

## **Epistemologia, ambiente construído e sustentabilidade**

*Epistemology, the built environment and sustainability*

*Epistemología, el entorno construido y la sostenibilidad*

### **Gustavo Henrique Campos de Faria**

Doutorando, NPGAU-UFMG, Brasil  
camposgh@ufmg.br

### **Manfredo Frederico Felipe Hoppe**

Doutorando, NPGAU-UFMG, Brasil  
Hoppe.arquitetura@gmail.com

### **Renato César Ferreira de Souza**

Professor Associado do Departamento de Projeto, EA-UFMG, Brasil.  
rcesarfs@ufmg.br

## RESUMO

Na perspectiva de um mundo contemporâneo cada vez mais complexo e na disponibilidade de ferramentas poderosas da tecnologia da Informação, três estudos de caso sobre o meio ambiente construído e a sustentabilidade são analisados com vistas a problematizar o enquadramento epistemológico que adotam, que são basicamente o hipotético dedutivismo e a autopoiesis. O primeiro estudo trata da modelagem do contágio da covid-19 numa cidade brasileira, o segundo dos espaços obesogênicos e o terceiro da própria ação de modelagem ambiental. Eles são apresentados de modo comparativo, criticados, permitindo indicar a necessidade de implementação do quadro de conhecimento dos pesquisadores com os conhecimentos da epistemologia da Complexidade, onde os modelos passariam a ser estudados como sistemas formados de partes heterogêneas capazes de dar origem a padrões emergentes, em processos não lineares. Essa implementação seria muito produtiva para formular as previsões mais precisas e úteis nas pesquisas do ambiente construído e sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem do meio ambiente construído. Sustentabilidade. Epistemologia.

## ABSTRACT

*From the perspective of an increasingly complex contemporary world and facing the availability of powerful information technology tools, three case studies about the built environment and sustainability are analyzed arguing the epistemological framework they adopt, which are basically hypothetical deductivism and autopoiesis. The first study deals with modeling the contagion of covid-19 in a Brazilian city, the second with obesogenic spaces and the third with the Environmental Modeling action itself. They are presented in a comparative way, criticized, which allowed to indicate the need to implement the framework of knowledge with the epistemology of Complexity, where the models would start to be studied as systems formed of heterogeneous parts capable of giving rise to emerging patterns, in a non-linear process. Such an implementation would be very productive to formulate most accurate and useful predictions to the built environment and sustainability research.*

**KEYWORDS:** Modeling the built environment. Sustainability. Epistemology.

## RESUMEN

*Desde la perspectiva de un mundo contemporáneo cada vez más complejo y de la disponibilidad de poderosas herramientas informáticas, se analizan tres estudios de caso sobre el entorno construido y la sustentabilidad con miras a cuestionar el marco epistemológico que adoptan, que son básicamente el deductivismo hipotético y la autopoiesis. El primer estudio trata de modelar el contagio de covid-19 en una ciudad brasileña, el segundo de espacios obesogênicos y el tercero de la propia acción de modelado ambiental. Se presentan de forma comparativa, criticada, permitiendo señalar la necesidad de implementar el marco de conocimiento de los investigadores con el conocimiento de la epistemología de la Complejidad, donde los modelos pasarían a ser estudiados como sistemas formados por partes heterogêneas capaces de dar lugar a a patrones emergentes, en procesos no lineales. Tal implementación sería muy productiva para formular las predicciones más precisas y útiles en el entorno construido y la investigación de la sostenibilidad.*

**PALABRAS CLAVE:** Modelado del entorno construido. Sostenibilidad. Epistemología.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas das transformações mundiais que marcam a entrada no século XXI são problemáticas novas, a que a pesquisa deve se dirigir com um enquadramento epistemológico adequado. Este artigo trata das relações da teoria do conhecimento, do ambiente construído e da sustentabilidade.

## 2 OBJETIVOS

Este estudo pretende demarcar com clareza os aspectos epistemológicos que enquadram as pesquisas contemporâneas sobre o meio ambiente construído e a sustentabilidade. Verificará como tais aspectos são decisivos na abordagem científica adotada e interferentes nos métodos e resultados. Tratam-se de objetivos que são apenas uma exploração inicial, mas generalizável, sobre as dificuldades do interlace do ambiente construído e sustentabilidade com os enquadramentos epistemológicos. Objetiva-se, por fim, elaborar conclusões gerais sobre os desafios e interferências de novas epistemes face às mudanças do mundo no século XXI.

## 3 PROBLEMAS

No ano de 2008 a densidade das populações urbanas igualou-se às das zonas rurais, em todo o mundo. Pela primeira vez na história da humanidade, metade da população mundial (3,3 bilhões de indivíduos) passou a viver nas cidades. Todo o crescimento populacional futuro está previsto para ocorrer nas cidades (IBGE, 2001; UNITED NATIONS, 2002; UNITED NATIONS, 2014) e, diante disto, o ambiente urbano e os comportamentos humanos estão se modificando, apontando para a necessidade de um melhor entendimento do meio ambiente construído e natural e da sustentabilidade em tais circunstâncias. O aumento populacional da cidade vem provocando impactos sobre a vida humana que, ao mesmo tempo em que podem representar oportunidades positivas, podem também ocasionar desigualdades negativas, como a falta de organização social, condições precárias de trabalho urbano e rural, falta de governança, de oportunidades e de capacidade de desenvolver políticas para ações que visem reduzir os efeitos adversos sobre vida das pessoas (CAIAFFA *et al.*, 2008; UNITED NATIONS, 2015).

