	Aplicar o fluxo de materiais e análises energéticas ecológicas para investigar a sustentabilidade urbana da área de Taipei no contexto da construção urbana.
	Barles, S. (2009).	Examinar a viabilidade da AFM em escala regional e urbana na França.
	Kennedy et al. (2015).	Quantificar os fluxos de energia e material para as 27 megacidades do mundo, com base na população de 2010.
	Lu et al. (2020).	Avaliar de forma abrangente os benefícios de trinta e nove atividades de SI / UrS e comparar o desempenho simbiótico de diferentes tipos de resíduos de atividades simbióticas, combinando análise de AFM e emergências.
	Arora et al. (2020).	Quantificar os fluxos de materiais e as emissões incorporadas de energia, água e gases de efeito estufa por meio de um campus universitário, a fim de avaliar o potencial de diferentes estratégias de economia circular.
	Stephan et al. (2020).	Abordagem granular e com uso intensivo de dados para quantificar os fluxos de materiais de um campus universitário e os fluxos ambientais incorporados associados.
Avaliação do MU	Kennedy et al. (2007).	Revisar publicações publicadas anteriormente e identificar processos críticos no metabolismo urbano que ameaça a desenvolvimento sustentável das cidades.
	Kennedy et al. (2011).	Revisar o desenvolvimento do conceito de metabolismo urbano em grande parte através da literatura de pesquisa acadêmica. Para que servem os estudos de metabolismo urbano no planejamento e design urbanos?
	Chen; Chen (2012).	Fornecer um novo ângulo para incorporar a avaliação do metabolismo na consideração do design urbano sustentável.
	Pincetl et al. (2012).	Revisar o conceito de metabolismo urbano - incluindo suas duas abordagens típicas: balanço de massa e métodos de "emergia".
	Chen et al. (2020).	Analisar os riscos do metabolismo urbano FEWnexus (alimentos, energia e água) e explorar estratégias de mitigação de risco para uma região com poucos recursos.
	He et al. (2020).	A rede metabólica virtual da água da província de Guangdong, na China, é desenvolvida para explorar as relações ecológicas entre componentes em pares.
Avaliação do MU	Deus et al. (2020).	Desenvolver um indicador agregado para avaliar o impacto ambiental do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos nos pequenos municípios do estado de São Paulo, Brasil.
	Zhang et al. (2020).	Estudar as mudanças no consumo total de nitrogênio antropogênico e suas características estruturais em Pequim, de 1995 a 2015.
	Andreoni, V. (2020).	Analisar a estrutura metabólica da sociedade irlandesa e discutir os principais fatores de mudança de energia.
Descrição de metodologia	Sahely et al. (2003).	Usar uma estrutura quantitativa para saber o que mudou no metabolismo urbano na área da grande Toronto (Canadá) durante os doze anos de pesquisa (1987-1999).
	Kennedy et al. (2010).	Descrever a metodologia e os dados usados para determinar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) atribuíveis a dez cidades.
	Thakuriah et al. (2020).	Descrever as diferentes vertentes do conjunto de dados e, em seguida, apresentar três exemplos ilustrativos que destacam o potencial dos dados para a pesquisa social e econômica urbana, bem como para a pesquisa em informática urbana.
	Maranghi et al. (2020).	Fornecer uma visão holística da cidade e desvendar as interconexões entre um conjunto de dimensões urbanas identificadas por meio de uma abordagem baseada em ciência de sistemas complexos e redes complexas.

	Chen et al. (2020).	Desenvolver uma abordagem metabólica consistente que combina duas contas de carbono complementares, o balanço físico de carbono e a pegada de carbono gasosa derivada de combustível fóssil, para rastrear a entrada de carbono, a adição de estoques urbanos e a saída da cidade.
Simulação de modelo	Magnusson et al. (2019).	Avaliar os benefícios ambientais da reciclagem de materiais em uma área urbana, usando o modelo Optimass para fluxos de solo e rochas na região de Sertório, em Estocolmo, Suécia.
	Xu et al. (2020).	Desenvolver um modelo de simulação de mitigação de NOx (NMS) para facilitar o desenvolvimento de políticas urbanas de mitigação de emissões de NOx.

