

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

COMPREENDENDO AS CIDADES INTELIGENTES SOB O PRISMA DA AUTOPOIÉISIS

Michele Kremer Sott, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS),
sott.mk@gmail.com

Resumo

As cidades são sistemas urbanos complexos compostos por muitas dimensões interagentes que são indispensáveis para a prosperidade do espaço urbano e da população que nela reside. Durante décadas, acadêmicos e profissionais envolvidos no desenvolvimento regional e nas dinâmicas territoriais têm explorado o surgimento e o crescimento das cidades. O conceito de ‘cidade inteligente’ atravessa e é atravessado por outros conceitos e fenômenos que, embora possuam origens distintas, progridem em direções e caminhos análogos. Com esta problemática em mente, este trabalho consiste em uma revisão de escopo da literatura, apoiada pelo protocolo PRISMA-ScR, com o objetivo de investigar as principais teorias por trás do desenvolvimento do campo de pesquisa das cidades inteligentes. Esta pesquisa contribui com a literatura em dois aspectos principais. Primeiro, este estudo é precursor no que tange a identificação de teorias do campo de cidades inteligentes, podendo nortear futuros estudos na área. Segundo, assume a Teoria Geral dos Sistemas como axioma para analisar as cidades inteligentes. Assim, entende-se que as cidades são sistemas autopoieticos complexos e abertos, formados por multidimensões e elementos que se inter-relacionam e retroalimentam para que o espaço urbano prospere e se desenvolva em direção aos objetivos da cidade e de sua população.

Palavras-chave: cidades inteligentes, ecossistemas urbanos, sistemas urbanos, *smart cities*.

1. Introdução

O conceito de ‘cidade inteligente’ atravessa e é atravessado por outros conceitos e fenômenos que, embora possuam origens distintas, progridem em direções e caminhos análogos. Há várias décadas, inúmeros estudiosos e praticantes do campo do desenvolvimento regional e das dinâmicas territoriais avançam as discussões acerca do surgimento e do desenvolvimento das cidades (Engel et al., 2018; Sott, Faccin e Silva). Em 1979, Edward Chen compôs um trabalho seminal de análise comparativa de duas décadas de crescimento de Hong Kong, Coréia, Japão, Taiwan e Singapura. Ao aprofundar as discussões sobre cidades e países situados em territórios com diferentes dinâmicas econômicas e culturais, o autor alavancou os debates sobre a evolução dos espaços urbanos e suas inter-relações com a sociedade civil organizada, com as trajetórias políticas e com as dinâmicas econômicas regionais (Chen, 1979). Desde então, as discussões sobre o tema avançaram a passos largos e, com elas, diversos conceitos foram talhados na literatura acadêmica para tentar explicar a evolução das cidades.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Em 1980 o conceito de ‘cidade verde’ surgiu para discutir o impacto dos sistemas de transporte no bioma local, a fim de identificar soluções ambientais eficazes (Johnson, 1980). Mais tarde, o conceito de ‘cidade sustentável’ passou a incorporar ações econômicas e sociais, juntamente às ações ambientais das cidades verdes, a fim de melhorar o uso dos recursos naturais, a gestão de resíduos e o tráfego urbano, entre outras ações para o desenvolvimento de cidades e comunidades mais sustentáveis (Cadman, 1983). Até a atualidade, os pilares do desenvolvimento sustentável (Triple Bottom Line – ambiental, econômico e social) permanecem ancorando estudos sobre a transformação dos espaços urbanos (Reyes-Rubiano et al., 2021).

Outros conceitos como ‘cidades do conhecimento’ (Ihlanfeldt, 1995), ‘cidades digitais’ (Tan, 1999), ‘cidades educadoras’ (Essomba et al., 2022) e ‘cidades resilientes’ (Godschalk, 2003) surgiram na literatura explicando diferentes características e necessidades dos espaços urbanos. A partir destes conceitos, tópicos até então pouco explorados passaram a ganhar espaço de discussão, como a criação e o compartilhamento de conhecimento, a adoção de tecnologias digitais emergentes, o fomento à educação empreendedora e a capacidade de adaptação das áreas urbanas frente eventos inesperados. Além disso, projetos e ações começaram a ser propostos para a transformação das cidades em ambientes mais humanos, ecologicamente sustentáveis e conscientes.

Apesar da pluralidade de conceitos identificados na literatura, o presente estudo se debruça sobre um conceito que, embora mais antigo que outros, surgiu e foi adaptado para ser mais amplo e integrativo que os demais. Proposto em 1999 (Mahizhnan, 1999; Neville, 1999), o conceito de ‘*smart city*’ (em português usualmente traduzido como ‘cidade inteligente’) foi talhado a partir das lacunas pulsativas desencadeadas pelos conceitos anteriores. Apesar da validade dos demais conceitos supracitados, é possível perceber que eles se desenvolveram com base em aspectos únicos das cidades, fortalecendo ainda mais a necessidade de analisar os espaços urbanos como um todo. Assim, o conceito de ‘cidade inteligente’ tem, em sua progênie multiconceitual, a união de muitos objetivos que visam tornar as cidades mais sustentáveis, humanas, inclusivas, resilientes e com maior qualidade de vida aos seus cidadãos.