Na década de 2010 (SOUZA, 2010) vimos emergir a aplicação das tecnologias da informação derrotando as previsões determinísticas de um futuro melhor. No século XX, suspeitava-se que o desenvolvimento tecnológico tinha impacto direto sobre a sociedade. Corroborava para isto a crença em uma conectividade universal, que provocaria a desintegração das cidades, uma vez que seria possível estar conectado a tudo, ao mesmo tempo e em todos os lugares (MCCULLOUGH, 2004). Mas a ideia de uma aldeia global (TREMBLAY, 2003) dissolveu-se diante de formas sociais insustentáveis provocadas pela fúria do terrorismo e pelas redes sociais que permitiram a segregação de grupos ideologicamente identificados, repercutindo na intolerância, fundamentalismo e notícias falsas. Globalmente, a Política e a Economia tornaram os lugares geograficamente demarcados e à mercê da exploração desenfreada de recursos (KAMIR, 2019). A cidade retirou dos espaços públicos sua liberdade, com uma administração financista neoliberal.

Eclodiu em 2019 a crise mundial da Covid-19, cujo vírus encontrou na periferia das cidades a falta de sanitização, condição para desencadear mutações rápidas. Demonstrou-se uma falência da maior parte dos pensamentos estabelecidos para tratar o meio ambiente e pensar sua sustentabilidade. O que vemos atualmente é uma crise mundial da economia, política e governança, uma crise existencial da humanidade e a infelicidade humana, sem precedentes (THOMAS *et al.*, 2020).

Na ciência, os epistemólogos do século passado, em sua maioria, anteviram a necessidade de ultrapassar as predeterminações do racionalismo científico, compreender a complexidade dos novos problemas enfrentados e as novas capacidades em lidar com tais complexidades, englobando abordagens multiníveis e multivariáveis para a busca de soluções. Neste artigo utilizaremos as teorias de Humberto Maturana e Karl Popper para compor uma base epistemológica de discussão junto com outros autores contemporâneos.

Popper advertira que a Ciência deveria se livrar das abordagens pseudocientíficas, entendendo que as diversas teorias críticas, desde Platão, tinham em comum um predeterminismo de resultados, que politicamente revolucionariam o mundo às custas de um autoritarismo velado (BROGAN; POPPER, 1946). Para Popper, o indeterminismo na Ciência era o que mantinha a liberdade das pesquisas, como espelho da liberdade individual na cidade (POPPER; BARTLEY, 1982). A geração e refutação de hipóteses era o processo do avanço do conhecimento, que substituiria hipóteses provisórias por outras novas, testadas com os novos ferramentais tecnológicos (POPPER, 2007).

Maturana (2001a) referia-se às estruturas dos sistemas de modo determinista - pois não trocavam informações e eram hermeticamente fechados - estabelecendo uma relação entre a experiência da informação pelo indivíduo, sua narrativa e a sociedade, que julgaria se tal explicação seria considerada real ou ilusória. Mas considerava que os sistemas se adaptavam uns aos outros através de sua plasticidade estrutural de modo indeterminado (MATURANA, 2002) em interações cooperativas. Essa adaptação originaria domínios linguísticos sem nenhuma troca de informação, mas com interações que originaram a linguagem humana (MATURANA, 2001b).

Este artigo não teria sentido se não nos importássemos com os impactos advindos das teorias dos pensadores do conhecimento sobre as práticas científicas que se refletem nas discussões e pesquisas sobre o ambiente construído e a sua sustentabilidade. Reconhece-se, desta maneira, a importante correlação entre o estudo do conhecimento, do ambiente e da sustentabilidade.

## 4 METODOLOGIA

Esse estudo é definido como pesquisa exploratória e descritiva e também utiliza estudos de casos. São descritas três pesquisas sobre o meio ambiente construído e sustentabilidade e discutidos seus enquadramentos epistemológicos, verificando semelhanças, diferenças e tendências.

## 5 PESQUISAS ESTUDADAS

### 5.1 Modelagem da Covid-19 para uma cidade brasileira

A pandemia da Covid 19 foi estudada por polaridades que poderiam estabelecer valores escalares na modelagem do espriamento da doença. Um experimento foi proposto para preder o contágio em uma cidade brasileira e o modelo utilizado teve suas hipóteses e métodos criticados. Concluiu-se que o modelo foi insuficiente para ser admitido como generalizável e base para intervenções urbanas de contenção da mobilidade. A hipótese menos refutável foi apresentada para pesquisas futuras, demonstrando a necessidade do reforço da complexidade da modelagem da pandemia na busca de predições melhores e mais eficazes.

#### 5.1.1 O Problema tratado

As tentativas de controle de doenças infecciosas e de seu impacto sobre a governança das áreas urbanas não são novas. Esforços formalmente organizados para lidar com as pandemias e suas consequências começam no século XIV, com a peste bubônica em toda Europa, e no combate que se seguiu, até os séculos XVIII e XIX, às epidemias de varíola, tifo, febre amarela e cólera. As estratégias internacionais para lidar e conter a propagação dessas doenças parecem ter criado um modelo que persiste até os dias de hoje: a quarentena e o isolamento social. O problema causado por tais estratégias vão desde a interrupção de todas atividades da cidade, como a paralisação de comércios, serviços e negócios, afetando psicologicamente os quarentenados com episódios depressivos e similares, sendo imensamente difícil o controle destas e de outras medidas sanitárias.

#### 5.1.2 Quadro de hipóteses

Quadro – Hipóteses iniciais

a	Dados secundários em Sistemas de Informação Geográfica relacionados à presença da população poderiam ser agregados por áreas censitárias de 2010, processados em decis, e sobrepostos de forma a proverem a indicação de áreas de maior presença humana. Estes dados seriam os clinográficos, viários, posteamento dos fornecedores de luz e zoneamento. Eles permitirão a observação de áreas de potências de transmissibilidade, sendo úteis no projeto de barreiras para protocolos sanitários ou na introdução de centros de ajuda médica acessíveis.
b	O uso de <i>Urban Network Analysis (UNA)</i> (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) permitiria observar quais centralidades ( <i>reach, closeness, betweenness, gravity e straightness</i> ) poderiam relacionar-se com o oferecimento de tratamentos intensivos em hospitais, compartilhamento de equipamentos das Unidades Básicas de Saúde, locação de menores e mais ajustados Hospitais de Campanha, dentre outras relações em que as centralidades justificassem o uso intensivo dos recursos.

