

**USO DE TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL DIANTE DA EXPANSÃO URBANA,
SOB A PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL: CENÁRIO ATUAL,
OPORTUNIDADES E TENDÊNCIAS**

ANDRÉ FILIPE MAFRA DE SOUZA SARTOR
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU (FURB)

IVO MARCOS THEIS
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU (FURB)

GISELA APARECIDA SARTOR
UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU (FURB)

Agradecimento à órgão de fomento:

Gostaria de agradecer à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FURB (Universidade Regional de Blumenau) por todo o apoio.

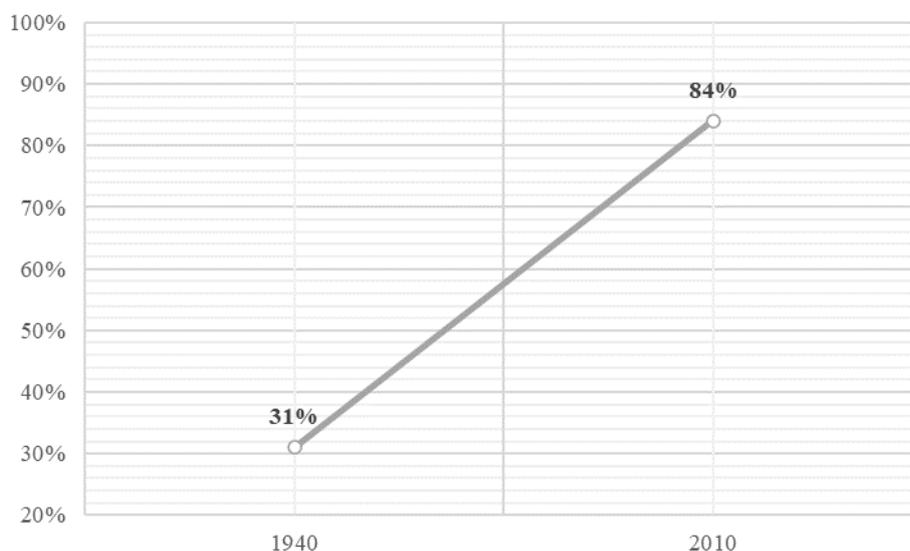
USO DE TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL DIANTE DA EXPANSÃO URBANA, SOB A PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL: CENÁRIO ATUAL, OPORTUNIDADES E TENDÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

A formação de cidades está presente em praticamente toda a história da era humana, desde o primeiro templo construído milhares de anos antes de existirem as pirâmides do Egito, há cerca de doze mil anos (BBC News Brasil, 2020). Com o avanço das técnicas de construção ao longo de gerações, a expansão urbana acelerou exponencialmente. Assim como toda atividade humana, sua realização depende da gestão de recursos. Conforme a complexidade da urbanização cresceu, tornou-se cada vez mais necessário o controle de tal fenômeno. Nas últimas décadas, um modelo globalizante de cidade passou a predominar na organização dos espaços (SANTOS, 2011). As transformações ocorridas no espaço geográfico e na sociedade possuem capacidade de afetar positivamente o crescimento econômico e o bem-estar social da população; ou negativamente, ampliando-se as desigualdades sociais (BRITO, 2008; BRITO; THEIS, 2015).

As mutações na paisagem e o deslocamento no padrão de consumo provocam mudanças nas relações de trabalho e no meio ambiente (SOUZA, 2007; MELLO; SATHLER, 2015). Nas últimas décadas, o perfil demográfico dos países passou por um processo de inversão; assim como no Brasil, que apresentou um salto da proporção de sua população urbana de 31% para 84% em 70 anos (figura 1), apesar de ter estabilizado na última década (SILVA, 2011; IBGE, 2016). Nesse contexto, dispositivos governamentais foram sendo implementados e atualizados para parametrizar a construção das cidades, visando mitigar seu impacto socioambiental. Tais marcos legais conversam entre si, desde o Estatuto da Cidade ao Plano Diretor, sendo de responsabilidade dos organismos públicos o planejamento e fiscalização do cumprimento da legislação. As diretrizes desses dispositivos legais afetam diretamente as formas de atuação da construção civil nas cidades (REZENDE; ULTRAMARI, 2007).

Figura 1 – Proporção da população urbana no Brasil



Fonte: Silva (2011); IBGE (2016)

Em vários casos, o cumprimento das leis da construção enfrenta algumas dificuldades na prática. A alta velocidade do avanço urbano contrasta com a inércia de alguns órgãos públicos em relação às suas atividades de continuidade, fiscalização e reavaliações das normas. Contrariando a própria realidade de suas necessidades, o Brasil tem atravessado uma tendência de redução do quadro de servidores públicos junto aos governos locais, comprometendo a implementação de ações propostas (REZENDE; ULTRAMARI, 2007). Os problemas originados no processo de expansão urbana estão constantemente se acumulando, tornando o tema cada vez mais urgente. No cenário global de atores públicos, privados e acadêmicos, surgem várias possibilidades para a otimização da realização das atividades dos órgãos reguladores da construção civil. Com o intuito de combater o modelo vigente globalizante da formação de cidades e sua inerente produção de desigualdades, inclui-se a ótica do desenvolvimento regional na metodologia do presente trabalho (THEIS, 2016).

O artigo está estruturado em cinco capítulos. O primeiro diz respeito à introdução. O segundo, problema de pesquisa e objetivo. O terceiro, fundamentação teórica, a partir da contextualização de três fenômenos que interagem com a transformação urbana. O quarto, discussão, com a abordagem da interferência humana em tais fenômenos a partir de planejamento e de inovações tecnológicas. E o quinto capítulo se refere à conclusão, seguido das referências.

2 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

2.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante da análise sobre os fenômenos envolvidos na construção de cidades, levantam-se as seguintes questões:

- 1) Quais são os efeitos produzidos pelo processo de expansão urbana?
- 2) Como o modelo vigente globalizante de expansão urbana performa a promoção do desenvolvimento socioambiental de uma região?
- 3) A nível de planejamento e gestão, como novas tecnologias da construção civil podem auxiliar no controle dos efeitos da expansão urbana?

2.2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é explorar exemplos de ferramentas tecnológicas de planejamento e fiscalização do processo de expansão urbana, fornecendo subsídios para a modernização da construção civil na busca de soluções para os problemas encontrados.

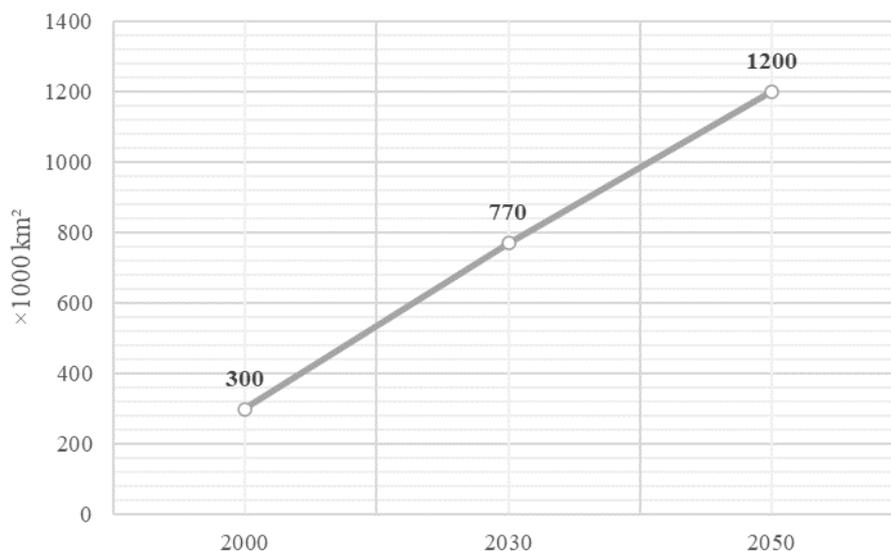
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 EXPANSÃO URBANA

Como mencionado anteriormente, o avanço da urbanização tem sido bastante acelerado nas últimas décadas. Estima-se que, mundialmente, a expansão da área urbana teve um aumento de 58.000 km² entre 1970 e 2000. Conforme mostra a figura 2, apenas para os países em desenvolvimento, há a previsão de o total de área urbana passar de 300.000 km² em 2000 para 770.000 km² em 2030 e 1.200.000 km² em 2050. Constata-se que esse fenômeno não está diretamente relacionado à variação na população ou no Produto Interno Bruto (PIB), mas sim a fatores como o fluxo internacional de capitais, economia informal, políticas de uso

do solo e custos de transporte (ANGEL et al., 2011; SETO et al., 2011). Esse rápido crescimento traz consigo diversas implicações socioespaciais. Sem o devido planejamento e controle, as transformações afetam negativamente a produtividade do ecossistema local e, conseqüentemente, o bem-estar socioambiental (SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012).

Figura 2 – Projeção do avanço da área urbana de países em desenvolvimento



Fonte: Angel et al. (2011)

Dentre as vulnerabilidades produzidas pela má gestão da formação das cidades, destacam-se a emissão de poluentes e o avanço da insegurança alimentar. A emissão de gases de efeito estufa, como o CO₂, é sustentada pelo desmatamento que possibilita a ocupação espacial assim como pelo crescente uso de automóveis. Nesse cenário, estimativas apontam que o volume de emissões é diretamente proporcional à expansão urbana, sendo o alto valor do PIB o fator que mais predomina nos locais com elevados índices de poluição. Para tal problema, recomenda-se o desencorajamento à expansão urbana fragmentada e de baixa densidade populacional (ANGEL et al., 2011; SETO et al., 2011; SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012). Perdas na produção alimentícia também são previstas, visto que o cultivo no solo dá cada vez mais espaço à urbanização. Somando-se a esse processo, há a elevação do padrão de consumo e do custo de vida e os efeitos gerados pelo aquecimento global. Os organismos públicos devem cada vez mais trabalhar para a mitigação desses impactos negativos. Vale reiterar que tais problemas são oriundos majoritariamente de condições globais e lógicas externas, com as condições locais continuamente perdendo peso nesse cálculo (CHEN et al., 2020).