Fonte: Dados de pesquisa (2020).

Verifica-se que os autores do portfólio focam em grande parte os objetivos de suas pesquisas sobre MU: no mapeamento de dados do MU, na construção de uma análise dos fluxos de materiais (AFM), na avaliação do MU em estudos de caso, na descrição de metodologias aplicáveis e na criação de modelos de simulação a respeito do MU.

O Quadro 3 apresenta os problemas mais discutidos no portfólio pelos autores. Sendo, criação de banco de dados, cálculo dos fluxos de materiais, criação de modelo matemático voltado para o MU, contabilização dos fluxos de carbono, simbiose e análise metodológica os tópicos mais recorrentes notados na problemática dos artigos analisados.

Quadro 3 – Problemas discutidos no portfólio

Assunto	Autor (Ano)	Problemas
Banco de dados	Pauleit; Duhme (2000).	Criar um banco de dados sobre a hidrologia urbana da cidade de Monique.
	Sahely et al. (2003).	Verificar o que mudou no metabolismo urbano e a falta de dados organizados disponíveis na grande área de Toronto.
	Kennedy et al. (2015).	Identificar as megacidades que exibem altos e baixos níveis de consumo e aquelas que fazem uso eficiente de recursos.
	Singh; Narain (2020).	Esforços para conceituar e demarcar espaços periurbanos.
	Thakuriah et al. (2020).	Criar os Dados Multimídia da Cidade Integrados (iMCD).
	Yu et al. (2020).	(1) Qual é a tendência de mudança do estoque de aço em uso em diferentes províncias da China? (2) Quais são as semelhanças e diferenças no estoque de aço em uso nos cinco setores a jusante em diferentes províncias da China? (3) Quais são os principais fatores que resultam no estoque de aço heterogêneo em uso em diferentes setores a jusante de diferentes províncias?
Fluxo de materiais	Huang; Hsu (2003).	Estabelecer os volumes de materiais deslocados nos principais projetos de construção urbana, os insumos e os fluxos de resíduos da metrópole de Taipei.
	Kennedy et al. (2007).	(1). Problemas de superexploração de águas subterrâneas (2). Um aspecto do crescimento é que as cidades exigem custos de energia de transporte mais altos (3). A energia antropogênica contribui para a ilha de calor no verão.
	Barles, S. (2009).	(1). Examinar a viabilidade da análise de fluxo de materiais (AMF) em escala regional e urbana na França. (2). Selecionar o método mais adequado. (3). Identificar os dados disponíveis. (4). Calcular o balanço de materiais para um caso específico.
	Pincetl et al. (2012).	Como sustentar a qualidade de vida dos seres humanos sem esgotar permanentemente os recursos planetários ou alterar a dinâmica planetária que apoia a civilização.
	Chen et al. (2020).	(1) analisar a fonte de intensidade de vários setores; (2) apresentar as mudanças nos FEW riscos para simular 10 anos de atividade econômica (2015-2025); (3) identificar as trocas comerciais entre os riscos de água e energia.