Apesar do conceito de cidades inteligentes ser mais amplo e integrativo que os demais, ainda é utilizado para analisar as cidades sob diferentes óticas. Muitos autores se debruçam unicamente sobre as tecnologias digitais emergentes (Javed et al., 2023), enquanto outros exploram os pilares da sustentabilidade (Kutty et al., 2023), a mobilidade urbana (Savastano et al., 2023), o setor de saúde pública (El-Shafai et al., 2023) e inúmeros outros contextos ou fatores urbanos individualmente. As cidades, no entanto, são sistemas complexos compostos por muitas dimensões que interagem entre si e que são indispensáveis para o avanço e a prosperidade do espaço urbano e da população que nela reside.

Com esta problemática em mente, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar as teorias mais utilizadas na literatura para explorar as cidades inteligentes, além de examinar a teoria cujo potencial é mais amplo e integrativo para analisar o fenômeno. Cabe aqui justificar o uso da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) para explicar o conceito das cidades inte-



ligentes, devido seu potencial de analisar sistemas complexos compostos por múltiplas dimensões e elementos. Neste cenário, uma cidade inteligente (sistema) é composta por componentes como economia, pessoas, governança, infraestrutura urbana, ambiente natural etc. (subsistemas ou dimensões do sistema) (Ostrom, 2009; Meerow et al., 2016; Spiliotopoulou e Roseland, 2020), que por sua vez, são compostos por elementos como renda, educação, saúde, entre outros.

Para responder ao objetivo desta pesquisa, foi realizada uma revisão de escopo da literatura, cujo método é apresentado na próxima seção. Foram definidas duas perguntas de pesquisa: i) Quais as principais teorias utilizadas para analisar o conceito de cidades inteligentes? ii) Como pode ser entendido o fenômeno das cidades inteligentes quando analisado sob a ótica da Teoria Geral dos Sistemas (TGS)? Os resultados evidenciam a complexidade do campo de estudo e servem de base para estudos futuros que visem analisar as cidades inteligentes sob a ótica dos sistemas complexos autopoieticos.

2. Metodologia

Esta revisão de literatura, de cunho crítico-reflexivo, é ancorada pelo protocolo PRISMA-ScR (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews*) (Tricco et al., 2015). O PRISMA-ScR (extensão do PRISMA-P) foi escolhido por ser um dos mais robustos protocolos para revisão de escopo da literatura. As etapas do protocolo guiam os pesquisadores nas etapas de Identificação, Triagem, Elegibilidade e Inclusão de estudos associados às perguntas de pesquisa exploradas (Sott, Bender e Baum, 2022; Dias et al., 2021).

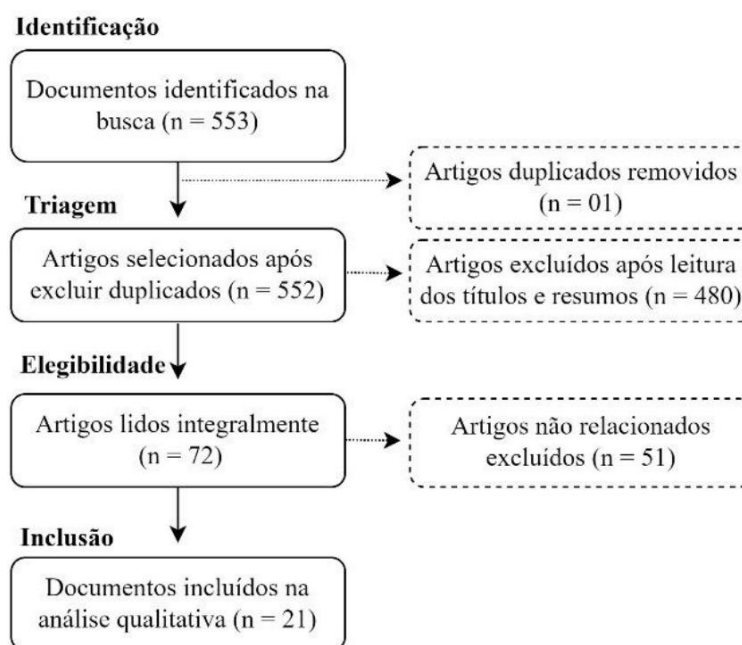
Na etapa de Identificação, foi realizada uma busca por documentos relacionados ao objetivo do presente estudo. Para isso, foi utilizada a base de dados Web of Science, por se tratar de uma base com revistas de alto fator de impacto indexadas e pesquisas de qualidade revisadas por pares (Sott et al., 2020; Severo et al., 2021; Sott, Baum e Bender, 2022). A busca foi realizada a partir da definição de critérios de inclusão e exclusão. Os documentos associados foram identificados a partir da *string* de busca: “theory” and “smart cit*”. Para compor a análise foram selecionados apenas artigos e revisões de literatura, publicados em inglês. Não foram aplicados filtros de período e áreas de estudo, uma vez que as discussões acerca de cidades inteligentes são multidisciplinares e atravessam diversos campos de estudo ao longo do tempo.