Diante da pesquisa bibliográfica realizada, constatou-se que grande parte das produções científicas referentes ao fenômeno de expansão urbana têm origem na China. Por se tratar de um território de dimensões continentais, com crescimento acelerado da população urbana e problemas de desigualdades regionais, o país asiático possui uma quantidade expressiva de exemplos de formação de cidades que foram objetos de estudos. Dentre as determinantes chave do processo encontradas nesses trabalhos, destacam-se crescimento populacional e de trabalho, urbanização da população, estrutura da população, crescimento econômico, desenvolvimento industrial e transformação econômica estrutural (ZHANG; SU, 2016). As condições geográficas e topográficas das regiões estudadas também estão diretamente relacionadas ao nível de desempenho econômico e de desenvolvimento. Estima-se que 40% das cidades chinesas possuem apenas um centro de aglomeração populacional,

enquanto que 90% possui até quatro. Esse efeito de “policentricidade” é frequente em regiões com terrenos predominantemente acidentados, tendo influência direta positiva sobre o valor do PIB. Além disso, o desenvolvimento de cidades com mais centros populacionais é relativamente mais alinhado com as diretrizes de seus planos diretores (LIU; WANG, 2016).

Deve-se sempre levar em consideração o fato de que crescimento econômico nem sempre está diretamente relacionado a um bom desenvolvimento. Até mesmo exemplos de grande crescimento como a China produziram amplas desigualdades regionais e fortaleceram as relações centro-periferia (WEI; LI; YUE, 2017). Especificamente no Brasil, viveu-se um período de transição de país agrícola para país industrializado, porém sem a resolução de problemas estruturais de subdesenvolvimento (CAMARANO; ABRAMOVAY, 1999). O processo mal gerido acarretou na acentuação de desigualdades, na descentralização da indústria e, entre outros, em conflitos na fronteira agrícola. Nesse contexto, o capital transnacional está diretamente envolvido, buscando explorar ao máximo os recursos naturais e a mão de obra barata de cidades menores. Diante desses aspectos, constata-se que conceitos de desenvolvimento regional estão presentes em todas as etapas do fenômeno urbanizador, por isso a relevância de sua noção para este trabalho (SILVA, 2011).

3.2 DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Há a predominância da falsa compreensão de que desenvolvimento regional é apenas um processo econômico; trata-se da abordagem de teorias de “médio alcance”, a partir de um caráter interdisciplinar que levanta a visibilidade para a realidade sociocultural. Para Mattedi (2015), o desenvolvimento regional constitui um conhecimento autorreferente produzido localmente e validado globalmente. Nesse contexto, o desenvolvimento regional encontra no Brasil um estudo de caso para a formulação de uma noção mais precisa do termo. Por esse aspecto, o desenvolvimento geográfico desigual serviu de ponto de partida de diversos intelectuais do tema, principalmente os brasileiros Celso Furtado e Milton Santos. Além destes, vale destacar autores estrangeiros sobre a temática da lei do desenvolvimento desigual, desde os clássicos como Karl Marx e Leon Trotsky até os pensadores mais modernos como David Harvey e Neil Smith.

No que tange o avanço do capitalismo e seus efeitos, cabe uma articulação entre os conceitos de acumulação primitiva, por Marx, e acumulação por espoliação, por Harvey. O primeiro se refere ao “processo histórico de separação entre o produtor e o meio de produção” (MARX, 2013, p. 786), onde os produtores se tornam trabalhadores através da venda forçada de sua força de trabalho. Diante de um cenário contemporâneo, David Harvey adaptou o conceito de Marx para “acumulação por espoliação”, referindo-se a práticas como expulsão violenta de camponeses e privatizações com a assentimento do Estado (HARVEY, 2004). Em meio a essa realidade, os trabalhadores são os mais impactados negativamente; em grande parte os trabalhadores da construção civil, ativos no processo de urbanização. Apesar de se tratar de uma problemática ainda atual, a mesma parece fluir através de uma lógica que resiste ao tempo. Perante a reflexão de Engels (2015) sobre a especulação imobiliária de sua época, já era evidente a dificuldade de acesso a boas moradias por parte da classe trabalhadora.

Dentre os principais intelectuais da questão regional, não se pode deixar de mencionar Celso Furtado, cuja análise da realidade brasileira influencia até hoje estudos sobre o tema. De acordo com sua contribuição, o avanço das forças produtivas agrava os desequilíbrios regionais. Nesse cenário, destaca-se a importância do entendimento do Nordeste na formação histórica da economia brasileira; hoje, a região vive uma condição periférica dentro de uma nação, periférica, sendo origem de “mão de obra barata” (FURTADO, 1959). Cabe ressaltar que é no contexto de divisão internacional do trabalho que surgem as inquietações sobre o subdesenvolvimento brasileiro e teorias como da relação centro-periferia. Além de Furtado,

há especial destaque ao pensamento de Milton Santos no que se refere ao tema de desenvolvimento regional. Sua obra disserta principalmente sobre a marginalização em meio ao processo da formação de territórios (SOUZA, 2007). Nesse sentido, Santos (2011) atribui a fragmentação do território e da sociedade e a quebra da solidariedade nacional a inserção de lógicas exógenas, incluindo novas técnicas globalizadas.

3.3 TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS

Para Milton Santos (2011), o alinhamento entre ciência e técnica é uma das bases do período atual, formando uma tecnociência condicionada pelo mercado. Nessa situação, a globalização é comumente tomada como inevitável e surge um encantamento exagerado pelas tecnologias de ponta. Apesar da crítica ao racionalismo tecnocrático, Santos (2011, p. 166) acreditava na tendência ao uso consciente e imaginativo das tecnologias perante problemas como precariedade e pobreza; processo pelo qual chamava de “renascimento da técnica”. Diante da formação histórica humana, pode-se afirmar que “as tecnologias são um produto da história e produtoras da história” (SOUZA, 2007, p. 96). Levando-se em consideração a inegável importância da ciência e tecnologia para o ser humano, constata-se que o problema da globalização como perversidade possui caráter socioespacial e não técnico. Por esse motivo, deve-se promover o direcionamento das tecnologias a favor do território e da sociedade.

Não se deve negar o fato de que as tecnologias de informação e comunicação favorecem os que possuem maior renda, perpetuando-se na lógica insaciável de expansão de lucros. No Brasil, torna-se claro que o capital tende a se acumular nas regiões Sudeste e Sul, onde se concentra a atividade científica e tecnológica. Além disso, constata-se a ineficácia dos investimentos em ciência, tecnologia e informação no Brasil no combate às desigualdades regionais e socioeconômicas; nesse caso, sugere-se que ocorram atualizações nas políticas de investimento nessa área. Reitera-se a necessidade da promoção do uso consciente das tecnologias. A integração entre economia solidária e tecnologia social tem se apresentado como um bom exemplo, cujas experiências evidenciam a possibilidade de mitigação de desigualdades locais e regionais. Outro exemplo é a adoção de tecnologias nos processos de formação das cidades, como na construção civil, que é objeto deste artigo.

Em 2 de abril de 2020, é sancionado o decreto nº 10.306, estabelecendo o uso do Building Information Modeling (BIM) para obras e serviços dos órgãos e entidades da administração pública federal. Através do art. 4º, esse decreto determina a implementação gradual do BIM através de três fases principais: a primeira, focada nos projetos de arquitetura e engenharia, a partir de 1º de janeiro de 2021; a segunda, focada na execução e gestão de obras, a partir de 1º de janeiro de 2024; a terceira, focada no gerenciamento e manutenção de empreendimentos após sua construção (BRASIL, 2020). Em algumas lideranças do setor privado, a adaptação às inovações tecnológicas de arquitetura e engenharia tem sido uma tendência (SARTOR; GOMES, 2020). Apesar das dificuldades no processo de implementação, a adoção do BIM e de ferramentas congêneres por parte de órgãos responsáveis pelo planejamento urbano pode trazer diversas vantagens. Dentre elas, uma melhor adesão a modelos mais sustentáveis de desenvolvimento (BECERIK-GERBER; GERBER; KU, 2011). A partir de uma revisão bibliográfica, reuniu-se materiais sobre tecnologias na construção civil que visam maiores índices de controle, segurança e sustentabilidade, com o foco em melhores planejamento e fiscalização de normas. A seleção das obras analisadas foi feita com pesquisas em cinco bases de dados: Elsevier, Microsoft Academic, SciELO, Crossref e Google Scholar. Conferindo prioridade a publicações mais recentes e mais citadas, descartou-se resultados que não condizem com o tema do trabalho. A tabela 1 contém as obras destacadas para discussão deste trabalho.