Fonte: Os autores, 2020.

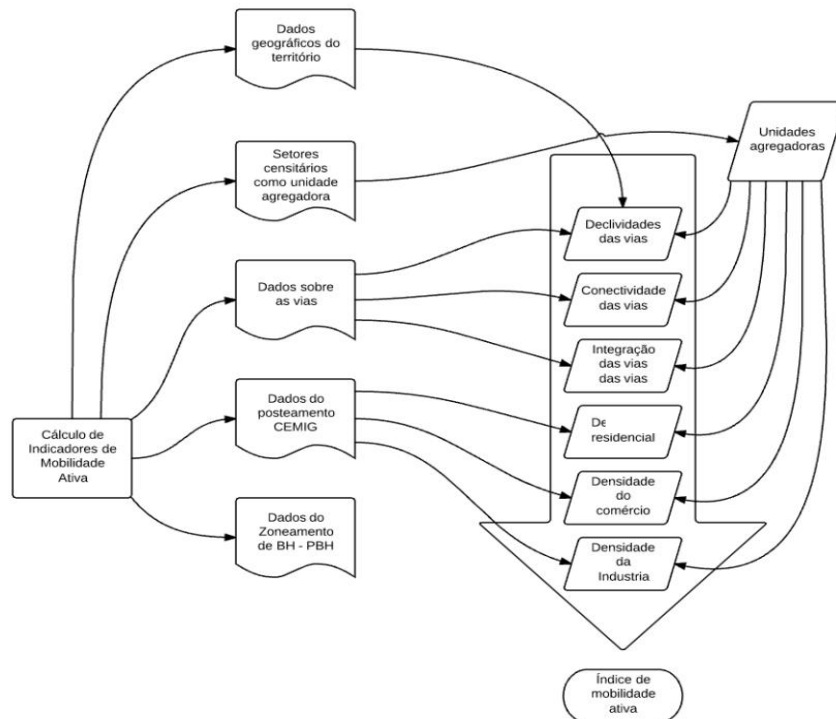
#### 5.1.3 Metodologia

- a) A sobreposição dos mapas clinográficos aos segmentos de via captura 3 pontos de altitude que resultam na declividade média de cada segmento de rua.
- b) A utilização da contagem de esquinas dos segmentos viários em cada setor censitário captura a conectividade absoluta.

- c) O uso de sintática espacial (HILLIER, 2009; HILLIER *et al.*, 1993; HILLIER; SAHBAZ, 2008) apresentaria as vias mais conectadas e de maior INCH (*integration and Choice*) para os segmentos, que seriam somados e divididos pelas áreas dos setores.
- d) Como a companhia de fornecimento de Energia classifica seu posteamento em residenciais, comerciais e industriais, cada setor poderia conter decis sobre a distribuição destas funções, equivalendo o maior número à uma maior ocupação.
- e) Os dados de ocupação e uso de terra da cidade de Belo Horizonte guariam a incerteza das distribuições alcançadas pelos setores censitários.
- f) A transformação das medidas em decis permitiria o resultado somado das unidades agregadoras num mapa de indiciamento de aglomerações humanas na cidade (ou índice de mobilidade ativa).
- g) A redução dos setores censitários a seu centroide permitiria a aplicação de Krigagem Universal para a obtenção de uma predição vinda da interpolação dos dados de cada centroide.
- h) Resultaria um mapa similar ao índice de mobilidade ativa da região metropolitana, sem a anulação daqueles setores que apresentam inseguranças para pedestres, em qualquer nível (ou seja, não seriam necessárias coletas de dados por entrevistas para obter indutivamente as opiniões individuais sobre a segurança da mobilidade nos segmentos de vias).

A figura 1 mostra a conjunção das hipóteses com a indicação metodológica de análise espacial e estatística geoespacial.

Figura 1 – Esquematização de hipóteses e métodos.



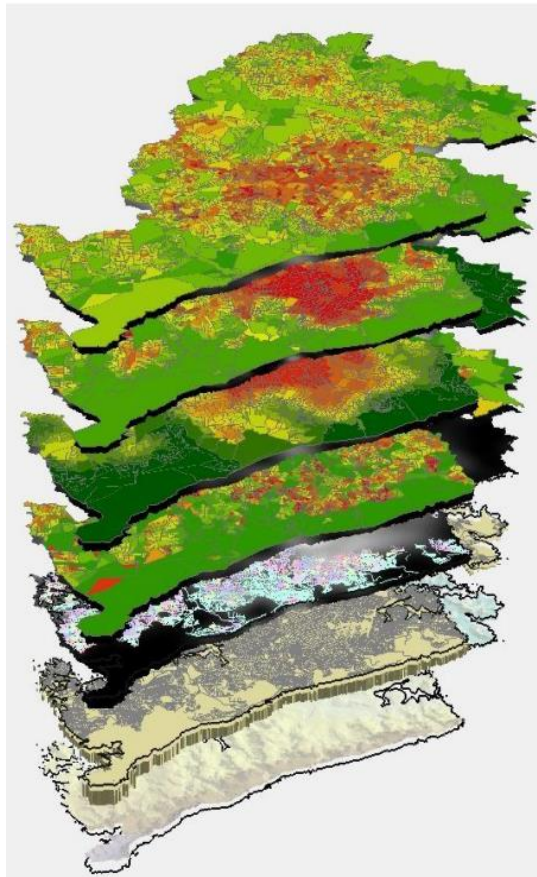
Fonte: Os autores, 2020.