Foram identificados 553 documentos, dos quais 1 duplicado foi removido. Uma vez selecionados, os documentos passaram pela etapa de Triagem, onde todos os títulos e resumos foram lidos para refinar o número de estudos associados à presente pesquisa. Documentos sem acesso e sem relação direta com as questões de pesquisa foram removidos, restando 72 documentos. Na sequência, os documentos restantes foram incluídos na etapa de Elegibilidade, onde foram lidos integralmente e categorizados de acordo com seus resultados. Assim, identificou-se as vertentes teóricas presentes em cada estudo e sua aplicação no contexto das cidades inteligentes.



Ao final, 21 documentos remanescentes compuseram a etapa de Inclusão e análise qualitativa, sendo utilizados para responder as questões de pesquisa previamente apresentadas (Furstenau et al., 2023). A Figura 1 apresenta as etapas do PRISMA-ScR e respectivos resultados.

Figura 1. Etapas do protocolo PRISMA-ScR.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Cabe ressaltar que durante a classificação das pesquisas, estas foram separadas em grupos de acordo com a vertente teórica identificada. Deste modo, a classificação geral permitiu responder a primeira pesquisa e identificar as principais lentes teóricas utilizadas no campo de estudo. Um cluster foi formado pelas pesquisas que utilizaram a Teoria Geral dos Sistemas, entendida neste estudo como a teoria mais abrangente para auxiliar na compreensibilidade das cidades inteligentes. Os estudos classificados neste grupo permitiram responder a segunda questão de pesquisa do presente trabalho.

3. Resultados

Embora seja elevado o número de publicações no campo de estudo, poucas teorias são exploradas com algum grau de profundidade acerca das cidades inteligentes. As teorias explícitas nos estudos consultados são apresentadas a seguir.



3.1 Abordagens teóricas das cidades inteligentes

- Teoria das Capacidades Dinâmicas: busca explicar como as organizações criam e renovam recursos e competências para a criação e sustentação de vantagem competitiva. No contexto estudado, as capacidades dinâmicas suportam a vantagem competitiva das firmas que, por sua vez, aumentam a inovação do espaço onde estão inseridas e fomentam o desenvolvimento das cidades inteligentes (Chong et al., 2018; Linde et al., 2021).

- Teoria do Desenvolvimento Baseado em Conhecimento: considera o conhecimento como elemento estruturante central de uma estratégia de desenvolvimento para as cidades e regiões. Consiste na identificação coletiva e na valorização de um conjunto de valores cujo equilíbrio favorece a viabilidade e a transcendência de uma determinada comunidade (Yigitcanlar, 2010; Lönnqvist et al., 2014; Carrillo et al., 2014; Chang et al., 2018).

- Teoria das Capacidades Absortivas: tem como foco central a forma como novos conhecimentos provenientes de fontes externas ou obtidos por meio de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) são usados para incrementar o grau de inovação de determinada região. A capacidade absortiva é considerada um pressuposto primário de inovação regional, onde todos os atores (cidadãos, instituições e governo) atuam em rede para manter e desenvolver a região (Caragliu et al., 2013; Jucevičius et al., 2017; Ishkineeva et al., 2015).

- Teoria da Coprodução: assume que sinergias podem ser encontradas a partir de múltiplos atores e interações público-privadas. Os papéis do público em geral e dos governos municipais são igualmente cruciais e, quando ambos contribuem para a política pública e sua implementação, os benefícios alcançados podem ser maximizados (Ostrom, 1996; HuangLachmann, 2019).

- Teoria da Modernização Ecológica: esta lente teórica reconhece explicitamente que os problemas e desafios ambientais formam parte do núcleo central das mudanças estruturais necessárias para a transformação das cidades. Seu foco é na criação de eco-cidades com design sustentável, eficiência de recursos e crescimento econômico (Spiliotopoulou e Roseland, 2020).

- Teoria Geral de Sistemas: nesta vertente teórica, uma cidade inteligente é um sistema composto por inúmeros subsistemas que operam em conjunto para alcançar um objetivo comum (Ostrom, 2009; Meerow et al., 2016; Spiliotopoulou e Roseland, 2020). Ao considerar as cidades como sistemas complexos em constante transformação, esta teoria é uma das mais abrangentes para estudar o fenômeno, permitindo analisar todas as dimensões urbanas e, por esta razão, é explicada com maior profundidade na próxima seção.

Deste modo, foram identificadas as principais vertentes teóricas utilizadas para explicar o fenômeno das cidades inteligentes. Outras teorias podem ter sido utilizadas em outros estudos não identificados nesta revisão ou publicados em outras bases de periódicos. No entanto, as principais teorias identificadas nesta revisão foram aqui apresentadas, a fim de que possam ajudar outros pesquisadores, sobretudo os principiantes, e guiar futuras pesquisas no campo de estudo.



3.2 Teoria Geral dos sistemas

Os resultados deste estudo são ancorados na literatura acadêmica de cidades inteligentes. Apenas pesquisas que apresentaram abordagens fortemente ancoradas em vertentes teóricas robustas e validadas foram incluídas na análise qualitativa. Apesar do número de estudos sobre cidades inteligentes permanecer crescendo exponencialmente, poucos pesquisadores utilizaram abordagens teóricas de forma explícita.