Tabela 1 – Bibliografia destacada sobre tecnologias na construção civil

Tecnologia	Obras	País de origem	Frequência de citações *
BIM (Building Information Modeling)	AZHAR et al., 2010	Estados Unidos	609
	SINGH; GU; WANG, 2010	Austrália	629
	AZHAR, 2012	Estados Unidos	675
	BARLISH; SULLIVAN, 2012	Estados Unidos	743
	ZHANG et al., 2012	Estados Unidos	756
	BYNUM; ISSA; OLBINA, 2013	Estados Unidos	276
	STOJANOVSKI, 2013	Suécia	34
	VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014	Alemanha	1611
	ABANDA; BYERS, 2015	Reino Unido	244
	MANDUJANO et al., 2015	Chile	30
	WONG; ZHOU, 2015	China	396
	CHONG; WANG; LEE, 2016	Austrália	220
	MORORÓ et al., 2016	Brasil	4
	LU et al., 2017	Singapura	250
	REYCHAV; MASKIL-LEITAN; MCHANEY, 2017	Israel	14
	BABALOLA; IBEM; EZEMA, 2018	Nigéria	77
	MASKIL-LEITAN; REYCHAV, 2018	Israel	19
	REIZGEVICIUS et al., 2018	Lituânia	33
MOYANO; CAMPOREALE; CÓZAR-CÓZAR, 2019	Espanha	4	
CIM (City Information Modeling) **	MONTENEGRO et al. 2011	Portugal	14
	BURKHARD et al., 2012	Alemanha	1592
	CHENG; BERTOLINI, 2013	Reino Unido	123
	IRIZARRY; KARAN; JALAEI, 2013	Estados Unidos	372
	HE et al., 2016	China	184
	ORAE et al., 2017	Austrália	171
	LIU et al., 2017	Austrália	193
	DANTAS; SOUSA; MELO, 2019	Brasil	7
	MELO et al. 2019	Brasil	4
	WANG; PAN; LUO, 2019	China	78
	DALL'O; ZICHI; TORRI, 2020	Itália	7
	XUE; WU; LU, 2021	China	5
Verificação automatizada de normas	MARTINS; ABRANTES, 2010	Estados Unidos	19
	TAN; HAMMAD; FAZIO, 2010	Canadá	127
	MALSANE et al., 2014	Reino Unido	96
	LI, 2015	Portugal	9
	SOLIHIN; EASTMAN, 2015	Estados Unidos	234
	ISMAIL; ALI; IAHAD, 2017	Malásia	24
	İLAL; GÜNAYDIN, 2017	Turquia	44
	ZHANG, 2017	Estados Unidos	74
	FERNANDES; FORMOSO; TZORTZOPOULOS-FAZENDA, 2018	Brasil	6
	KIM et al., 2018	Coreia do Sul	25
	MARTINS; MONTEIRO, 2012	Portugal	99
	CORRÊA; OLIVEIRA; TAKAGAKI, 2018	Brasil	1
	NARAYANSWAMY; LIU; AL-HUSSEIN, 2019	Canadá	2
	BEACH; HIPPOLYTE; REZGUI, 2020	Reino Unido	2
	HAUßLER; ESSER; BORRMANN, 2020	Alemanha	2
	SOLIHIN et al., 2020	Singapura	6
	ALTINTAŞ; İLAL, 2021	Turquia	1
AMOR; DIMYADI, 2021	Nova Zelândia	1	
SOLIMAN-JUNIOR et al., 2021	Reino Unido	1	

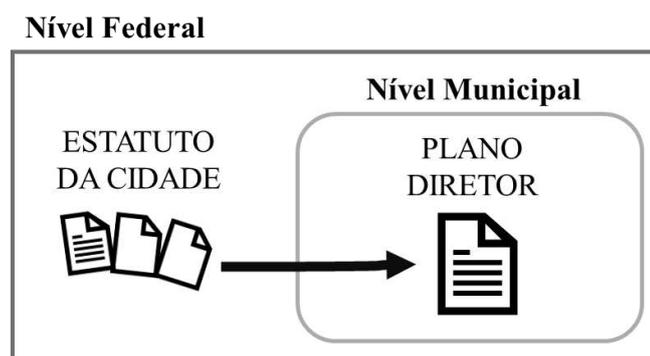
Fonte: elaborado pelos autores (2021).

4 DISCUSSÃO

4.1 PLANEJAMENTO URBANO

Como aludido anteriormente, quanto mais complexa se torna a formação de cidades, maior a necessidade de planejamento. Cada região é regida por leis conforme o padrão local, geralmente havendo um documento específico com as diretrizes para gerir a construção da cidade, chamado de plano diretor. No Brasil, a nível nacional, foi sancionada a lei federal nº 10.257 em 2001, denominada Estatuto da Cidade, com o intuito de regular o uso da propriedade urbana. Dentre várias de suas atribuições, o Estatuto da Cidade determina a obrigatoriedade das prefeituras de promover, através de lei municipal, o plano diretor. Segundo o art. 40 da lei federal, o plano diretor “é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” (BRASIL, 2001). Os instrumentos fornecidos pelo Estatuto da Cidade deveriam ser suficientes para os municípios brasileiros desempenharem a correta gestão do uso do solo; porém, como já foi mencionado, persiste a evidente produção de subdesenvolvimento.

Figura 3 – Leis e documentos referentes à expansão urbana no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores (2021)

A desorganização no processo de urbanização já é um problema de longa data, tendo sido demonstrado por Alfred Weber (1929) através da comprovação de que a localização geográfica das indústrias influi diretamente nesse fenômeno; basta observar o tempo gasto e a dificuldade de transporte das populações menos abastadas a caminho do trabalho. Além da inconveniência das longas distâncias, essas pessoas são as que mais sofrem problemas de saúde ocasionados pela má gestão da cidade. Segundo Giles-Corti et al. (2016), as autoridades devem se adaptar rapidamente aos riscos de saúde pública do século XXI; principalmente no que diz respeito à emissão de poluentes. Diante desses e outros obstáculos, o desenvolvimento de estruturas legais, administrativas e técnicas para a promoção da saúde urbana depende da integração das esferas federal, estadual e municipal no direcionamento do planejamento local e regional.

Assim como em outros países, estudos de caso de cidades da Índia e da China demonstram que o aumento no PIB está relacionado à acelerada industrialização e urbanização. Porém, pesquisas indicam indícios claros de falta de consistência entre a gestão do uso do solo planejada nos planos diretores e o real uso do solo (TIAN; SHEN, 2007; GONG et al., 2014). Nesse cenário, percebe-se que planos diretores convencionais são direcionados pelas prefeituras visando puro crescimento econômico e da competitividade; o planejamento e fiscalização acabam sendo comprometidos pelo crescente conflito de interesses entre diversos agentes do setor público e privado (QIAN, 2013). Essa lógica de

expansão compromete o desenvolvimento de regiões adjacentes mais conservadoras, produzindo uma relação centro-periferia. Em busca da transição das cidades para sociedades sustentáveis, é inegável a capacidade e responsabilidade dos governos locais na gestão de recursos, energia e emissões. Nessa questão, a tecnologia aparece em algumas cidades dos países asiáticos, visando a produção de indicadores para diagnosticar os problemas urbanos em tempo real e, assim, propor soluções mais precisas e transparentes (BRANDONI; POLONARA, 2012; ZHONG et al., 2014; HUANG et al., 2015).

Mundo afora, os atores verdadeiramente interessados em sanar os problemas das cidades sugerem planos mais inclusivos, em vez dos convencionais. Em 2012, um plano diretor de gestão costeira do estado da Louisiana, nos Estados Unidos, foi desenvolvido a partir de um sistema de alcance e engajamento das mais diversas áreas da sociedade civil. O experimento contou com ciência e publicidade no processo de tomada de decisão, trazendo resultados positivos e visando benefícios para a população (PEYRONNIN et al., 2013). Na cidade de Helsínquia, na Finlândia, a integração entre participação popular e o uso de sistemas de informação geográfica (ou Geographic Information System, GIS) melhorou o entendimento da sociedade em relação aos aspectos do plano diretor (KAHILA-TANI et al., 2015). No Brasil, existe uma tendência na utilização do termo “plano diretor participativo”. Apesar da adoção desse nome e de todo o conhecimento técnico compartilhado pela sociedade, muitas vezes a força que mais predomina é a do capital imobiliário, que se aproveita da falta de vontade política. Em vários municípios, os planos diretores se encontram desatualizados, falhando na sua concepção e execução, o que acumula problemas como desigualdades, formação de áreas de vulnerabilidade e avanços irregulares no meio ambiente. Em alguns casos, a utilização de tecnologias de sistemas de informação não teve resultados positivos devido a outras brechas na função dos organismos municipais. Ao menos, um bom dado é a tendência à preocupação pelas questões socioambientais geradas pela urbanização, tanto dentro quanto fora do âmbito acadêmico (KLINK; DENALDI, 2011; SILVA, 2011; COSTA; DUPAS; PONS, 2012; CORIOLANO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2013; CAMARGO; MORAES, 2015; BOGO, 2020).

Não faltam subsídios intelectuais com soluções sustentáveis para a questão estudada neste trabalho. Apesar disso, de maneira geral, a execução de políticas públicas costuma encontrar resistência nesse sentido. A necessidade de atitudes governamentais no controle dos problemas urbanos é cada vez mais urgente; desde problemas locais como a fome até questões globais como o fato das mudanças climáticas e suas consequências (FOLEY et al., 2011; KABISCH et al., 2016). Com o objetivo de atingir maiores patamares de sustentabilidade, vários exemplos de tecnologias, além do GIS, vêm sendo aplicadas no acompanhamento dos efeitos urbanos. As demandas por serviços e infraestrutura, paralelas ao rápido avanço tecnológico, cada vez mais dependem da constante atualização de gabarito para serem supridas. Conforme aprofundado nos subcapítulos seguintes, estudos apontam que a utilização de conceitos tecnológicos na construção da cidade – que unem a facilidade gerada pelo correto emprego de sistemas de informação à participação ativa da sociedade civil – pode beneficiar tanto a população quanto as autoridades locais (RATHORE et al., 2016).