# Cidades Verdes

ISSN eletrônico 2317-8604, volume 10, número 28, 2022

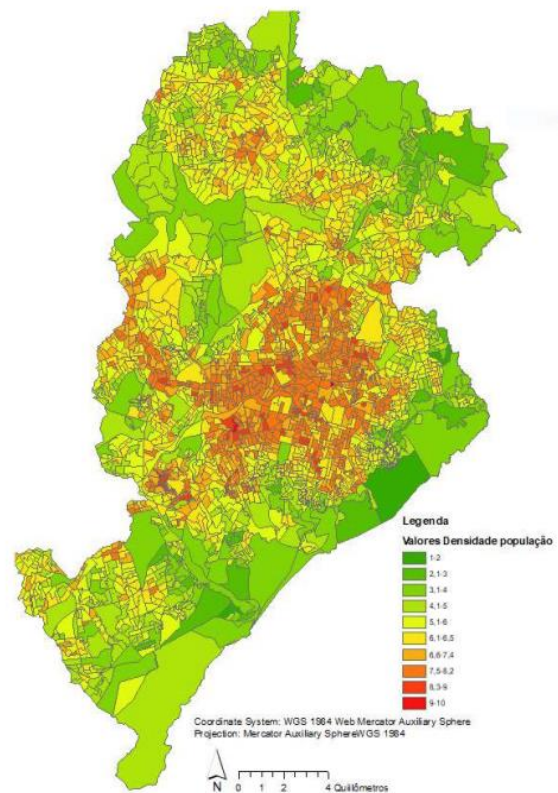
A figura 2 mostra a junção dos mapas através da soma dos setores censitários, indicados por uma escala de 1 (menor) a 10 (maior). Algumas áreas sem dados comparecem com cores diferentes. Os setores com densidades finais da população em espaços de maior mobilidade ativa (Figura 3) estão no topo do mapa; abaixo dele, entram: densidades residenciais, comerciais, densidades industriais, densidades de conectividade de sintaxe espacial, densidade de esquinas por setores, densidades de setores de acordo com média de segmentos de ruas, mapa clinográfico.

Figura 2 – Sobreposição das variáveis



Fonte: Os autores, 2020.

Figura 3 – Mapa resultante, mobilidade no município

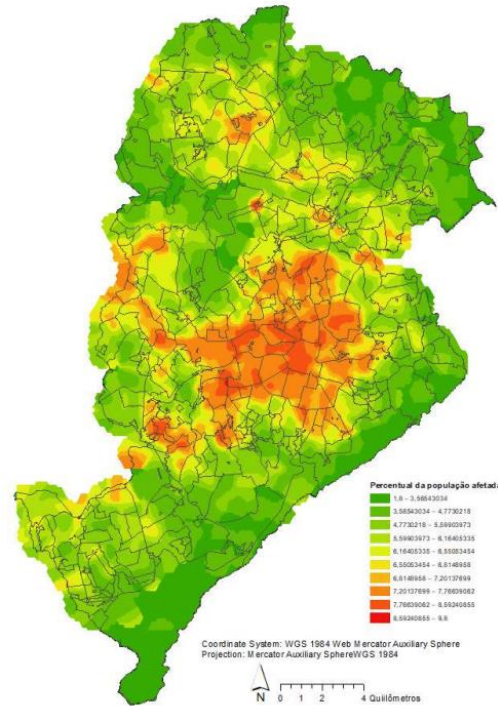


Fonte: os autores, 2020.

A figura 4 apresenta o resultado da Krigagem Universal elaborada com os centroides dos setores censitários. A figura 5 é o resultado elaborado pelo InfoCOVID 6 (OSUBH, 2020) que apresenta as aglomerações de internações e óbitos para a região metropolitana. O mapa resultante foi escalado em 10 partes, do verde – menor – ao vermelho – maior. Os limites de bairros populares foram mantidos. O objetivo dos mapas foi permitir a discussão sobre as hipóteses levantadas. O resultado de krigagem buscou a diminuição de erros de predição. O mapa dos erros permite destacar que elas se referem às áreas de nenhuma preditibilidade, ou seja, áreas verdes. Este detalhe permite concluir que as intensidades baixas reais coincidiram com a realidade. Entretanto, nos espectros preditos, os mapas reais mostram com maior nitidez núcleos que interseccionam ou estão dentro da grande área predita para maior contágio. Mas

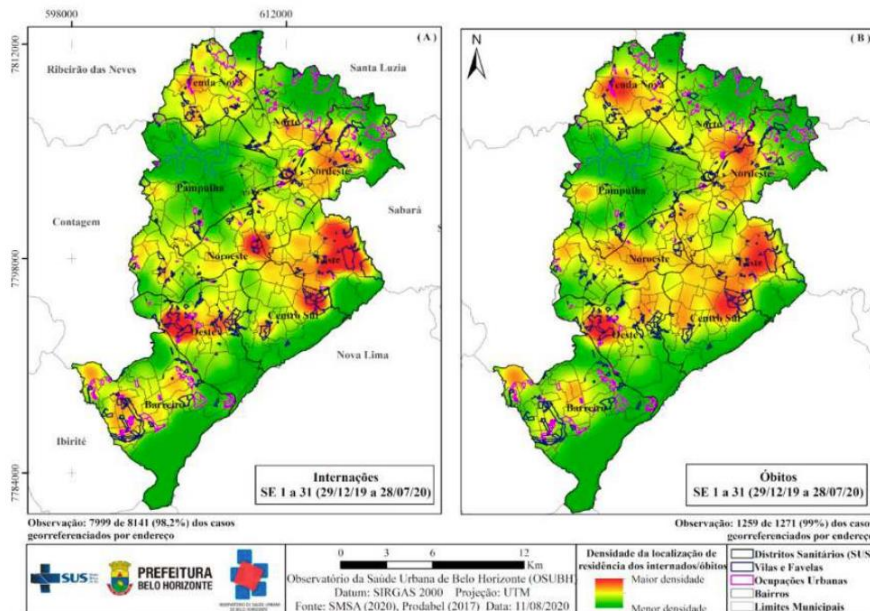
os mapas reais mostram cachos e nucleações bem distintos de grande ocorrência de internações e óbitos.

Figura 4 – Krigagem Universal dos dados do mapa da Figura 3.



Fonte: Os autores, 2020.

Figura 5 – Mapas do InfoCOVID 6 (2020) com as aglomerações de internações e óbitos para a região metropolitana.