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi criada por volta de 1950 pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy. Nesta abordagem teórica, um sistema é formado por diversos componentes e elementos que interagem entre si e com o ambiente para alcançar um objetivo final. A partir de seus inúmeros mecanismos físicos e abstratos inter-relacionados e em sinergia, um sistema pode ser considerado um modelo orgânico que opera de modo aberto.

De acordo com a TGS, a falta de sinergia nas inter-relações entre as partes pode causar a entropia e desintegração do sistema (Von Bertalanffy, 1975). Ao longo do tempo, a TGS ancorou pesquisas de diversas áreas do conhecimento, como administração, economia, engenharia e sociologia. Em 1991, Luhmann partiu da TGS para estudar as relações entre elementos que compõe a sociedade. O autor avançou a teoria dos sistemas para a criação e classificação dos sistemas sociais em allopoiéticos (técnicos) e autopoiéticos (organismos, sistemas sociais ou sistemas psíquicos) (Luhmann, 1995). Os sistemas sociais autopoiéticos representam as interações humanas, as organizações e as sociedades (Luhmann, 1995). É precisamente nesta autopoiesis que se enquadram as cidades inteligentes. Em outras palavras, ao passo em que as cidades inteligentes são analisadas como um sistema autopoiético, assume-se que possuem componentes que se inter-relacionam e retroalimentam para que o desenvolvimento urbano ocorra e a cidade alcance um objetivo comum (Cunha, 2019).

Além disso, a TGS se destaca frente a outras teorias por ser ancorada pelo expansionismo (todo fenômeno faz parte de um fenômeno maior), pelo pensamento sintético (cada fenômeno desempenha um papel no sistema maior) e pela teleologia (cada fenômeno atua em direção a um propósito ou finalidade) (Von Bertalanffy, 1975). Assim, um sistema urbano (cidade) inteligente é constituído por componentes e fenômenos que pertencem ao todo, seguindo uma lógica sistêmica onde as inter-relações entre diversos componentes com características próprias impactam e são impactados por outros componentes. São estes componentes e suas inter-relações que dão às cidades inteligentes a capacidade de desenvolver habilidades para absorver conhecimento, inovação e competitividade (Spiliotopoulou e Roseland, 2020) e, por isso, precisam ser identificados e compreendidos.

Para compreender melhor como tais dimensões e elementos se relacionam, a cidade inteligente é analisada como um sistema urbano complexo. É importante compreender que sob a ótica da TGS todo sistema é composto por subsistemas, aqui também compreendidos como dimensões e elementos.

- Cidade inteligente: sistema complexo autopoiético aberto e multidimensional.



- Componentes: são todos os subsistemas do sistema maior. Em uma cidade inteligente, os componentes são as dimensões e os elementos urbanos.

- Dimensões: formam a malha urbana, são elas: economia, pessoas, ambiente natural, infraestrutura urbana, organizações, governança e tecnologia e inovação.

- Elementos: são os componentes que dão forma às dimensões. Tomando como exemplo a dimensão ‘economia’, têm-se os elementos: emprego de qualidade, acesso à saúde, educação de qualidade, moradia, renda, fomento a negócios, custo de vida ideal, segurança pública, entre outros.

Apesar do potencial da TGS de auxiliar na compreensão de fenômenos complexos como os espaços urbanos, até o momento, a maior parte das pesquisas em cidades inteligentes, mesmo as que utilizaram a TGS, tem sido fragmentadas, lidando apenas com preocupações ou problemas específicos da cidade (Cavalcante et al., 2016). Na prática, isso limita a interação entre as dimensões urbanas e seus atores. Na teoria, restringe as possibilidades de trocas de conhecimento entre pesquisadores especialistas em suas áreas. A TGS permite que seja lançado um olhar sobre o todo e, nesta pesquisa em particular, auxilia na compreensão do conceito de cidade inteligente e de sua multidimensionalidade.

3.3 Cidade Inteligente: um sistema autopoietico complexo

Na TGS a ênfase é dada para as inter-relações e para a interdependência entre os componentes que formam um sistema, que é visto como uma totalidade integrada (Von Bertalanffy, 1975). A partir da abordagem sistêmica, uma cidade inteligente pode ser compreendida com um sistema complexo, multidimensional, adaptativo e interconectado que envolve áreas interdisciplinares como sociologia, economia, engenharia, ecologia, agronomia, antropologia, administração e ciência política (Roseland, 2012; Uphoff, 2014; Spiliotopoulou e Roseland, 2020).

Em uma cidade inteligente, a complexidade, a dinamicidade, a não-linearidade e a interdependência entre os elementos ao longo do tempo fazem com que qualquer mudança em uma das partes afete todo o sistema. Sob a ótica da TGS, ao serem observadas como um sistema complexo aberto que atua em múltiplas dimensões, as cidades inteligentes se relacionam com determinados parâmetros e características que facilitam a interoperabilidade entre seus diferentes subsistemas para que estes operem em direção a um propósito.

Adaptando os princípios de Von Bertalanffy (1975), as principais características de um sistema urbano complexo (cidade inteligente) podem ser definidas como:

- Sinergia: interações eficazes entre as dimensões e elementos do sistema possibilitam seu funcionamento adequado.