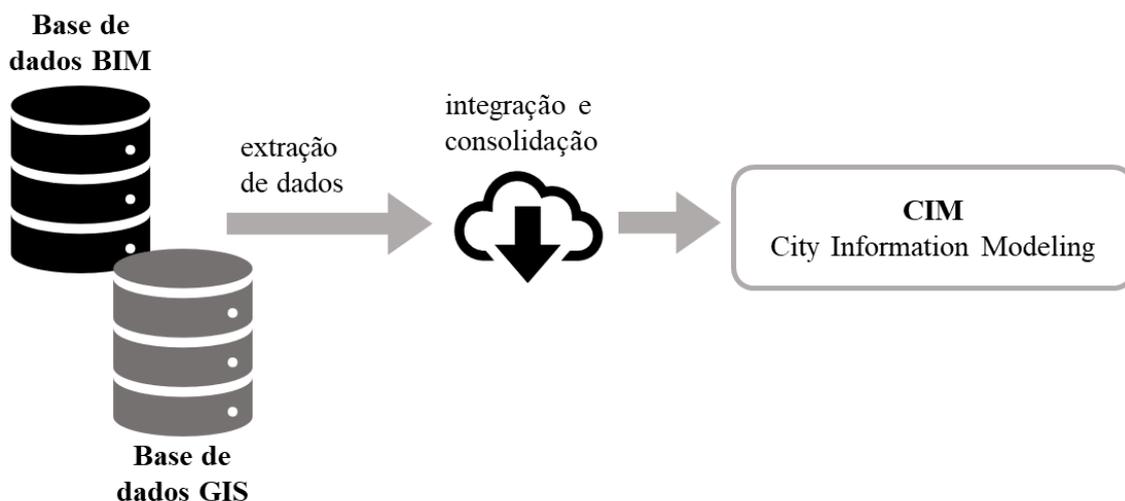
4.2 CITY INFORMATION MODELING (CIM) E VERIFICAÇÃO DE NORMAS

4.2.1 Origem do CIM (BIM + GIS)

A atuação da construção civil em meio à expansão urbana é um dos itens de maior peso na formação de cidades, além de ocupar parte considerável do PIB. Nesse sentido, no que diz respeito a tecnologias na gestão desse processo, não poderia estar ausente neste artigo

um diálogo sobre a utilização do *City Information Modeling* (CIM). Voltado para preencher as lacunas da vida urbana, essa plataforma tem a pretensão de promover a cooperação multidisciplinar em prol do desenvolvimento socioambiental através de tecnologia (STOJANOVSKI, 2013). Nesse contexto, poder-se-ia considerar o CIM, até o momento, como um conceito *state of art* da gestão de informação da construção civil nas cidades. Por ser uma evolução do BIM, uma clara vantagem da utilização do CIM – em relação a métodos convencionais – reside na facilidade e precisão do levantamento de dados. Diante desses aspectos, a vasta gama de capacidades de utilização do BIM ou CIM abre caminhos para diversos modelos de planejamento sustentável (DANTAS; SOUSA; MELO, 2019; DALL’O’; ZICHI; TORRI, 2020).

Figura 4 – CIM como integração entre BIM e GIS



Fonte: elaborado pelos autores (2021)

O CAD (*Computer-Aided Design* ou desenho assistido por computador) revolucionou como fazemos projetos e planejamentos na construção civil há algumas décadas. Da mesma forma, o GIS se inseriu no meio como um instrumento para análise de informação espacial utilizando bancos de dados complexos; trata-se de uma ferramenta poderosa que pode ser utilizada na produção de indicadores geográficos, capaz mensurar aspectos da cidade como acessibilidade, diversidade, competitividade, extração de recursos naturais, avanço humano em ecossistemas, entre outros (BURKHARD et al., 2012; CHENG; BERTOLINI, 2013). O BIM se consolidou mais recentemente, requisitando maiores capacidades de hardware para seu uso; consiste na modelagem ou construção virtual de empreendimentos com informação embutida nos elementos, podendo variar sua complexidade de acordo com a necessidade. Historicamente, há diversos casos de integração entre essas plataformas por parte dos usuários, principalmente quando o objetivo maior é a sustentabilidade. Eis que surge o conceito CIM (figura 4), unindo os preceitos do BIM e do GIS para planejamento, controle e acompanhamento do contínuo progresso de construção das cidades (IRIZARRY; KARAN; JALAEI, 2013; LIU et al., 2017; WANG; PAN; LUO, 2019).

4.2.2 Benefícios herdados do BIM e tendências do CIM

Há alguns conceitos que divergem de acordo com a origem da literatura, mas de maneira geral, a complexidade do uso do BIM pode ser mensurada através de dois indicadores (tabela 2): nível de detalhe (ou *Level of Development*, LoD) e as dimensões do projeto (do 3D

ao 8D). Quanto maiores esses índices e com o correto uso da plataforma, percebe-se um alto controle na obtenção de dados da construção. A mitigação de interferências em fases preliminares de construção, através de colaboração e interoperabilidade multidisciplinar, pode reduzir o tempo da obra em até 80. Com a geração de economias ao se eliminar retrabalhos e manutenções, evidencia-se que os retornos do BIM em relação a melhorias de informação, logística e cronograma costumam superar os seus investimentos no projeto e na obra (SINGH; GU; WANG, 2011; AZHAR, 2011; BARLISH; SULLIVAN, 2012). Além dos benefícios citados, a gestão de edificações existentes para restauração e a checagem de riscos de segurança para os trabalhadores da construção civil são exemplos que demonstram a grande variedade de aplicações da ferramenta na última década (ZHANG et al., 2013; VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014).

Tabela 2 – *Level of Development* (LoD) e dimensões de um projeto BIM

Nível de detalhe		Dimensões do projeto	
LOD 100	Modelo conceitual em fase de estudo, com dados sobre o terreno	3D	Modelagem: representação da construção em três dimensões
LOD 200	Modelo com sistemas generalizados e alguns dados consolidados	4D	Programação: integração com o cronograma de obra
LOD 300	Modelo de pré-construção, com precisão na estimativa de custos	5D	Estimativa de custos: operações de orçamento com o modelo
LOD 400	Modelo preciso com todas as especificidades	6D	Operação: gestão dos ciclos de vida das obras
LOD 500	“As built”, modelo conforme obra finalizada	7D	Sustentabilidade: integração com soluções visando eficiência energética
		8D	Segurança: planos de segurança na obra e prevenção de riscos

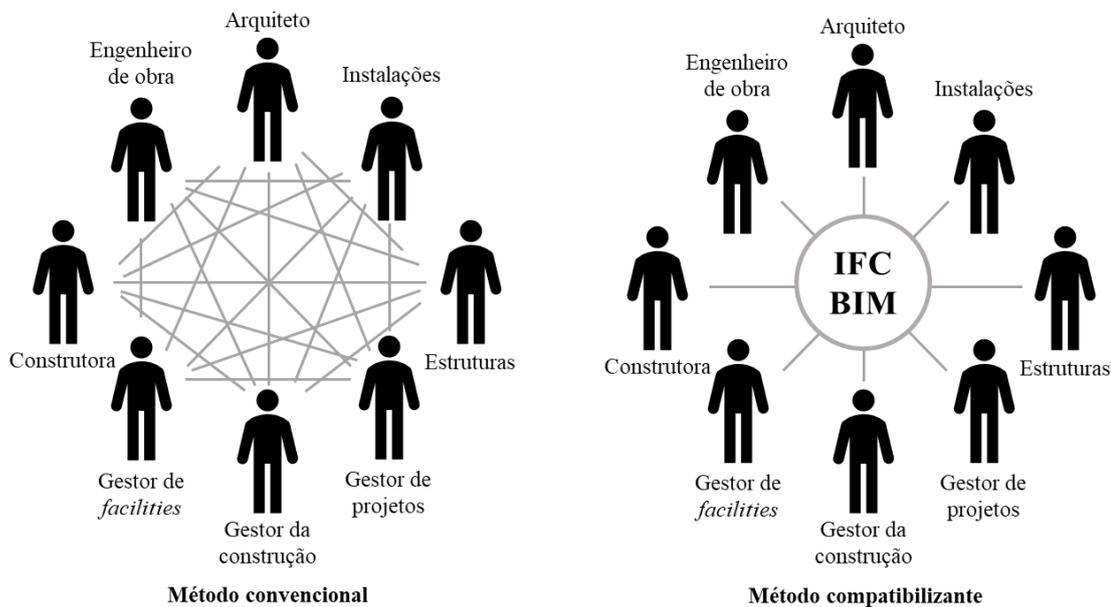
Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Segundo Chong, Wang e Lee (2016), a adoção do BIM geralmente ocorre com o intuito de aperfeiçoamento do planejamento, projeto, construção, consumo de energia, operação e manutenção, ficando um pouco para trás no que diz respeito a demolição e restauração. O controle dessa interação se dá colaborativamente, geralmente centralizado através de um modelo federado; para permitir a interoperabilidade entre softwares, recomenda-se o uso de formatos de arquivos que permitem uma compatibilidade geral, como o IFC (Industry Foundation Classes, figura 5). Nesse cenário, a integração do BIM no gerenciamento do ciclo de vida das construções pode trazer vários benefícios para a sustentabilidade, havendo uma tendência nos estudos e na prática a esse respeito (LU et al., 2017). Na questão energética, por exemplo, Abanda e Byers (2016) demonstram que o uso devido do BIM em construções pode gerar grandes economias de energia ao longo dos anos, após a entrega da obra.

Globalmente, alguns conceitos vêm sendo utilizados para avaliar o nível de sustentabilidade das edificações, como o LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Azhar et al. (2011) revela que a extração dos dados através do BIM pode ser usada em diagnósticos como do LEED®. Outros conceitos como *low-carbon*, *lean construction* e Green BIM (figura 6) constantemente aparecem na literatura que liga sustentabilidade à plataforma, trazendo outra perspectiva à questão de gerenciamento de resíduos e redução de desperdícios. Nota-se a dificuldade em alcançar maiores patamares desses conceitos com a utilização das tecnologias citadas, principalmente por causa da complexidade das construções virtuais aliada à limitação de hardware e software (MANDUJANO et al., 2016; WONG; ZHOU, 2015). Diante desse cenário, pode-se afirmar que existe praticamente um consenso na área de construção de que o BIM pode se tornar uma ferramenta essencial em construções sustentáveis; porém, a implementação de novas plataformas deve estar acompanhada de

intervenções por políticas públicas (BYNUM; ISSA; OLBINA, 2013; REIZGEVICIUS et al., 2018).