	Stephan et al. (2020).	Há uma necessidade crítica de fornecer a base de evidências para a transição de universidades e grandes organizações para uma economia mais circular, principalmente fornecendo relatos muito detalhados de seus fluxos materiais.
Modelo matemático	Kennedy et al. (2011).	São discutidos quatro exemplos de aplicações de estudos sobre metabolismo urbano: indicadores de sustentabilidade urbana; insumos para o cálculo das emissões urbanas de gases de efeito estufa; modelos matemáticos do metabolismo urbano para análise de políticas; e como base para o desenho urbano sustentável.
	Maranghi et al. (2020).	Criar um método que avalie a sustentabilidade de uma cidade envolvendo o metabolismo urbano e a avaliação do ciclo de vida.
	He et al. (2020).	A análise estrutural do VWMN é otimizada e dois indicadores são propostos neste estudo.
	Zhang et al. (2020).	Construir um modelo de decomposição de fatores que inclua seis fatores: (1) o teor de nitrogênio do material, (2) a intensidade do material (ou seja, o consumo de material por unidade de produção valor), (3) estrutura industrial, (4) PIB per capita, (5) estrutura de consumo de material e (6) população.
	Xu et al. (2020).	Desenvolver um modelo de simulação de mitigação de Nox (NMS).
Fluxo de carbono	Kennedy et al. (2010).	(1) emissões reais dentro dos limites da cidade; (2) emissões de processo único (da perspectiva do ciclo de vida) associadas ao metabolismo da cidade; e (3) emissões do ciclo de vida associadas ao metabolismo da cidade.
	Chen; Chen (2012).	Examinar os processos metabólicos urbanos e as trajetórias de emissão de carbono.
	Chen et al. (2020).	Contabilizar as entradas e saídas do Carbono físico e virtual.
	Yu et al. (2020).	A maioria das contas de emissão para parques industriais adotou vários escopos e metodologias, tornando-os incomparáveis entre si.
Simbiose	Lu et al. (2020).	Criar a combinação de simbiose industrial e simbiose urbana (IS / UrS)
	Neves et al. (2020).	Avaliar as principais linhas de pesquisa em simbiose industrial, bem como um estudo atualizado dos estudos de caso publicados, com ênfase na localização, tipo de indústria e metodologias empregadas.
Análise metodológica	Townsend (2000).	Este artigo se preocupa com a evolução em longo prazo das sociedades urbanas, à medida que elas lutam, mudam e evoluem após a introdução de novas tecnologias de comunicação.
	Arora et al. (2020).	Este estudo propõe uma estrutura metodológica para estimar o potencial de mineração urbana em toda a cidade, recuperação e reutilização de materiais e componentes de construção.
	Bahers et al. (2020).	Estudar as relações de poder entre as cidades e seu interior.
	Deus et al. (2020).	Criar uma classificação dos municípios estudados, com base na pontuação agregada dos indicadores, para identificar práticas centrais de gerenciamento de resíduos que podem ser implementadas para melhorar a gestão dos RSU, especialmente para os pequenos municípios.
	Andreoni, V. (2020).	Investigar como as mudanças demográficas e econômicas influenciaram a energia usada na Irlanda em diferentes níveis de análise.
Banco de dados e fluxo de carbono	Magnusson et al. (2019).	1) apresentar o modelo Optimass e aplicar o modelo (2) analisar a autossuficiência regional em relação aos materiais do solo e das rochas; (3) analisar mudanças na eficiência do material, demanda de transporte e emissões correspondentes de GEE, comparando um cenário comercial como de costume com um cenário de coordenação de solos e rochas.

Fonte: Dados de pesquisa (2020).

O Quadro 4 apresenta as soluções e as conclusões discutidas no portfólio pelos os autores.