- Negentropia: um componente negentrópico é aquele que contribui para o equilíbrio e para o desenvolvimento da cidade, de forma que o sistema não entre em estado de entropia. Neste sentido, cada dimensão deve ter seu papel ativo no sistema.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- Retroalimentação: todos as dimensões e elementos passam por processos de transformação, gerando *inputs* e *outputs* que retroalimentam o sistema.
- Resiliência: capacidade do sistema de superar distúrbios de fenômenos externos.
- Holismo: o sistema deve ser estudado como um todo, pois as dimensões e elementos não são explicáveis a partir de propriedades individuais reducionistas. Deve-se focalizar no arranjo todo e nas relações entre as partes que interagem e interconectam-se organicamente.
- Interdependência: as interações internas e externas entre as dimensões e seus elementos possuem relações de causa e efeito.
- Morfogênese: capacidade de se modificar, se corrigir e melhorar ao longo do tempo para obter melhores resultados.
- Homeostasia: autorregulação capaz de garantir a permanência e o equilíbrio do sistema através de sua constante transformação.
- Adaptabilidade: capacidade de lidar com rupturas e distúrbios. A adaptabilidade é um ciclo que leva a cidade a períodos de mudanças, que podem ou não ser seguidos por períodos de homeostase.

As cidades enquanto sistemas autopoieticos complexos e multidimensionais apresentam interações com o meio ambiente por meio de entradas e saídas, e sua natureza orgânica faz com que as mudanças em uma parte do sistema afetem as outras, ou que uma dimensão do sistema produza alterações em outras dimensões. Com base nisso, entende-se que uma cidade inteligente tem como principal aspecto a autopoiesis, isto é, constitui-se como um sistema complexo – e seus subsistemas – e desenvolve-se ao passo em que suas dimensões e elementos interagem entre si, operando funções específicas que contribuem para o desenvolvimento do todo. Uma cidade inteligente é multidimensional sob a ótica da TGS, uma vez que cada uma de suas dimensões é composta por elementos-chaves que se retroalimentam e ancoram seu desenvolvimento. Os sistemas existem dentro de outros sistemas, são abertos, e suas funções dependem de sua estrutura.

Assim, seguindo a lógica da TGS, a cidade é um sistema, composto por outros sistemas (dimensões) que compõem outros sistemas (elementos). Em outras palavras, uma cidade é um sistema complexo composto por diversos subsistemas menores (economia, governança, pessoas etc.), que são estruturados do modo necessário para que a cidade opere e prospere. A estrutura da cidade define funções para os subsistemas, que geram *inputs* e *outputs*, e passam por constantes processos de transformação que afetam as demais partes do sistema. Além disso, nas cidades inteligentes deve haver um processo de retroalimentação que leve à morfogênese sinérgica entre os elementos.

Ao longo do tempo e da evolução das áreas urbanas, inúmeros cientistas dedicaram esforços na compreensão e representação de sistemas urbanos através de discussões sobre o metabolismo das cidades (Kennedy et al., 2007) e a formação de ecossistemas urbanos (Alberti et al., 2003). A economista Elinor Ostrom foi pioneira no estudo de sistemas socioecológicos complexos ao considerar os diferentes níveis, componentes e configurações do sistema urbano (Ostrom, 2009; Anderies et al., 2004; McGinnis e Ostrom, 2014). Avançando as análises de

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Ostrom, um dos mais importantes trabalhos na área de sistemas urbanos complexos utilizando a TGS foi desenvolvido por Meerow et al. (2016), que classificaram os sistemas urbanos em quatro macrodimensões acopladas, multiescaláveis e interconectadas de redes socioecológicas e sociotécnicas: redes de governança, fluxos de materiais e energia, infraestrutura e forma urbana, e dinâmica socioeconômica (ver mais em Meerow et al., 2016).

O diagrama conceitual de Meerow et al. (2016), no entanto, não considera algumas dimensões urbanas, como ‘tecnologia e inovação’, como componente da dinâmica urbana. No entanto, percebe-se a presença de discussões sobre o papel da tecnologia e da inovação nas diversas áreas do conhecimento, apresentando impacto direto e imprescindível sobre as engrenagens urbanas. As novas tecnologias e a inovação são, muitas vezes, o fomento que move a cidade ou parte dela, envolvendo governo, instituições de pesquisa e desenvolvimento, universidades, organizações privadas ou públicas que integram a cidade (Sharif, 2012).

Deste modo, percebe-se que as macrodimensões propostas por Meerow e colegas são válidas, mas não incorporam todas as dimensões urbanas, o que fragiliza o modelo dos autores. Além disso, ao analisar as cidades inteligentes sob a lente da TGS, entende-se que a abordagem multiescalar de Meerow et al. (2016) mostra-se inadequada por definir uma ordem de importância para as macrodimensões. No presente estudo, as cidades inteligentes são analisadas a partir das raízes mais profundas da TGS, considerando-as sistemas complexos multidimensionais.