Figura 5 – Interoperabilidade entre profissionais e gestores da construção

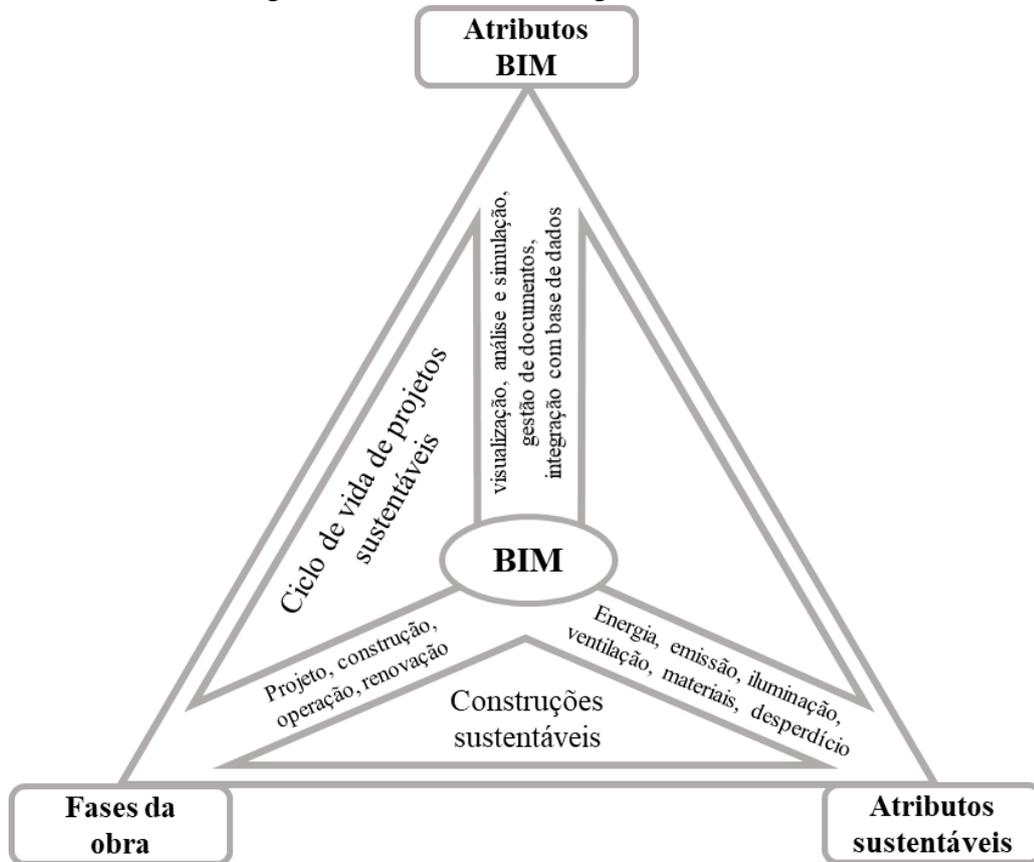


Fonte: elaborado pelos autores (2021)

Os impactos da utilização desses instrumentos tecnológicos se estendem para além das questões materiais; a disseminação de tecnologias na gestão das cidades pode influenciar diretamente fatores socioculturais. Apesar do fato de que melhores resultados para investidores é foco predominante na exploração do BIM, há crescente interesse em atribuições mais abrangentes da plataforma. Nesse ponto, há o que é chamado de responsabilidade social corporativa (ou *corporate social responsibility*, CSR), um conceito chave na adoção de modelos que considerem essa questão (REYCHAV; MASKIL-LEITAN; MCHANEY, 2017; MASKIL-LEITAN; REYCHAV, 2018). É importante que apreciações visando o bem sociocultural sejam preconizadas na metodologia construtiva desde a concepção dos primeiros projetos básicos, para que os indicadores sejam gerados corretamente durante todo o processo. Pensando nisso, estudiosos da área vêm propondo modelos metodológicos que instruem o projetista como introduzir indicadores socioambientais. Moyano, Camporeale e Cózar-Cózar (2019) compõem um exemplo, mostrando que é possível planejar e acompanhar índices como de uso energético, emissão de carbono e desperdícios em projetos de interesse social.

Em relação ao Brasil, apesar dos problemas previamente destacados, perspectivas sobre uso de tecnologias que visem a construção sustentável formam uma tendência. Uma pesquisa bibliométrica realizada por Babalola, Ibem e Ezema (2018), de trabalhos publicados entre 2005 e 2018, coloca o Brasil, ao lado dos Estados Unidos e Reino Unido, como um dos países que mais contribuem para o tema. Infelizmente o mesmo não ocorre quando o tema é BIM, sendo relativamente pouco explorado (SAIEG et al., 2017). Apesar disso, não faltam esforços brasileiros na busca dos motivos pelos quais populações menos abastadas acabam não recebendo o privilégio da moradia. O desenvolvimento do trabalho de Mororó et al. (2016), por exemplo, resultou em um *plug-in* que parametriza propostas de projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social (HIS), um subsídio que pode fazer bastante diferença nessa área. Em relação ao CIM, o Brasil já possui alguns estudos que abordam esse tema na análise de alguns recursos urbanos; Melo et al. (2019) introduz o conceito num estudo de caso de gerenciamento de esgoto no município de Piumhi, Minas Gerais.

Figura 6 – Taxonomia triangular Green BIM



Fonte: Lu et al. (2017), adaptado pelos autores (2021)

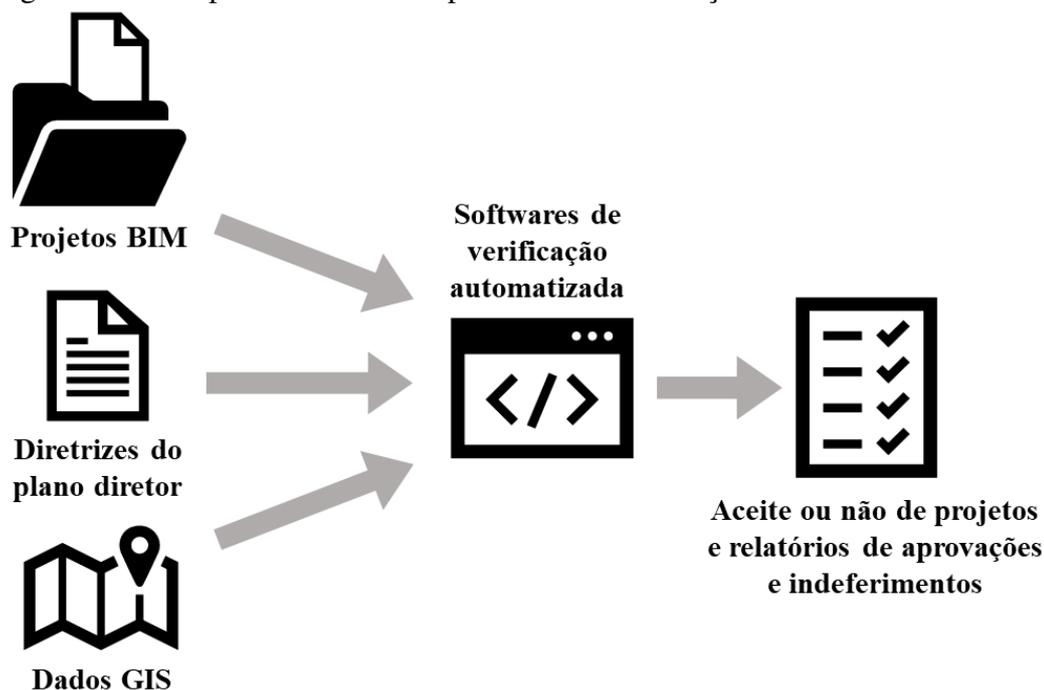
Apesar de relativamente novo, o termo CIM já vem sendo utilizado em aplicações práticas há uma década. Um estudo conduzido por Montenegro et al. (2011) construiu um modelo CIM baseado na linguagem OWL2, com o intuito de parametrizar e controlar o parcelamento e uso do solo em uma região. Como exposto anteriormente, o plano diretor – dentre outras legislações – reúne diretrizes para essa função; certamente uma tecnologia centralizadora tornaria o processo de planejamento e fiscalização muito mais eficiente e transparente. No que diz respeito à sustentabilidade, há uma tendência de inserção do CIM e Green BIM nos exemplos de cidades que visam o patamar de *smart cities* (um outro conceito aprofundado no capítulo seguinte), sugerindo que a plataforma é um passo essencial nesse quesito (DALL’O’; ZICHI; TORRI, 2020). Ademais, pesquisas bibliométricas sobre CIM dos últimos dez anos revelam, dentre outras, algumas tendências (HE et al., 2016; ORAEE et al., 2017; XUE; WU; LU, 2021): assim como sobre o BIM, muitas pesquisas são feitas visando economizar para investidores; estudos de tecnologia prática prevalecem sobre as pesquisas de tecnologias de planejamento e gerenciamento; o CIM geralmente aparece acompanhado de outras ferramentas tecnológicas.

4.2.3 Integração do CIM com verificação automatizada de normas

Já foi destacado neste artigo que políticas públicas são necessárias na construção de cidades que visam o desenvolvimento socioambiental, assim como que, no Brasil, a lei que rege a expansão urbana local é o plano diretor. Visando uma melhoria na criação, execução e

fiscalização dos parâmetros do plano diretor, existe uma possibilidade dentro do universo do CIM: verificação automatizada de normas (figura 7). Assim como os outros conceitos explorados, esse recurso tem sido explorado há anos, apesar da lenta adesão. Há mais de uma década, Martins e Abrantes (2010), sem mencionar o CIM, já previam as vantagens no uso do BIM na simplificação do processo construtivo, principalmente em fases iniciais. Dentre esse e outros estudos, um dos gargalos na implementação desse processo reside na classificação e abstração de normas, antes mesmo da modelagem. Nesse sentido, mais uma vez se ressalta a importância de formatos universais como o IFC (SOLIHIN; EASTMAN, 2015; ISMAIL; ALI; IAHAD, 2017).