Fonte: OSUBH, 2020.

## 5.1.4 Conclusões



O estudo demonstrou que não consegue capturar preditivamente as áreas de espalhamento da infecção por COVID-19, mesmo aproximando-se dos mapas da trigésima primeira Semana Epidemiológica apenas na conferência dos erros menores do processo de krigagem. As soluções pensadas para a separação do território foram rebatidas pelo impacto social que poderiam causar, interferindo com preconceitos e embates sociais relacionados. A segunda hipótese pareceu menos refutável, que foi a de estabelecerem centralidades calculadas pelo *Urban Network Analysis* (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) voltadas para o apoio médico-hospitalar, áreas para hospitais de campanha e Unidades Básicas de Saúde. As polaridades estudadas, a saber Global vs. Local, Urbano vs. Rural e Natural vs. Social, sugerem valores escalares matricialmente relacionados para cada surto da Covid-19 e parece que a pesquisa sobre estes dados seja, a partir da gravidade desta pandemia, uma preocupação para garantir sua modelagem.

Conclui-se que uma pandemia é um evento distinto de saúde, com características próprias e de difícil compreensão, que tende a ser obscuro, enigmático, tais como o são os desastres naturais e outros fenômenos do universo. Esses fenômenos são nomeados como eventos críticos, ou “objetos complexos”, que não se reduzem à emergência de um novo patógeno no bioma terrestre, nem aos sinais e sintomas inicialmente desconhecidos de uma nova entidade mórbida batizada de Covid-19, nem a curvas epidêmicas e indicadores epidemiológicos, nem ao processo dinâmico de disseminação e contágio, nem à “infodemia” de *fake-news*, mitos e mentiras, nem ao pânico que tudo isso provoca e às crises econômicas e políticas que dela decorrem. Trata-se de uma totalidade singular, específica e peculiar que no limite implica todos esses fenômenos e processos, em sua plena complexidade, articulados a outros elementos de compreensão e análise, unificados por meio de uma integralização heurística, que não se reduzem a medições, mediações, descrições, efeitos, correlações e narrativas.

Parece não haver fundamentação lógica nem epistemológica nos conceitos de “modelo” para designar exclusivamente dispositivos analíticos numéricos. Tal tentativa revela-se insuficiente para a apreensão da complexidade do fenômeno. Talvez uma modelagem heurística orientada por planos de ocorrência contraditórios e interfaces hierárquicas dê conta das matrizes de valores escaláveis entre as contradições que a pandemia impõe. A Covid-19 representa rica oportunidade para realizar de modo efetivo a construção inter-transdisciplinar para a geração de soluções integradoras e cuidadosas, ante os problemas complexos que emergem nos seus diversos planos e dimensões. No que diz respeito aos processos concretos da realidade da saúde no Brasil, esforços criativos voltados à produção de modelos sintéticos dessa ordem dialética parecem ser pertinentes para a construção de objetos complexos transdisciplinares.

## 5.2 Métricas Urbanas: Centralidades e Obesogenicidade

Esta pesquisa, ainda em curso, tem se dedicado a investigar o estudo dos ambientes alimentares, sua centralidade no traçado urbano e sua provável relação com a obesogenicidade, verificando a validade do instrumental proposto por Sevtsuk (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) e a análise sintática do espaço (HILLIER, 2009). Abre-se para a discussão da Teoria da Complexidade ao tentar fomentar o estudo da Saúde e Espaço Urbano (PEREIRA; CAIAFFA; DE OLIVEIRA, 2021)

com esses novos quadros conceituais, criticando a viabilidade e confiabilidade dos modelos gerados.

## 5.2.1 O Problema tratado

Segundo a Federação Mundial da Obesidade (MOREIRA; BORGES; BITENCOURT, 2022), nas últimas três décadas houve um crescente número de pessoas afetadas pela obesidade e as projeções para o ano de 2030 indicam que estes números atingirão marcas históricas. Quando associados ao ambiente construído, os estudos sobre a obesidade tendem a investigar as características urbanísticas (métricas urbanas e estudos perceptivos) e suas relações com o comportamento das pessoas na priorização de modais de transporte mais ativos. Pouco se discute sobre a identificação, compreensão e indicação dos elementos obesogênicos<sup>1</sup> e leptogênicos<sup>2</sup> que fazem parte do domínio urbano. Visto que a obesidade é um fenômeno multifatorial, o ambiente construído se torna parte da problemática, podendo influenciar nas escolhas alimentares e comportamentos sedentários/ativos da população. O trabalho em andamento discute sobre possibilidades de investigar a influência exercida pela configuração espacial na obesogenicidade de entornos urbanos, seus elementos constituintes e suas dinâmicas.

## 5.2.2 Quadro de hipóteses

Quadro 2 – Hipóteses iniciais.

a	Dados secundários em Sistemas de Informação Geográfica relacionados aos ambientes alimentares podem ser processados e sobrepostos de forma a fornecer a indicação de áreas com maior potencial obesogênico.
b	A análise da rede urbana ( <i>Urban Network Analysis</i> ) (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) permite avaliar a obesogenicidade de entornos urbanos a partir de cálculos de centralidades indicando maior ou menor congruência entre as formas sociais e a morfologia urbana no processo de formação e manutenção de espaços obesogênicos. Essa análise poderia promover a proposição de configurações e políticas urbanas que visem um estilo de vida mais saudável para a população.
c	A centralidade por “gravidade” supõe que as edificações atraiam as pessoas na razão direta de fatores atratores e na razão inversa do quadrado das distâncias. Fatores atratores constituem-se em indicativos válidos de maior ou menor atração por destinações que potencializam a indulgência alimentar, como restaurantes, bares, padarias, dentre outros - a figura 6 mostra um primeiro estudo sobre o recorte da pesquisa.

Fonte: Os autores, 2022.