Cabe ressaltar ainda, que neste estudo as cidades inteligentes não são consideradas escaláveis, mas atuantes em um sistema em rede. Neste sentido, é possível inferir que os elementos e as dimensões que dão forma às cidades inteligentes não se diferenciam dos sistemas urbanos tradicionais. O que torna as cidades mais inteligentes é a formação de um sistema aberto, onde as dimensões e respectivos elementos atuam em rede, se inter-relacionam, colaboram e retroalimentam tornando-se resilientes e sustentáveis com foco em um objetivo comum, que deve ser a qualidade de vida dos cidadãos. Assume-se aqui, que o sistema urbano forma uma rede interconectada, onde os elementos de cada dimensão são fatores-chaves para o desenvolvimento urbano e geram influências diferentes no sistema ao longo do tempo, sem assumir uma estrutura hierárquica como proposto por Meerow et al. (2016).

Assim, em determinando momento a dimensão governança, por exemplo, pode ser responsável pela implementação de políticas públicas que influenciam todo o sistema; em outro momento, alterações no ambiente natural podem exigir a adaptação das demais dimensões; ou ainda, fatores econômicos podem impactar o dinamismo de múltiplos elementos. Tais fenômenos podem ocorrer sozinhos ou concomitantemente. Existem muitas divergências na literatura sobre o desenvolvimento e a evolução das áreas urbanas ao longo do espaço-tempo para tornarem-se inteligentes (Charalabidis et al., 2020; Daneshvar et al., 2023; Baum e Sott, 2023).

Este estudo analisa as cidades inteligentes sob a ótica da TGS, assumindo que as diversas partes que dão forma as cidades (dimensões e elementos) permanecem as mesmas de outrora. No entanto, a maior parte das pesquisas continuam voltadas a fatores específicos na tentativa de transformar as cidades, quase que exclusivamente, através da tecnologia (Sánchez-Corcuera



et al., 2019; Gharaibeh et al., 2017; Haidine et al., 2016), da sustentabilidade (Peris-Ortiz et al., 2017) ou do crescimento econômico (Sergi et al., 2019). Logo, existe uma lacuna para explorar as cidades inteligentes a partir dos componentes já conhecidos, preocupando-se menos com dimensões individualizadas, e mais com a retroalimentação entre as partes interagentes e interdependentes. A inteligência das cidades emerge e se desenvolve a partir de suas dimensões, que por sua vez, movem os agentes de transformação (setor público, setor privado, instituições de ensino e sociedade civil organizada).

É importante ressaltar que as dimensões de cada cidade possuem níveis de desenvolvimento diferentes (e muitas vezes subjetivos) e por isso dificultam o processo de transformação da cidade, o que justifica a pulsante dificuldade de medir o grau de maturidade das cidades inteligentes (Patrão et al., 2020; Sharifi, 2019; Sharifi, 2020; Castanho et al., 2019). Portanto, reforça-se aqui a necessidade de avaliar a maturidade das cidades inteligentes sob uma ótica multidimensional, considerando as interrelações entre seus atores e componentes.

4. Conclusões

Este estudo explorou as vertentes teóricas do campo de estudo das cidades inteligentes. Para isso, foi realizada uma revisão de escopo da literatura a partir de documentos publicados na Web of Science, e analisados com apoio do protocolo PRISMA-ScR.

Este estudo contribui com a literatura em dois aspectos principais. Primeiro, identifica as principais lentes teóricas utilizadas para compreender e explorar o conceito de cidades inteligentes, podendo nortear futuros estudos na área. Segundo, assume a TGS como axioma para analisar as cidades inteligentes. Com isso, entende-se que as cidades inteligentes são sistemas autopoieticos complexos e abertos, formados por multidimensões e elementos que se inter-relacionam e retroalimentam para que o espaço urbano prospere e se desenvolva em direção aos objetivos da cidade que caminha em direção à inteligência.

Este estudo não é livre de limitações. Foi utilizada apenas a base de dados Web of Science para selecionar documentos associados ao campo estudo, limitando o número de documentos. Os demais filtros de busca, como idioma e palavras-chaves também são fatores limitadores, embora necessários para o seguimento da pesquisa. A escolha da TGS para discussão do conceito de cidade inteligente também limita o estudo, mas ocorreu devido à inclinação da literatura do campo de estudo.

No que tange aos resultados, entende-se que existem outras teorias utilizadas para analisar o fenômeno, mas que não se destacaram neste estudo dados os parâmetros de busca. Deste modo, sugere-se que sejam feitas futuras revisões da literatura em profundidade para identificar outras teorias que auxiliem na compreensão deste importante fenômeno. Além disso, reitera-se o potencial da TGS para analisar fenômenos complexos como as cidades inteligentes, e sugere-se pesquisas com maior nível de profundidade e que integrem as dimensões e elementos urbanos na análise. Apesar de compreender a necessidade de pesquisas e análises pontuais, defende-se aqui que o espaço urbano não deve ser compreendido apenas por meio de vieses específicos



e interesses políticos ou de pesquisa particulares (como tecnologias e crescimento econômico), mas por meio da complexidade autopoietica de um sistema em constante transformação.