Figura 7 – Exemplo de modelo simplificado de verificação automatizada de normas



Fonte: elaborado pelos autores (2021)

Segundo İlal e Günaydın (2017), a melhor forma de abordar as normas é com a prévia divisão em quatro níveis: superior, representando a organização e as diretrizes da norma em questão; intermediário, representando relações de dependência entre provisões normativas; detalhado, representando provisões individuais tabeladas decisórias; inferior, que consiste nos dados básicos referentes às provisões. Seria irrealista afirmar que representações estudadas em pesquisas científicas seriam suficientes para lidar com a vasta gama e complexidade de sistemas automatizados de verificação. Ciente dessa realidade, Solihin et al. (2020), novamente citando o IFC, sugere métodos de simplificação esquemática na utilização desse recurso; essa simplificação aliada à correta alocação e extração de dados possibilita simulações cada vez mais ágeis e precisas.

Tecnologias visando a organização de dados em meio à checagem automatizada têm se mostrado promissoras. Uma delas é o processamento de linguagem natural (ou *natural language processing*, NLP), que consiste no enriquecimento semântico para a melhoria de métodos de abordagem de textos humanos; isso pode ser aplicado em documentos normativos para a extração de informações (ZHANG; EL-GOHARY, 2017). O GIS, previamente citado, também aparece como uma ferramenta muito útil, principalmente para funções como o zoneamento urbano; aliás, a expansão de certos esquemas BIM se torna irrelevante em alguns

casos, diante da complementação do GIS ao BIM (ALTINTAS; ILAL, 2021). Em relação a projetos submetidos para análise da prefeitura, existem exemplos de modelos para a checagem normativa de sistemas, como de distribuição de água e esgoto (MARTINS; MONTEIRO, 2013; CORRÊA; OLIVEIRA; TAKAGAKI, 2018). Há outras situações pontuais que já foram experimentadas com o uso de verificação automatizada de normas integrada ao BIM, desde projetos de unidades de saúde até de estradas (HAUßLER; ESSER; BORRMANN, 2021; SOLIMAN-JUNIOR et al., 2021).

Alguns estudos de caso sobre automação da verificação normativa foram reunidos para o desenvolvimento deste trabalho, vindos de diferentes países; em todos, o IFC é protagonista dentre os diversos formatos informados. Já no início da década passada, Tan, Hammad e Fazio (2010) consideram uma pequena edificação localizada na cidade de Montreal, no Canadá, para conduzir um experimento de checagem de desempenho higrotérmico das paredes externas; com isso, foi possível gerar um protótipo de sistema que poderia ser aplicado em outros casos. No Reino Unido, há exemplos de checagem para sistemas básicos, como de combate a incêndios, assim como modelos inteiros de implementação desse recurso estruturados a longo prazo (MALSANE et al., 2014; BEACH; HIPPOLYTE; REZGUI, 2020). Na China, destaca-se um caso de aplicação de sistema similar que também gerou um protótipo de verificação reutilizável (LI, 2015). Em certos casos, como da Austrália, Singapura, Noruega e Coreia do Sul, algumas cidades já utilizam aplicativos próprios de checagem automatizada (KIM et al., 2019; NARAYANSWAMY; LIU; AL-HUSSEIN, 2019).

O Brasil também está incluído na lista de países com produções científicas nessa área. Fernandes, Formoso e Tzortzopoulos-Fazenda (2018) fazem uma grande contribuição através de um estudo detalhado sobre dois empreendimentos habitacionais do programa Minha Casa, Minha Vida, fornecendo subsídios para a verificação automatizada dos requisitos do programa. Esse é um exemplo no nosso país de enfrentamento das dificuldades em quaisquer tentativas de melhorar a vida da população e as condições do meio ambiente. Ademais, para um alcance de implementação em escala nacional, essa tecnologia precisaria contar diretamente com incentivos governamentais que objetivem, entre outros (AMOR; DIMYADI, 2021): criação de servidores para armazenamento de leis e normas; publicação de modelo universal (como em formato IFC); treinamento e melhores práticas de modelagem; criação de uma biblioteca nacional BIM; procedimentos nacionais de verificação; disponibilização de ferramentas de enriquecimento semântico.

5 CONCLUSÃO / CONTRIBUIÇÃO

Este trabalho propõe uma discussão a respeito das tendências tecnológicas da construção civil que podem auxiliar na gestão da expansão urbana. Reconhece-se as limitações do estudo, por se tratar de uma articulação feita a partir de levantamento bibliográfico. Porém, as informações aqui apresentadas podem jogar uma luz na incerteza de alguns em relação à adoção das tecnologias analisadas. É ressaltada a importância do olhar do desenvolvimento regional na formação das cidades, para uma visão mais ampla dos fenômenos que pairam no meio urbano. Nesse sentido, um ponto inevitável de se abordar é o de políticas públicas, pois as mesmas podem ser um suporte ou um obstáculo no desenvolvimento socioambiental. A vontade política é um importante fator e a falta dela é bastante presente no nosso país. Apesar da perspectiva de do foco no meio ambiente e nas populações menos abastadas soar como projeto de esquerda, ainda assim há gestores públicos desse espectro que agem como se fosse de outro (SANTOS, 2011).

O cenário que rodeia direitos sociais, ambientais, econômicos, civis e políticos só tem piorado nos últimos anos, com uma estimativa de 82,8% dessas políticas em retrocesso. É

triste conceber que nosso país foi desarmado ano após ano, justamente precedendo uma pandemia que tirou mais de meio milhão de vidas. Por outro lado, há esforços por parte de grupos nacionais na proposta de soluções, como o Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (GTSC), que se empenhou em elaborar 136 recomendações, conseguindo pautar um projeto de lei nesse aspecto (GTSC A2030, 2021). Também há iniciativas da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), como as plataformas democratizando BIM e da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM BR de 2018 (CASTRO, 2020). Dentro e fora do Brasil, além de ações governamentais, há crescentes ânimos com conceitos de colaboração dentro da sociedade civil com auxílio de tecnologias como o BIM, como economia circular; assim se demonstra que tanto a população quanto investidores (stakeholders) podem ser beneficiados (GEISSDOERFER et al., 2017; CHAREF; EMMITT, 2020; MELLADO; LOU, 2020).

Há bastante observação sobre problemas na maturação de uma cidade dentro do meio científico, porém falta a mesma percepção na vida urbana cotidiana. Recentemente, um estudo conduzido por Curiel et al. (2021) advertiu sobre o modelo global vigente de cidades, sugerindo que precisamos urgentemente reduzir a quantidade de carros. Isso indica a possibilidade de problemas ainda mais complexos que poderão ainda surgir, envolvendo infraestruturas locais e a locomoção das pessoas. A necessidade pela adoção de técnicas sustentáveis – para substituir padrões convencionais desastrosos – se torna cada vez maior. Como visto anteriormente, há tendências em se unir sustentabilidade e tecnologia, tanto na teoria quanto na prática, inclusive no Brasil. Várias outras aplicações do BIM podem impactar positivamente o desenvolvimento socioambiental, muitas munidas de ideias bastante inovadoras; uma pesquisa brasileira publicada recentemente demonstra estratégias de utilização no BIM para eficiência energética em edifícios educacionais, já considerando uma ventilação planejada para evitar a proliferação de doenças como a COVID-19 (DUARTE, et al., 2021). Durante o desenvolvimento deste artigo, foram encontradas diversas outras tecnologias que apareceram acompanhadas das pesquisas sobre BIM, CIM e verificação automática de normas. Cabe destacá-las: *laser scanning* e *point cloud*, fotogrametria, realidade virtual e aumentada, inteligência artificial (AI), drones, robótica, *big data* Internet of Things (IoT), *smart cities*, impressão 3D *blockchain*, identificação por radiofrequência (RFID) e *proptechs*.

Ademais, é importante ressaltar que há uma abundância de instrumentos – tecnológicos ou não – que visam o bem-estar social e a preservação ambiental, disponibilizados tanto para o poder público, quanto para a sociedade e o setor privado. Porém, ainda há dificuldades em eliminar ou ao menos mitigar os efeitos negativos de uma expansão urbana desorganizada. Por ser um país de dimensões continentais, o Brasil possui cidades com praticamente todo o espectro de problemas, desde secas a enchentes. Os estudos reunidos para este artigo elencam muitos exemplos que poderiam reverter essa situação; a contribuição de Lyu et al. (2019), por exemplo, fornece subsídios para a implantação do BIM e GIS na gestão de riscos de enchentes e alagamentos, podendo ajudar enormemente cidades como Blumenau, em Santa Catarina. Sobre o foco deste trabalho, a correta utilização da verificação automatizada analisado, além de servir à população, também pode poupar constrangimento por parte de investidores e construtoras; recentemente em Balneário Camboriú, lar do possível futuro metro quadrado mais caro do país, houve um caso em que a Justiça teve de intervir, exigindo a demolição de seis pavimentos de um arranha-céu (LEAL, 2021; SPAUTZ; 2021). Ainda há muito o que evoluir e os obstáculos para a implementação de inovações sempre são numerosos, mas se percebe esperança de dias melhores nas entrelinhas dos estudos pesquisados.