Quadro 4 – Soluções/conclusões discutidas no portfólio

Assunto	Autor (Ano)	Soluções/conclusões
Gestão urbana	Townsend (2000).	As cidades podem testemunhar a intensificação da atividade urbana - a aceleração do metabolismo urbano.
	Pauleit; Duhme (2000).	Foi desenvolvido um sistema para delinear unidades de cobertura da terra urbana.
	Huang; Hsu (2003).	A reciclagem e reutilização de resíduos de construção não só podem criar um padrão circular de metabolismo urbano, mas também são vitais para o desenvolvimento sustentável de Taipei.
	Kennedy et al. (2007).	Os formuladores de políticas urbanas devem ser incentivados a entender o metabolismo urbano de suas cidades. Eles devem considerar em que medida seus recursos mais próximos estão quase esgotados e, se necessário, estratégias apropriadas para retardar a exploração.
	Pincetl et al. (2012).	Conclui-se sugerindo que a análise do metabolismo urbano, para ser eficaz, também requer um arcabouço político-ecológico-teórico e uma compreensão de poder e dinheiro.
	Thakuria et al. (2020).	A necessidade de formar grupos interdisciplinares que tragam diferentes habilidades e perspectivas para as etapas de design, coleta e processamento.
	Yu et al. (2020).	Sugere-se ao governo que implemente políticas preferenciais fiscais para obter uma reciclagem eficaz de sucata e o governo precisa aumentar a oferta de recursos de ferro e aço para atender à crescente demanda de serviços.
	Arora et al. (2020).	Fechamento das avaliações de mineração urbana às práticas específicas da demanda, através da construção de moradias de baixo custo, que podem ajudar na descarbonização das cidades e fornecer às comunidades regionais moradias adequadas para melhor adaptar as vulnerabilidades às mudanças climáticas.
	Deus et al. (2020).	Para novas melhorias na gestão desses municípios, sugere-se que práticas que envolvam reciclagem e integração de catadores com treinamento técnico adequado sejam desenvolvidas e implementadas posteriormente.
	Andreoni, V. (2020).	Os principais resultados mostram que o padrão de vida tem sido o principal fator que influencia o aumento do consumo de energia.
Gestão industrial	Neves et al. (2020).	A análise dos estudos de caso publicados permitiu uma visão geral da simbiose industrial no mundo e mostrou que o potencial de aplicação é enorme, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países com economias em desenvolvimento.
	He et al. (2020).	Os resultados indicam que a indústria terciária falha em promover o desenvolvimento de suas indústrias a montante e a produtividade da água virtual integral dessa indústria está em declínio.
	Yu et al. (2020).	Conclui-se que a maioria dos parques industriais japoneses fornece emissões do Escopo 1, 2 e 3, enquanto na Coreia do Sul, os parques se concentram principalmente nas emissões do Escopo 1.
Criação de banco de dados	Barles, S. (2009).	Os dados mostram que Paris depende de um fornecimento de material para os subúrbios e uma região como um todo para o tratamento. Esses resultados demonstram as consequências materiais da concentração de atividades no centro da cidade.
	Chen et al. (2020).	Os resultados sugerem que o governo construa um banco de dados para consumo de energia, água e alimentos.
Gases de efeito estufa	Kennedy et al. (2010).	Foi desenvolvida uma metodologia consistente para determinar as emissões de GEE atribuíveis às cidades.
	Chen; Chen (2012).	Foi desenvolvido um modelo de fluxo de carbono baseado na Network Environ Analysis (NEA).
	Magnusson et al. (2019).	Locais de reciclagem estrategicamente localizados para coordenação de materiais poderiam reduzir a demanda por solo e rocha transporte e emissões de GEE relacionadas ao transporte.
	Lu et al. (2020).	Os resultados destacam que, com as atividades potenciais de SI / UrS em uso, é possível obter economia significativa de recursos, redução de resíduos, redução de emissão de CO2 e economia de emergências.