Ademais, até onde se sabe, este estudo é precursor no que tange a identificação de teorias do campo de estudo de cidades inteligentes. Espera-se que os resultados deste trabalho auxiliem outros pesquisadores na compreensão do tema e que sirva de base norteadora para pesquisas futuras sobre cidades inteligentes como sistemas complexos autopoieticos.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. Referências bibliográficas

- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunnen, C. (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, 53(12), 1169-1179.
- Anderies, J. M., Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2004). A framework to analyze the robustness of socialecological systems from an institutional perspective. *Ecology and society*, 9(1).
- Baum, K. S., & Sott, M. K. (2023). Explorando o papel das cidades inteligentes na mitigação da pobreza. *REVES-Revista Relações Sociais*, 6(2), 16711-01e.
- Cadman, D. Resourceful cities: Towards an ecology of finance. *Town Country Plan*. 1983, 52, 218–220.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2013). Smart cities in Europe. In *Smart cities* (pp. 185-207). Routledge.
- Carrillo, F. J. (2014). What ‘knowledge-based’ stands for? A position paper. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 5(4), 402-421.
- Castanho, M. S., Ferreira, F. A., Carayannis, E. G., & Ferreira, J. J. (2019). SMART-C: Developing a “smart city” assessment system using cognitive mapping and the Choquet integral. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(2), 562-573.
- Cavalcante, Everton, et al. "Thinking smart cities as systems-of-systems: A perspective study." *Proceedings of the 2nd International Workshop on Smart*. 2016.
- Chang, D. L., Sabatini-Marques, J., Da Costa, E. M., Selig, P. M., & Yigitcanlar, T. (2018). Knowledgebased, smart and sustainable cities: A provocation for a conceptual framework. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(1), 5.
- Charalabidis, Y., Loukis, E., Alexopoulos, C., Vogiatzis, N., & Kolokotronis, D. (2020, June). Convergence and Divergence Between Municipalities and Citizens about Smart City Actions’

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Priorities. In the 21st Annual International Conference on Digital Government Research (pp. 97-108).

Chen, Edward KY. *Hypergrowth in Asian Economies: Comparative Study of Hong Kong, Japan, Korea, Singapore and Taiwan*. Springer, 1979.

Chong, M., Habib, A., Evangelopoulos, N., & Park, H. W. (2018). Dynamic capabilities of a smart city: An innovative approach to discovering urban problems and solutions. *Government Information Quarterly*, 35(4), 682-692.

Cunha, R. R. (2019). Rankings e Indicadores para Smart Cities: uma proposta de cidades inteligentes autopoiéticas. Daneshvar, F., Khademolhoseiny, A. H. M. A. D.,

Gandomkar, A., & Nadimi-Shahraki, M. H. (2023). Determining the Convergences and Divergences among Smart City Beneficiaries (Case Study: Isfahan City). *Geography and Urban Space Development*, 9(4), 55-73.

Dias, Janaína Lopes, et al. "Data mining and knowledge discovery in databases for urban solid waste management: A scientific literature review." *Waste Management & Research* 39.11 (2021): 1331- 1340.

El-Shafai, Walid, et al. "Analysis of Brain MRI: AIAssisted Healthcare Framework for the Smart Cities." *Intelligent Automation & Soft Computing* 35.2 (2023).

Engel, J. S., Berbegal-Mirabent, J., & Piqué, J. M. (2018). The renaissance of the city as a cluster of innovation. *Cogent Business & Management*, 5(1), 1532777.

Essomba, Miquel Àngel, et al. "Education for Sustainable Development in Educating Cities: Towards a Transformative Approach from Informal and Non-Formal Education." *Sustainability* 14.7 (2022): 4005.

Furstenau, L. B., Leivas, P., Sott, M. K., Dohan, M. S., López-Robles, J. R., Cobo, M. J., ... & Choo, K. K. R. (2023). Big data in healthcare: Conceptual network structure, key challenges and opportunities. *Digital Communications and Networks*.

Gharaibeh, Ammar, et al. "Smart cities: A survey on data management, security, and enabling technologies." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 19.4 (2017): 2456-2501.

Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: creating resilient cities. *Natural hazards review*, 4(3), 136-143.

Haidine, Abdelfatteh, et al. "The role of communication technologies in building future smart cities." *Smart Cities Technologies* 1 (2016): 1-24.

Huang-Lachmann, J. T. (2019). Systematic review of smart cities and climate change adaptation. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*.

Ihlanfeldt, K. R. (1995). The importance of the central city to the regional and national economy: a review of the arguments and empirical evidence. *Cityscape*, 125-150.



Ishkineeva, G., Ishkineeva, F., & Akhmetova, S. (2015). Major approaches towards understanding smart cities concept. *Asian Social Science*, 11(5), 70.

Janik, A., Ryszko, A., & Szafraniec, M. (2020). Scientific landscape of smart and sustainable cities literature: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 12(3), 779.

Javed, Abdul Rehman, et al. "A survey of explainable artificial intelligence for smart cities." *Electronics* 12.4 (2023): 1020.

Johnson, R. K. H. (1980). The "Green City" Concept Applied to the Auckland Isthmus. Canberra College of Advanced Education.

Jucevičius, R., Juknevičienė, V., Mikolaitytė, J., & Šaparnienė, D. (2017). Assessing the regional innovation system's absorptive capacity: the approach of a smart region in a small country. *Systems*, 5(2), 27.

Kennedy, C., Cuddihy, J., & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of industrial ecology*, 11(2), 43-59.

Khamisy-Farah, Rola, et al. "Big data for biomedical education with a focus on the COVID-19 era: an integrative review of the literature." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18.17 (2021): 8989.