## 5.2.3 Metodologia

- a) Uma área da cidade de Belo Horizonte foi escolhida e, a partir de seus dados secundários georreferenciados, sobrepostas todas as variáveis disponíveis, incluindo residências, estabelecimentos e serviços relacionados ao consumo e abastecimento alimentar.
- b) Uma indicação dos edifícios está sendo elaborada considerando como multivariáveis os dados secundários sobrepostos e as deduções acerca de tais fatores,

<sup>1</sup> **Obesogênico** pode ser definido como a soma que os arredores, oportunidades ou condições de vida têm na promoção da obesidade em indivíduos ou populações (MATOZINHOS *et al.*, 2022; SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999).

<sup>2</sup> **Leptogênico** é a soma de fatores que potencializa as escolhas alimentares saudáveis e incentiva a prática de atividade física (MATOZINHOS *et al.*, 2022; SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999).

como acesso aos alimentos, cultura e segurança alimentar, interferentes econômicos, sociais e políticos, hábitos familiares e individuais, dentre outros.

c) Esse índice será tomado como fator atrator, utilizando-se o cálculo de centralidades de atratores do *Urban Network Analysis* (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012), mencionados anteriormente. A consecução desse índice partiu do *insight* da equação de Drake<sup>3</sup>, na cosmologia, para o cálculo do número de civilizações existentes no cosmo visível, e consiste na multiplicação de fatores (alguns probabilísticos) com o fito de se estimarem cenários (pessimistas, normais e otimistas) da população interplanetária.

d) Uma análise da rede urbana e sua morfologia será feita a seguir, observando os resultados das centralidades por atração nos diversos cenários.

## 5.2.3 Conclusões

A Figura 6 apresenta um mapa inicial de centralidade por gravidade dos edifícios do bairro de Santa Tereza, em Belo Horizonte. O fator atrator de cada edifício levou em conta um valor numérico correspondente aos maiores valores para edifícios com bares, restaurantes, supermercados, padarias, mercearias, e até residências, que tiveram valores igual a um. Considerando como impedância às destinações o valor total da área construída, o fator atrator foi multiplicado resultando no mapa. Conjuntos residenciais muito atrativos refletem o grande público consumidor potencial que abrigam.

Figura 6 – Centralidade por gravidade dos edifícios do bairro de Santa Tereza, em Belo Horizonte.



Fonte: Os autores, 2022.

<sup>3</sup> A equação de Drake é usada para estimar o número de civilizações extraterrestres ativas em nossa galáxia Via Láctea.

Nesta lógica, espera-se discutir o mapeamento das centralidades e do espalhamento de locais obesogênicos; o agendamento de políticas de saúde pública no combate à obesidade e de um programa de educação alimentar institucionalizado dentro da área de recorte da pesquisa. Por fim, pretende-se analisar medidas que possam auxiliar políticas de planejamento físico, territorial e socioeconômico para combate da obesidade, através de modificações do uso e ocupação do solo e da resolução de conflitos entre formas físicas e sociais.

### 4.3 Modelagem da informação: Arquitetura, Urbanismo e Meio Ambiente

#### 5.3.1 O Problema tratado

O problema tratado nesta pesquisa, ainda em curso, é o fato das epistemologias atuais não serem suficientes para responder às questões da modelagem de fenômenos complexos. Há muito a Ciência tem usado modelos na concepção intelectual tentando descrever os fenômenos observados. Porém o avanço das tecnologias e teorias do século XXI geram novas hipóteses, inquietações e questionamentos sobre a validade de tais modelos e por isso novas soluções precisam ser discutidas. Desta feita, busca-se compreender como a modelagem da informação pode ser utilizada como ferramental na compreensão de eventos diversos (Arquitetura, Urbanismo e Meio Ambiente), elucidando características estruturais, os componentes e sua capacidade preditiva dos modelos.

#### 5.3.2 Quadro de hipóteses

Quadro 3 – Hipóteses iniciais

a	É possível delimitar uma área no espaço natural de maneira que ela constitua uma unidade modular?
b	É possível reconhecer as diferenças entre os componentes de um modelo, de forma a definir suas características, atividades e medidas de rendimento, monitorando o nível de organização/desorganização para averiguar o seu estado atual e encontrando parâmetros para a sua modelagem?
c	No modelo ambiental é possível definir os elementos relacionados à demografia do território e às variáveis que acusariam as relações populacionais com a natureza local?
d	Considerando um modelo ambiental, a definição de suas partes e da relação entre elas permitiram uma formulação lógica?
e	Considerando as formas sociais e o ambiente, foi possível traçar quais são as relações satisfatórias para compreensão do modelo ambiental?
f	É possível definir os elementos relacionados a demografia do território através do modelo ambiental?
g	Existiriam variáveis que no modelo ambiental acusariam as relações populacionais com a natureza local?
h	Considerando o modelo ambiental como um modelo aberto, a definição de seu meio ambiente é factível?
i	A melhor forma de representar o movimento humano dentro de modelos do meio ambiente é considerar os conflitos entre formas sociais, formas naturais e formas físicas?

Fonte: Os autores, 2020.

#### 5.3.3 Metodologia

São elaborados estudos de casos em que se analisam a consecução de modelos do ambiente construído sob o ponto de vista de sua capacidade preditiva para a sustentabilidade e o seu enquadramento epistemológico.

O primeiro caso aborda a modelagem paramétrica de projetos de Arquitetura e Engenharia. Para chegar aos resultados foi elaborado um projeto de edificação multifamiliar com *Building Information Modelling* (BIM). Algumas proposições são feitas ao final, a título de

conclusão, ressaltando-se as principais dificuldades, desafios e vantagens da parametrização de projetos, mostrando como estes modelos podem contribuir com o seu desenvolvimento.