	Chen et al. (2020).	O inventário de carbono consumido e armazenado para o metabolismo urbano deve receber mais crédito pelo papel que pode desempenhar na estabilização do futuro clima global.
	Zhang et al. (2020).	O método reflete as características variáveis do consumo de nitrogênio urbano e os impactos das atividades humanas.
	Xu et al. (2020).	As estratégias do lado da produção (PSS) e do lado do consumo (CSS) serão adotadas para regular diferentes setores de categoria e depois traduzidas em interferências nas importações / exportações poluidoras dos setores na rede metabólica de NOx urbano, respectivamente.
Avaliação do metabolismo	Kennedy et al. (2011).	As direções futuras incluem uma integração mais completa dos indicadores sociais, de saúde e econômicos na estrutura do metabolismo urbano.
	Kennedy et al. (2015).	A estreita correlação entre o uso per capita de eletricidade e a área urbanizada per capita na macro escala é uma consequência da relação em microescala entre o uso de eletricidade e a área bruta de construção.
	Singh; Narain (2020).	Entender a natureza mutável dos fluxos de bens, serviços e recursos nos espaços periurbanos e as ligações entre aldeias e centros urbanos. Segundo, é importante reconhecer a diversidade de mecanismos através dos quais os recursos naturais são alocados.
	Maranghi et al. (2020).	Tratar o ambiente urbano como um sistema complexo nos levou a identificar um conjunto de seis subdimensões urbanas, caracterizadas por fluxos que mostram interdependência tanto sob o ponto de vista da infraestrutura quanto da qualidade de vida (assim como para utilidades / regulamentação).
	Stephan et al. (2020).	Os resultados também demonstram a necessidade de deixar de conduzir apenas uma análise de fluxo de material com foco na massa, mas também de incluir fluxos e custos ambientais incorporados, uma vez que esses não foram correlacionados com a massa.
	Bahers et al. (2020).	Nossa pesquisa mostrou que, combinando a EFA – energy flow analysis e as políticas e a investigação de práticas econômicas, podemos revelar vários fatores que impulsionam as relações metabólicas.
Gestão urbana	Sahely et al. (2003).	Com as informações quantitativas coletadas sobre metabolismo urbano (UM) da cidade os gestores conseguiriam tomar decisões mais certas sobre o planejamento urbano. Sobre a falta de dados e sua qualidade é essencial a criação de um banco de dados criação de banco de dados de carbono organizado e integrado na cidade.

Fonte: Dados de pesquisa (2020).

A partir dessas análises foi possível destacar que em grande parte os autores apontam como direções futuras do estudo sobre metabolismo urbano: a necessidade de gestores urbanos e industriais conhecerem e aplicarem metodologia do MU. Um dos pontos fundamentais é a situação crítica para a criação de um banco de dados a respeito do MU nas cidades, que em grande parte das análises, nos locais empregados como estudo de caso, as soluções se concentram na quantificação das emissões de gases de efeito estufa, como no caso do Carbono.

5. Conclusão

Inúmeros benefícios que o conceito de cidade inteligente vem trazendo para a discutir os problemas que envolvem o tema metabolismo urbano e outros aspectos que englobam diferentes áreas da gestão urbana, além de apresentar os desafios que precisam ser superados para gerar sistemas urbanos sustentáveis, que atendam às demandas da população local e global.

Conclui-se, portanto, que os objetivos do artigo foram alcançados, de tal modo que foi possível identificar os principais conceitos sobre metabolismo urbano e analisar o cenário das publicações a respeito do constructo “urban metabolism”, com o aporte dos autores, considerando os 29 artigos no portfólio, utilizando a metodologia da Methodi Ordinatio para a revisão sistemática de literatura. Os principais resultados foram às análises bibliométricas realizadas e suas discussões. Destaca-se a importância encontrada na literatura do tema sobre metabolismo urbano ser um forte aliado dos planejadores

urbanos nas *Smart Cities* e a situação crítica para a criação de um banco de dados sobre metabolismo urbano nas cidades modernas.

Referências

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart Cities: definitions, dimensions, performance and initiatives. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n. 1, p. 3-21, 2015.

ARORA, Mohit et al. Buildings and the circular economy: Estimating urban mining, recovery and reuse potential of building components. Resources, **Conservation and Recycling**, v. 154, p. 104581, 2020.

BAHERS, Jean-Baptiste; TANGUY, Audrey; PINCETL, Stéphanie. Metabolic relationships between cities and hinterland: a political-industrial ecology of energy metabolism of Saint-Nazaire metropolitan and port area (France). **Ecological Economics**, v. 167, p. 106447, 2020.