REFERÊNCIAS

- ABANDA, F.H.; BYERS, L. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). *Energy*. 97 (2016) 517e527.
- AL-TINTAS, Yelín Demir; I.L.A.L. Mustafa Emre. Loose coupling of GIS and BIM data models for automated compliance checking against zoning codes. *Automation in Construction*. 128 (2021) 45–57.
- AMOR, Robert; DIMYADI, Johannes. The promise of automated compliance checking. *Developments in the Built Environment*. 5 (2021).
- ANGEL, Shilomo; PARENT, Jason; CIVCO, Daniel L.; BLEI, Alexander; POTERÉ, David. The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning*. N. 75, p. 53–107, 2011.
- AZHAR, Salman. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*. 2011, 11(3): 241–252.
- AZHAR, Salman; CARLTON, Wade; OLSEN, Darren; AHMAD, Irishah. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. *Automation in Construction*. 20 (2011) 217–224.
- BABALOLA, Oluwatosis; IBEEM, Eziyi O.; EZEMA, Isidore C. *Building and Environment*. 148 (2019) 34–43.
- BARLISH, Kristen; SULLIVAN, Kenneth. How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*. 24 (2012) 149–159.
- BBC News Brasil. **Gobekli Tepe: o surpreendente uso da geometria no tempo mais antigo do mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-53760022>. Acesso em: 15 de julho de 2021.
- BEACH, Thomas H.; HIPPOLYTE, Jean-Laurent; REZGUI, Yacine. Towards the adoption of automated regulatory compliance checking in the built environment. *Automation in Construction*. 118 (2020).
- BECKER, GERBER, Burcin; GERBER, David J.; KU, Kihong. The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. *Journal of Information Technology in Construction*. Vol. 16, 2011.
- BOGO, Rodrigo Sartori. Plano Diretor Participativo, território e inundações em Rio do Sul/SC. *Cadernos Metrópole*. São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 555-578, maio/ago 2020.
- BRANDONI, Caterina; POLONARA, Fabio. The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. *Energy*. N. 48, p. 323-338, 2012.
- BRASIL. **Decreto nº 10.306**, de 2 de abril de 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil/03_ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm. Acesso em: 15 de julho de 2021.
- BRASIL. **Lei nº 10.257**, de 10 de julho de 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 12 de julho de 2021.
- BRITO, Fausto. Transição demográfica e desigualdades sociais no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos de População*. São Paulo, v. 25, n. 1, p. 5-26, jan./jun. 2008.
- BRITO, Vivian Costa; THEIS, Ivo Marcos. A Contribuição de Milton Santos para o Pensamento Social Brasileiro. **Globalização em Tempos de Regionalização – Repercussões no Território Santa Cruz do Sul, RS, Brasil**, 9 a 11 de setembro de 2015.
- BURKHARD, Benjamin; KROLL, Franziska; NEDKOV, Stoyan; MÜLLER, Felix. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*. N. 21, p. 17–29, 2012.
- BYNUM, Patrick; ISSA, Raja R. A.; OLFINA, Svetlana. Building Information Modeling in Support of Sustainable Design and Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013.139:23-34.
- CAMARANO, Ana Amélia; ABRAMOVIY, Ricardo. **Êxodo rural, enclavamento e masculinização no Brasil**: Panorama dos últimos 50 anos. Rio de Janeiro: IPEA. 1999.
- CAMARGO, Lliamara Tansini; MORAES, Sergio Torres. Plano diretor participativo: os desafios da gestão democrática da política urbana no município de Joinville (SC). *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. Taubaté, SP, v. 11, n. 2, p. 292-311, mai-ago/2015.
- CASTRO, Bruna. ABDI lança curso para democratizar a metodologia BIM. **ABDI**. 2020. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/abdi-lanca-curso-para-democratizar-a-metodologia-bim>. Acesso em: 15 de julho de 2021.
- CHAREF, Rabia; EMMITT, Stephen. Uses of Building Information Modelling for overcoming barriers to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2020.
- CHEN, Guangzhao; LI, Xia; LIU, Xiaoping; CHEN, Yimin; LIANG, Xun; LENG, Jie; XU, Xiaocang; LIAO, Weilin; QIU, Yue'an; WU, Qianfian; HUANG, Kangning. Global projections of future urban land expansion under shared socioeconomic pathways. *Nature Communications*. Volume 11, Article number: 537, 2020.
- CHENG, Jianqun; BERTOLINI, Luca. Measuring urban job accessibility with distance decay, competition and diversity. *Journal of Transport Geography*. N. 58, p. 100-109, 2013.
- CHONG, Heap-Yih; WANG, Xiangyu; LEE, Cen-Ying. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. *Journal of Cleaner Production* (2016).
- CORIOLOANO, Germana Pires; RODRIGUES, Waldecy; OLIVEIRA, Adão Francisco. Estatuto da Cidade e seus instrumentos de combate às desigualdades socioterritoriais: o Plano Diretor Participativo de Palmas (TO). *Revista Brasileira de Gestão Urbana*. V. 5, n. 2, p. 131-145, jul/dez. 2013.
- CORRÊA, Fabiano Rogério; OLIVEIRA, Lúcia Helena; TAKAGAKI, Carolina Yumi Kubo. Aspecto prescrito das normas de sistemas prediais hidráulicos e sanitários e sua relação com a verificação automática de modelos BIM. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 237-249, abr./jun. 2018.
- COSTA, Carlos Wilmer; DUPAS, Francisco Antônio; PONS, Nívea Adriana Dias. Regulamentos de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP. *Geociências*. São Paulo, UNESP, v. 31, n. 2, p. 143-157, 2012.
- CURIEL, Rafael Prieto; RAMÍREZ, Humberto González; DOMÍNGUEZ, Mauricio Quiñones; MENDOZA, Juan Pablo Orjuela. A paradox of traffic and extra cars in a city as a collective behaviour. *R. Soc. Open Sci.* 8: 201808. 2021.
- DALL’O, Giuliano; ZICHI, Alessandro; TORRI, Marco. Green BIM and CIM: Sustainable Planning Using Building Information Modelling. *Green Planning for Cities and Communities*. P. 383-409, 2020.
- DUARTE, João Gabriel Carriço de Lima Montenegro; ZEMERO, Bruno Ramos; SOUZA, Ana Carolina Dias Barreto; TOSTES, Maria Eníliade Lima; BEZERRA, Ubiratã Holanda. Building Information Modeling approach to optimize energy efficiency in educational buildings. *Journal of Building Engineering*. Volume 43, November 2021, 102587.
- ENGELS, Friedrich. **Sobre a questão da moradia**. São Paulo: Boitempo, 2015.
- FERNANDES, Guilherme von der Heyde; FORMOSO, Carlos Torres; TZORTZOPOULOS, FAZENDA, Patrícia. Método para verificação automatizada de requisitos em empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 259-278, out/dez. 2018.
- FOLEY, Jonathan A.; RAMANKUTTY, Navin; BRAUMAN, Kate A.; CASSIDY, Emily S.; GERBER, James S.; JOHNSTON, Matt; MUELLER, Nathaniel D.; O’CONNELL, Christine; RAY, Deepak K.; WEST, Paul C.; BALZER, Christian; BENNETT, Elena M.; CARPENTER, Stephen R.; HILL, Jason; MONFREDA, Chad; POLASKY, Stephen; ROCKSTRÖM Johan; SHEEHAN, John; SIEBERT, Stefan; TILMAN, David; ZAKS, David P. M. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. Vol. 478, 2011.
- FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. Ed. Fundo de Cultura, 1959.
- GEISSDOERFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy M.P.; HULTINK, Erik Jan. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 143 (2017) 757-768.
- GILES-CORTI, Billie; VERNÉZ-MOUDON, Anne; REIS, Rodrigo; TURRELL, Gavin; DANNENBERG, Andrew L.; BADLAND, Hannah; FOSTER, Sarah; LOWE, Melanie; SALLIS, James F.; STEVENSON, Mark; OWEN, Neville. **The Lancet**. City planning and population health: a global challenge. Urban design, transport, and health. *Volume 388*, issue 10062, p. 2912-2924, december 10, 2016.
- GONG, Jianzhou; CHEN, Wenli; LIU, Yansui; WANG, Jieyong. The intensity change of urban land use: Implications for the city master plan of Guangzhou, China. *Land Use Policy*. N. 40, p. 91-100, 2014.
- GTSC A2030. V Relatório Luz da Sociedade Civil Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável. **Brasil. ARTIGO 19 Brasil e América do Sul e Gestos – Sorpositividade, Comunicação e Gênero**. 2021.
- HARVEY, D. **O novo imperialismo**. São Paulo: Loyola, 2004.
- HARVEY, D. **O novo imperialismo**. São Paulo: Loyola, 2004.
- HÄUBLER, Marco; ESSER, Sebastian; BORRMANN, André. Code compliance checking of railway designs by integrating BIM, BPMN and DMN. *Automation in Construction*. 121 (2021).
- HE, Qinghua; WANG, Ge; LUO, Lan; SHI, Qian; XIE, Jianxun; MENG, Xianhai. Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis. *International Journal of Project Management*. 2016.
- HUANG, Zishuo; YU, Hang; PENG, Zhenwei; ZHAO, Mei. Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. N. 42, p. 1335-1348, 2015.
- IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2015**. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro, 2016.
- İLALA, Sibel Macit; GÜNAYDIN, H. Murat. Computer representation of building codes for automated compliance checking. *Automation in Construction*. 2017.
- IRIZARRY, Javier; KARAN, Ebrahim P.; JALAEI, Farzad. Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*. N. 31, p. 241-254, 2013.
- ISMAIL, Aimi Sara; ALL, Kherun Nita; IAHAD, Noorimshah A. A Review on BIM-Based Automated Code Compliance Checking System. *IEEE*. 2017.
- KABISCH, Nadja; FRANTZESKAKI, Niki; PAULEIT, Stephan; NAUMANN, Sandra; DAVIS, McKenna; ARTMANN, Martina; HAASE, Dagmar; KNAPP, Sonja; KORN, Horst; STADLER, Julia; ZAUNBERGER, Karin; BONN, Aletta. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*. 21(2):39, 2016.
- KAHILA-TANI, Maarit; BROBERG, Anna; KYTTÄ, Marketta; TYGER, Taylor. Let the Citizens Map—Public Participation GIS as a Planning Support System in the Helsinki Master Plan Process. *Planning Practice & Research*. 2015.
- KIM, Hayan; SHIN, Jin-Kook Lee Jeyoung; CHOI, Jungsik. Visual language approach to representing KBIMCode-based Korea building code sentences for automated rule checking. *Journal of Computational Design and Engineering*. 6 (2019) 143–148.