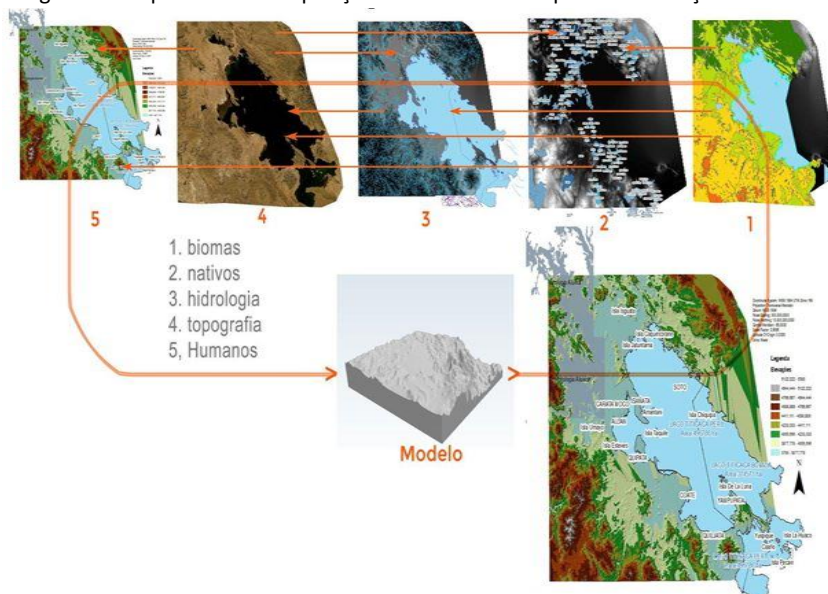
O segundo caso consiste na modelagem computacional de ambientes construídos e de espaços públicos urbanos com o uso de drones, nuvem de pontos e câmeras térmicas para a geração do modelo tridimensional, em busca de possíveis focos do mosquito *Aedes Aegypti*. Esse caso usou a área do Colégio Estadual Governador Milton Campos, em Belo Horizonte. Averiguou-se a eficiência dos ferramentais tecnológicos e identificou-se os parâmetros capazes de aferir possíveis focos do vetor de arboviroses, especificamente a dengue.

O terceiro caso apresenta os resultados de uma pesquisa exploratória sobre o nomadismo, estudando uma tribo Boliviana-Peruana (*Uros*) e analisando as inferências iniciais obtidas face aos requisitos para uma modelagem preditiva. Uma viagem ao local da pesquisa permitiu coletar dados que foram tratados de modo a implementar, em um modelo inicial, a parametrização e a execução de soluções em modelos biofísicos nos domínios do meio ambiente. Algumas inferências são feitas ao final, ressaltando-se as principais dificuldades, desafios e vantagens do cuidado ambiental de biomas com equilíbrio natural histórico e delicado, com o apoio da computação ambiental no seu estudo modelar.

### 5.3.3 Conclusões

O estágio atual da pesquisa está na discussão dos resultados que têm demonstrado a necessidade em se avançar no conhecimento da complexidade dos modelos propostos, conforme exemplifica a Figura 7. Para tanto, o estudo está adotando por base a Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1968; CHURCHMAN, 1968), avaliando o ambiente e suas coações fixas, os recursos obtidos, os componentes e as atividades, além das finalidades e medidas de rendimento e administração dos modelos estudados.

Figura 7 – Esquema de sobreposição de multivariáveis para a construção do modelo



Fonte: Os autores,2020.

## 5 CONCLUSÃO

Em todos os estudos de caso analisados, os fenômenos tiveram um mesmo enquadramento epistemológico, a saber, considerá-los como uma unidade básica modelar estruturada em narrativas acerca do contato do pesquisador com a informação. Mas, na visão de Maturana, a informação não se transmite e os sistemas são dinâmicos e vivos, incluindo o próprio meio ambiente do modelo, em que unidades hermeticamente fechadas retiram insumos e devolvem o resultado do processamento deles ao meio ambiente, numa relação de mutualidade e cooperação com as unidades sistêmicas circundantes.

Nem o pesquisador pode considerar que os dados que obteve são informações. Sejam secundários ou primários, a aceitação deles reais dependerá da aprovação da comunidade científica na qual o pesquisador se situa. Surge daí a dúvida de que se pode estar tratando como ilusão muitas narrativas que poderiam alicerçar a pesquisa e melhorar o modelo tratado para vir a ser mais preditivo. É o que ocorre com as narrativas subjetivas e o seu simbolismo coletivo que necessariamente giram em volta das informações ambientais e são a base que promove a cooperação coletiva que dá suporte à sustentabilidade. A eliminação de tais subjetividades, que Maturana compreende como “narrativas entre parêntesis”, corresponde à higienização do modelo. No entanto, estas são as formadoras da coletividade e alicerçam a cidadania. Nesta lógica, o enquadramento fenomenológico, que tenta unificar percepção e percipiente, ainda não está completo e seus três principais autores não concluíram uma síntese filosófica e abordam diferenciadamente o problema: Edmund Husserl, Heidegger e Merleau-Ponty.

Nos três casos, a geração e refutação de hipóteses foi adotada nos moldes do pensamento de Popper. Assim, os modelos gerados sobre o ambiente construído e a sustentabilidade foram observados de modo a se aproximarem ao máximo da concreção da informação que cada narrativa representava, o que ajudou na refutação de hipóteses, mas também fez notar que a modelagem deveria avançar sobre a complexidade exigida para composição do modelo. Isso ensejou que o quadro do conhecimento das pesquisas considerasse seus objetos como sistemas complexos, capazes ocasionar a emergência de efeitos indeterminados e interferentes na refutação.

Está sendo, portanto, necessário revisar os quadros epistemológicos através da Ciência da Complexidade (FOLLONI, 2016). Nesta última visão, os sistemas complexos são compreendidos como aqueles formados por um número considerável de partes heterogêneas que, ao interagirem entre si e com o seu meio ambiente, dão origem a padrões emergentes e auto-organizados, em processos não lineares. Nos estudos de caso aqui passados em revista, parece necessário tratá-los como sistemas adaptativos complexos (CAS) capazes de explicar o caos com que as informações são apreendidas, e usar a teoria de redes complexas estabelecidas para compor de fato uma multidisciplinaridade que propicie o exame do real entre as ciências para além dos três planos clássicos de análise semântica, sintática e pragmática, sem incorrer na tentação de buscar um conhecimento total e abrangente da realidade. Pensando sobre os estudos do meio ambiente construído e da sustentabilidade, vale a advertência de Kaufman (2000, p. 333): a racionalidade é limitada pelo estado não estacionário dos mundos que criamos, à medida que evoluímos.