BARLES, Sabine. Urban metabolism of Paris and its region. **Journal of industrial ecology**, v. 13, n. 6, p. 898-913, 2009.

CHEN, I.-Chun et al. Assessing the risk of the food-energy-water nexus of urban metabolism: A case study of Kinmen Island, Taiwan. **Ecological Indicators**, v. 110, p. 105861, 2020.

CHEN, Shaoqing et al. Physical and virtual carbon metabolism of global cities. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2020.

CHEN, Shaoqing; CHEN, Bin. Network environ perspective for urban metabolism and carbon emissions: a case study of Vienna, Austria. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 8, p. 4498-4506, 2012.

HOLDEN, E.; LINNERRUD, K.; BANISTER, D. The imperatives of sustainable development. **Sustainable Development**, v. 25, n. 3, p. 213–226, 2017.

HUANG, Shu-Li; HSU, Wan-Lin. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction. **Landscape and Urban Planning**, v. 63, n. 2, p. 61-74, 2003.

KENNEDY, Christopher A. et al. Energy and material flows of megacities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 19, p. 5985-5990, 2015.

KENNEDY, Christopher et al. Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities. **Energy policy**, v. 38, n. 9, p. 4828-4837, 2010.

KENNEDY, Christopher; CUDDIHY, John; ENGEL-YAN, Joshua. The changing metabolism of cities. **Journal of industrial ecology**, v. 11, n. 2, p. 43-59, 2007.

KENNEDY, Christopher; PINCETL, Stephanie; BUNJE, Paul. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. **Environmental pollution**, v. 159, n. 8-9, p. 1965-1973, 2011.

LU, Chunyang et al. Uncovering the benefits of integrating industrial symbiosis and urban symbiosis targeting a resource-dependent city: A case study of Yongcheng, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 255, p. 120210, 2020.

MAGNUSSON, Simon et al. Coordinating soil and rock material in urban construction—Scenario analysis of material flows and greenhouse gas emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, p. 118236, 2019.

MARANGHI, Simone et al. Integrating urban metabolism and life cycle assessment to analyse urban sustainability. **Ecological Indicators**, v. 112, p. 106074, 2020.

NEVES, Angela et al. A comprehensive review of industrial symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, p. 119113, 2020.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.

PAULEIT, Stephan; DUHME, Friedrich. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. **Landscape and urban planning**, v. 52, n. 1, p. 1-20, 2000.

PINCETL, Stephanie; BUNJE, Paul; HOLMES, Tisha. An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes. **Landscape and urban planning**, v. 107, n. 3, p. 193-202, 2012.

SAHELY, Halla R.; DUDDING, Shauna; KENNEDY, Christopher A. Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 30, n. 2, p. 468-483, 2003.

SINGH, Aditya Kumar; NARAIN, Vishal. Lost in transition: Perspectives, processes and transformations in Periurbanizing India. **Cities**, v. 97, p. 102494, 2020.

STEPHAN, André et al. Analysing material and embodied environmental flows of an Australian university—Towards a more circular economy. Resources, **Conservation and Recycling**, v. 155, p. 104632, 2020.

THAKURIAH, Piyushimita Vonu et al. Integrated Multimedia City Data (iMCD): A composite survey and sensing approach to understanding urban living and mobility. Computers, **Environment and Urban Systems**, v. 80, p. 101427, 2020.

TOWNSEND, Anthony M. Life in the real-time city: Mobile telephones and urban metabolism. **Journal of urban technology**, v. 7, n. 2, p. 85-104, 2000.

YU, Biying; AN, Runying; ZHAO, Guangpu. Spatial and temporal disparity of the in-use steel stock for China. Resources, **Conservation and Recycling**, v. 155, p. 104667, 2020.