- KLINK, Jeroen; DENALDI, Rosana. O plano diretor participativo e a produção social do espaço. O caso de Santo André (São Paulo). *Revista Eletrônica de Geografia e Ciências Sociais*. Vol. XV, núm. 382, 1 de dezembro de 2011.
- LEAL, Pedro. Justiça democrática demolição de seis andares de arranha-céu em Balmário Camboriú. *OCP News*. 2021. Disponível em: <https://ocp.news/economia/justica-democratica-demolicao-de-seis-andares-de-arranha-céu-em-balmario-camboriu/>. Acesso em: 18 de julho de 2021.
- LI, Yunxue. **Automated Code-checking of BIM models**. Dissertação (Master in Construction Engineering). Universidad de Cantabria. 2015.
- LIU, Xin; WANG, Xiangyu; WRIGHT, Graeme; CHENG, Jack C. P.; LI, Xiao; LIU, Rui. A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *International Journal of Geo-Information*. 6, 53, 2017.
- LU, Yujie; WUB, Zhili; CHANGA, Ruidong; LI, Yongkui. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*. 83 (2017) 134–148.
- LYU, Hai-Min; SHEN, Shui-Long; ZHOU, Annan; YANG, Jun. Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 84 (2019) 31–44.
- MALSANE, Sagar; MATTHEWS, Jane; LOCKLEY, Steve; LOVE, Peter E.D.; GREENWOOD, David. Development of an object model for automated compliance checking. *Automation in Construction*. 49 (2015) 51–58.
- MANDUJANO, María G.; ALARCÓN, Luis F.; KUNZ, John; MOURGUES, Claudio. Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. **Revista de la Construcción**. Volumen: 15 Número: 3 Páginas: 107-118, 2016.
- MARTINS, J.P. Poças; ABRANTES, V. Automated code-checking as a driver of BIM adoption. *Int. Journal for Housing Science*. Vol.34, No.4 pp. 286-294, 2010.
- MARTINS, João Poças; MONTEIRO, André. LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems. *Automation in Construction*. 29 (2013) 12–23.
- MARX, Karl. **O Capital**: Crítica da Economia Política: Livro I: o processo de produção do capital. Boitempo: São Paulo, 2013.
- MARX, Karl. **O Capital**: Crítica da Economia Política: Livro II: o processo de produção do capital. Boitempo: São Paulo, 2013.
- MASKIL-LEITAN, Reuven; REYCHAV, Iris. A sustainable socio-cultural combination of building information modeling with integrated project delivery in a social network perspective. *Springer Nature*. 2018.
- MATTEDI, Marcos Antônio. Pensando com o desenvolvimento regional: subsídios para um programa forte em desenvolvimento regional. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**. Blumenau, 2 (2), P. 59-105, Primavera de 2015.
- MELLO, Leonardo Freire; SATHLER, Douglas. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**. Rio de Janeiro, v. 32, n.2, p. 357-380, maio/ago. 2015.
- MELO, H.C; TOMÉ, S. M. G.; SILVA, M. H.; GONZALEZ, M. M.; GOMES, D. B. O. Implementation of City Information Modeling (CIM) concepts in the process of management of the sewage system in Piumhi, Brazil. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 225 012076, 2019.
- MONTENEGRO, Nuno; GOMES, Jorge; URBANO, Paulo; DUARTE, José. Na OWN2L Land Use Ontology: LBSC. **International Conference on Computational Science and its Applications**. Part II, LNCS 6783, p. 185-198, 2011.
- MORORÓ, Mayra Soares de Mesquita; ROMCY, Neliza Maria e Silva; CARDOSO, Daniel Ribeiro; BARROS, José de Paula. Proposta paramétrica para projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social em ambiente BIM. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 27-44, out./dez. 2016.
- MOYANO, María del Pilar Mercader; CAMPOREALE, Patricia Edith; CÓZAR-CÓZAR, Elías. Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. **Revista Hábitat Sustentable**. Vol. 9, Nº. 2, 20, 2019.
- NARAYANSWAMY, H.; LIUB, H.; AL-HUSSEIN, M. BIM-based Automated Design Checking for Building Permit in the Light-Frame Building Industry. **36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction**. 2019.
- ORAE, Mehran; HOSSEINI, M. Reza; PAPADONIKOLAKI, Eleni; PALLIYAGURU, Poshun; ARASHPOUR, Mehrdad. Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review. *International Journal of Project Management*. N. 35, p. 1288–1301, 2017.
- PEYRONNIN, Natalie; GREEN, Mandy; RICHARDS, Carol Parsons; OWENS, Ailana; REED, Denise; CHAMBERLAIN, Joanne; GROVES, David G.; RHINEHART, William K.; BELHADJALI, Karim. Louisiana’s 2012 Coastal Master Plan: Overview of a Science-Based and Publicly Informed Decision-Making Process. *Journal of Coastal Research*. N. 67, p. 1–15, Coconut Creek, Florida. Summer 2013.
- QIAN, Zhu. Master plan, plan adjustment and urban development reality under China’s market transition: A case study of Nanjing. *Cities*. N. 30, p. 77-88, 2013.
- RATHORE, M. Mazhar; PAUL, Anand; AHMAD, Awaiz; RHO, Suengmin. Urban Planning and Building Smart Cities based on the Internet of Things using Big Data Analytics. *Computer Networks*. 2016.
- REIZGEVICIUS, Marius; USTINOVICIUS, Leonas; CIBULSKIENĖ, Diana; KUTUT, Vladislavas; NAZARKO, Lukas. Promoting Sustainability through Investment in Building Information Modeling (BIM) Technologies: A Design Company Perspective. *Sustainability*. 2018, 10, 600.
- REYCHAV, Iris; MASKIL-LEITAN, Reuven; MCHANEY, Roger. Sociocultural sustainability in green building information modeling. *Clean Tech. Environ. Policy*. 2017.
- REZENDE, Denis Alcides; ULTRAMARI, Clovis. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro 41(2):255-71, Mar/Abr. 2007.
- SAIEG, Pedro; SOTELINO, Elisa; NASCIMENTO, Daniel; CAIADO, Rodrigo. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*. 2017.
- SANTOS, Milton. **Por uma Outra Globalização**: Do pensamento único à consciência universal. Rio de Janeiro: Record, 20º ed., 2011.
- SARTOR, Gisela Aparecida; GOMES, Giancarlo. **Liderança Transformacional e Capacidade de Aprendizagem Organizacional como Antecedentes da Inovação em Serviços e do Desempenho Organizacional: Estudo em Escritórios de Arquitetura**. XLIV Encontro da ANPAD – ENANPAD 2020, 2177-2576, 2020.
- SETO, Karen C.; FRAGKIAS, Michael; GÜNERALP, Burak; REILLY, Michael K. A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. **PLoS ONE**. Volume 6, Issue 8, August 2011.
- SETO, Karen C.; GÜNERALP, Burak; HUTYRA, Lucy R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **PNAS**. vol. 109, no. 40, October 2, 2012.
- SILVA, José Borzacchiello. Discutindo o Rural e o Urbano. **Revista da ANPEGE**. V. 7, n. 8, p. 3-11, ago./dez. 2011.
- SINGH, Vishal; GU, Ning; WANG, Xiangyu. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. *Automation in Construction*. 20 (2011) 134–144.
- SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. *Automation in Construction*. 53 (2015) 69–82.
- SOLIHIN, Wawan; DIMYADIB, Johannes; LEEC, Yong-Cheol; EASTMAND, Charles; AMOR, Robert. Simplified schema queries for supporting BIM-based rule-checking applications. *Automation in Construction*. 117, 2020.
- SOLIMAN-JUNIOR, Joao; TZORTZOPOULOS, Patrícia; BALDAUF, Juliana Parise; PEDO, Barbara; KAGIOGLOU, Mike; FORMOSO, Carlos Torres; HUMPHREYS, Julian. Automated compliance checking in healthcare building design. *Automation in Construction*. 129 (2021).
- SOUZA, Mariângela Alice Piccinini. Técnica e cidade: a indignação e a busca da utopia em Milton Santos. In: **Ensaios a partir de “A Natureza do Espaço”**. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2007.
- SPAUTZ, Dagmara. Efeito alargamento: Balmário Camboriú entre o metro quadrado mais caro do país. **NSC Total**, 2021. Disponível em: <https://www.nscotal.com.br/columnistas/dagmara-spautz/balmario-camboriu-tera-o-metro-quadrado-mais-carro-do-pais-apos/>. Acesso em: 16 de julho de 2021.
- STOJANOVSKI, Todor. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: Blocks, Connections, Territories, People and Situations. **Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design**. San Diego, California, USA. 2013.
- TAN, Xiangyang; HAMMAD, Amin; FAZIO, Paul. Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2010.
- THEIS, Ivo Marcos. Desenvolvimento Desigual e Planejamento Regional no Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**. Curitiba, v.37, n.131, p.79-97, jul/dez. 2016.
- TIAN, Li; SHEN, Tiyan. Evaluation of Plan Implementation in the Transitional China. **43rd ISOCARP Congress**. 2007.
- VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs. *Automation in Construction*. 38, pp.109-127, 2012.
- WANG, Hao; PANA, Yish; LUO, Xiaochun. Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*. N. 103, p. 41-52, 2019.
- WEBER, Alfred. **Theory of the Location of Industries**. The University of Chicago, 1929.
- WONG, Johnny Kwok Wai; ZHOU, Jason. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in Construction*. 57 (2015) 156–165.
- XUE, Fan; WU, Liupengfei; LU, Weisheng. Semantic enrichment of Building and City Information Models: a ten-year review. **Advanced Engineering Informatics**. 47, 101245, 2021.
- ZHANG, Jiansong; EL-GOHARY, Nora M. *Automation in Construction*. 73 (2017) 45–57.
- ZHANG, Qianwen; SU Shihang. Determinants of urban expansion and their relative importance: A comparative analysis of 30 major metropolises in China. **Habitat International**. N. 58, p. 89-107, 2016.
- ZHANG, Sijie; TEIZER, Jochen; LEE, Jin-Kook; EASTMAN, Charles; VENUGOPAL, Manu. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automated Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction*. 29 (2013) 183–195.
- ZHONG, Chen; ARISONA, Stefan Müller; HUANG, Xianfeng; BATTY, Michael; SCHMITT, Gerhard. Detecting the dynamics of urban structure through spatial network analysis. *International Journal of Geographical Information Science*. 2014.