## 6 REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, L. V. **General system theory: foundations, development, applications**. New York: G. Braziller, 1968.
- BROGAN, D. W.; POPPER, K. R. The Open Society and Its Enemies by Karl R. Popper. **Economica**, New Series, Vol. 13, No. 51, p. 205-207, 1946. DOI: <https://doi.org/10.2307/2549767>.
- CAIAFFA, W. T. *et al.* Saúde urbana: “a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora.” **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1785–1796, 2008.
- CHURCHMAN, C. W. **The systems approach**. Nova York: Delta, 1968.
- FOLLONI, A. **Introdução à Teoria da Complexidade**. Curitiba: ABDR, 2016.
- HILLIER, B. **Spatial Sustainability in Cities**. *In*: 7TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 2009. **Anais [...]**. Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH), 2009.
- HILLIER, B. *et al.* Natural Movement: Or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement. **Environment and planning B: Planning & design**, v. 20, n. 1, p. 29–66, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1068/b200029>.
- HILLIER, P. B.; SAHBAZ, O. **An evidence-based approach to crime and urban design**: Or, can we have vitality, sustainability and security all at once? London: Bartlett School of Graduate Studies, 2008. Disponível em: [http://spacesyntax.com/wp-content/uploads/2011/11/Hillier-Sahbaz\\_An-evidence-based-approach\\_010408.pdf](http://spacesyntax.com/wp-content/uploads/2011/11/Hillier-Sahbaz_An-evidence-based-approach_010408.pdf). Acesso em: 13 maio 2022.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tendências demográficas: uma análise dos resultados da sinopse preliminar do censo demográfico 2000**. Rio De Janeiro: IBGE, 2001.
- OSUBH – OBSERVATÓRIO DE SAÚDE URBANA DE BELO HORIZONTE. **InfoCOVID 6**. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Medicina. 2020. Disponível em: [https://www.medicina.ufmg.br/coronavirus/wp-content/uploads/sites/91/2020/08/InfoCOVID-6\\_Final-18-08-2020.pdf](https://www.medicina.ufmg.br/coronavirus/wp-content/uploads/sites/91/2020/08/InfoCOVID-6_Final-18-08-2020.pdf). Acesso em: 05 set. 2020.
- KAMIR, O. **Betraying Dignity: The toxic seduction of social media, shaming, and radicalization**. Nova Jersey: Rowman & Littlefield, 2019.
- KAUFFMAN, S. **Investigations**. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- MATOZINHOS, F. P. *et al.* Ambiente Obesogênico. *In*: MENDES, L. L.; PESSOA, M. C.; COSTA, B. V. DE L. (Org.). **Ambiente Alimentar: Saúde e Nutrição**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2022. p. 135–146.
- MATURANA, H. Autopoiesis, Structural Coupling and Cognition: A history of these and other notions in the biology of cognition. **Cybernetics & Human Knowing**, v. 9, n. 3-4, p. 5–34, 2002.
- MATURANA, H. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001a.
- MATURANA, H. **Ontologia da Realidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001b.
- MCCULLOUGH, M. **Digital Ground: architecture, pervasive computing and environmental knowing**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology - MIT Press, 2004.
- MOREIRA, M. E. N.; BORGES, A. D. M.; BITENCOURT, E. L. Análise retrospectiva: obesidade no Brasil de 2015 a 2020. *In*: **IV Congresso Internacional de Saúde Única (Interface Mundial)**, 2022. **Anais [...]**, online, 2022 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29327/icsuim20221.459841>.
- PEREIRA, D. B.; CAIAFFA, W. T.; DE OLIVEIRA, V. B. Saúde e espaço urbano: entrelaces de saberes em contexto de pós-graduação. **Cadernos Metrôpole**, v. 23, n. 52, p. 1039–1060, 2021.
- POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 2007.
- POPPER, K. R.; BARTLEY, W. W. **The open universe: an argument for indeterminism**. London: Hutchinson, 1982.
- SEVTSUK, A.; MEKONNEN, M. Urban network analysis: A new toolbox for measuring city form in ArcGIS. *In*: THE 2012 SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN. 26 mar. 2012. **Anais [...]** San Diego, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262248012\\_Urban\\_network\\_analysis\\_A\\_new\\_](https://www.researchgate.net/publication/262248012_Urban_network_analysis_A_new_)

toolbox\_for\_measuring\_city\_form\_in\_ArcGIS. Acesso em: 5 set. 2020.

SOUZA, R. C. F. **Information Technology in Urban Places: A theoretical framework for the development of IT applied in the space**. 1. ed. Germany: Lambert Academic Publishing, 2010.

SWINBURN, B.; EGGER, G.; RAZA, F. Dissecting obesogenic environments: The development and application of a framework for identifying and prioritizing environmental interventions for obesity. **Preventive Medicine**, v. 29, n. 6, p. 563–570, 1999.

THOMAS, O. *et al.* Global Crises and the Role of BISE. **Business & Information Systems Engineering**, v. 62, n. 4, p. 385–396, 2020.

TREMBLAY, G. De Marshall McLuhan a Harold Innis ou da aldeia global ao império mundial. **Revista Famecos**, v. 10, n. 22, p. 13–22, 2003.

UNITED NATIONS. **Preparing for growing numbers of urban residents**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18356/b7e4d680-en>. Acesso em: 13 maio 2017.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/Country-Profiles/>. Acesso em: 13 maio 2017.

UNITED NATIONS. 2002. **World Urbanization Prospects**: The 2001 revision, data tables and highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2002.