Kutty, Aadeb A., et al. "Measuring sustainability, resilience and livability performance of European smart cities: A novel fuzzy expert-based multi-criteria decision support model." *Cities* 137 (2023): 104293.

Linde, L., Sjödin, D., Parida, V., & Wincent, J. (2021). Dynamic capabilities for ecosystem orchestration A capability-based framework for smart city innovation initiatives. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120614.

Lönnqvist, A., Käpylä, J., Salenius, H., & Yigitcanlar, T. (2014). Knowledge that matters: Identifying regional knowledge assets of the Tampere region. *European Planning Studies*, 22(10), 2011-2029.

Luhmann, N. (1995). Why systems theory. *Cybernetics & Human Knowing*, 3(2), 3-10.
Mahizhnan, A. (1999). Smart cities: the Singapore case. *Cities*, 16(1), 13-18.

McGinnis, Michael D., and Elinor Ostrom. "Socialecological system framework: initial changes and continuing challenges." *Ecology and society* 19.2 (2014).

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and urban planning*, 147, 38-49.

Neville, W. (1999). Managing the Smart City-State: Singapore Approaches the 21st Century 1. *New Zealand Geographer*, 55(1), 35-45.

Ostrom, E. (1996). Crossing the great divide: coproduction, synergy, and development. *World development*, 24(6), 1073-1087.



Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.

Patrão, C., Moura, P., & Almeida, A. T. D. (2020). Review of smart city assessment tools. *Smart Cities*, 3(4), 1117-1132.

Peris-Ortiz, Marta, Dag R. Bennett, and Diana PérezBustamante Yábar. "Sustainable smart cities." *Innovation, Technology, and Knowledge Management*, Springer International Publishing Switzerland, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40895-8> (2017).

Reyes-Rubiano, Lorena, et al. "The sustainability dimensions in intelligent urban transportation: a paradigm for smart cities." *Sustainability* 13.19 (2021): 10653.

Roseland, M. *Toward Sustainable Communities: Solutions for Citizens and Their Governments*, 4th ed.; New Society Publishers: Gabriola Island, BC, Canada, 2012; ISBN 0865717117.

Sánchez-Corcuera, R., Nuñez-Marcos, A., SesmaSolance, J., Bilbao-Jayo, A., Mulero, R., Zulaika, U., ... & Almeida, A. (2019). Smart cities survey: Technologies, application domains and challenges for the cities of the future. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(6), 1550147719853984.

Savastano, Marco, et al. "How smart is mobility in smart cities? An analysis of citizens' value perceptions through ICT applications." *Cities* 132 (2023): 104071.

Sergi, Bruno S., et al. "Smart cities and economic growth in Russia." *Modeling economic growth in contemporary Russia*. Emerald Publishing Limited, 2019. 249-272.

Severo, Priscilla Paola, et al. "Thirty years of human rights study in the web of science database (1990–2020)." *International journal of environmental research and public health* 18.4 (2021): 2131.

Sharif, M. N. (2012). Technological innovation governance for winning the future. *Technological forecasting and social change*, 79(3), 595-604. Sharifi, A. (2019). A critical review of selected smart city assessment tools and indicator sets. *Journal of cleaner production*, 233, 1269-1283.

Sharifi, A. (2020). A typology of smart city assessment tools and indicator sets. *Sustainable cities and society*, 53, 101936.

Sott, Michele K., et al. "100 years of scientific evolution of work and organizational psychology: A bibliometric network analysis from 1919 to 2019." *Frontiers in psychology* 11 (2020): 598676.

Sott, Michele Kremer, Kamila da Silva Baum, and Mariluz Sott Bender. "Sociedade 5.0: explorando os dilemas do ecossistema social do futuro." *REVES Revista Relações Sociais* 5.4 (2022): 14920-01e.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Sott, Michele Kremer, Mariluza Sott Bender, and Kamila da Silva Baum. "Covid-19 Outbreak in Brazil: Health, Social, Political, and Economic Implications." *International Journal of Health Services* 52.4 (2022): 442-454.

Sott, M. K., Faccin, K., & da Silva, L. M. (2023). Smart Cities' Collaboration: Pacto Alegre's Case. In *ISPIM Conference Proceedings* (pp. 1-12). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).

Spiliotopoulou, M., & Roseland, M. (2020). Urban sustainability: from theory influences to practical agendas. *Sustainability*, 12(18), 7245.

Tan, M. (1999). Creating the digital economy: Strategies and perspectives from Singapore. *International Journal of Electronic Commerce*, 3(3), 105-122.

Tricco, AC, Lillie, E, Zarin, W, O'Brien, KK, Colquhoun, H, Levac, D, Moher, D, Peters, MD, Horsley, T, Weeks, L, Hempel, S et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018,169(7):467-473. doi:10.7326/M18-0850.

Uphoff, N. Systems thinking on intensification and sustainability: Systems boundaries, processes and dimensions. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2014, 8, 89–100.

Von Bertalanffy, L. (1975). *Teoria geral dos sistemas*. Petrópolis: Vozes.

Yigitcanlar, T. (2010). Making space and place for the knowledge economy: knowledge-based development of Australian cities. *European Planning Studies*, 18(11), 1769-1786.