

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

DEFESA DE DISSERTAÇÃO

**SÍNTESE DE ESCOPO DE PESQUISAS QUE INTEGRAM
BIM E GIS APLICADAS A INFRAESTRUTURA URBANA.**

GUILHERME CARLOS DE JESUS
ORIENTADOR: DRA. CRISTIANE BUENO
ASS: _____

SÃO CARLOS
Janeiro 2024

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Prof^ª Dr^ª **Cristiane Bueno**

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora **Prof. Dra. Cristiane Bueno** pela dedicação, confiança, entusiasmo com esta pesquisa e, principalmente, por todos os ensinamentos. Agradeço à minha família e amigos, que viveram este momento ao meu lado sempre me apoiando incondicionalmente em todas as decisões e prestar-se como ombro amigo em todos os momentos. Ao Alex, amigo e ex-secretário do PPGEU, por todo apoio, atenção, disponibilidade e amizade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Análise de implementação do BIM nos setores de infraestrutura urbana.....	20
Figura 2 - Análise de dificuldades na implantação do BIM no Brasil.....	23
Figura 3- As etapas previstas da estratégia BIM BR para implementação do BIM.....	24
Figura 4- Interface do GIS.....	26
Figura 5- Análise Vetorial e Raster- GIS.....	27
Figura 6- Fluxo do geoprocessamento.....	30
Figura 7- Estrutura do GIS.....	31
Figura 8- Fluxograma da metodologia de pesquisa.....	38
Figura 9- Diagrama de fluxos realizado no estudo.....	44
Figura 10- Análise por ano de publicações que abordam integração de BIM e GIS na infraestrutura urbana.....	63
Figura 11- Análise de palavras mais frequentes nos estudos selecionados.....	64
Figura 12- Análise dos setores identificados nos estudos selecionados.....	65
Figura 13- análise dos países com maior concentração de estudos identificados para integração de BIM e GIS.....	66
Figura 14- Análise Classificatória de Transporte.....	74
Figura 15- Análise Classificatória de Ferrovia.....	75
Figura 16- Análise Classificatória de Armazens.....	76
Figura 17- Análise Classificatória de Distritos Urbanos.....	78
Figura 18- Análise de diversos setores.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de documentos elegíveis incluídos na revisão com seus objetivos de pesquisa e contribuições.....	47
Tabela 2- Análise do método de integração adotado nos estudos.....	67
Tabela 3- Análise de quais são os setores de Transportes.....	73
Tabela 4- Análise de quais são os setores de Ferrovias.....	75
Tabela 5- Análise de quais são os setores de Armazens.....	76
Tabela 6- Análise de quais são os setores de Distritos Urbanos.....	77
Tabela 7- Análise de quais são os setores em diversos segmentos.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições sobre CIM (CITY INFORMATION MODELING).....	21
Quadro 2 -Diferentes períodos e estágios de desenvolvimento dos GIS e suas principais características.....	29
Quadro 3 - Definições sobre CIM (CITY INFORMATION MODELING).....	36
Quadro 4 - Planejamento do Protocolo.....	40
Quadro 5 - Busca nas base de dados.....	41
Quadro 6 - Resultado geral da busca nas bases de dados.....	42

Sumário

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	CONCEITUAÇÃO DE BIM.....	
2.2	BIM E O SETOR DE INFRAESTRUTURA.....	
2.3	CENÁRIO NACIONAL: A ESTRATÉGIA DE DISSEMINAÇÃO DO BIM.....	
2.4	CONCEITUAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (GIS).....	
2.5	INTEGRAÇÃO DE BIM E GIS.....	
3	METODOLOGIA E OBJETIVO.....	36
3.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	
3.2	PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL).....	
3.3	EXECUÇÃO DE BUSCA NAS BASE DE DADOS.....	
3.4	SUMARIZAÇÃO.....	
3.5	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	
4	RESULTADOS.....	42
4.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	
4.2	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	
4.2.1	ANÁLISE POR ANO.....	63
4.2.2	ANÁLISE POR MAPEAMENTO DAS PALAVRAS MAIS FREQUENTES (CO-OCORRÊNCIAS).....	64
4.2.3	ANÁLISE PELOS SETORES DA INFRAESTRUTURA URBANA.....	65
4.2.4	ANÁLISE POR PAÍSES.....	66
5	ANÁLISE SISTEMÁTICA E CLASSIFICATIVA DOS RESULTADOS.....	67
5.1	ANÁLISE DO MÉTODO UTILIZADO.....	
5.2	ANÁLISE DE SETORES.....	
5.2.1	SETOR DE TRANSPORTE.....	73
5.2.2	SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM TRANSPORTE.....	74
5.2.3	SETOR DE FERROVIA.....	75
5.2.4	SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM FERROVIA.....	75
5.2.5	SETOR DE ARMAZÉNS.....	76
5.2.6	SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM ÁRMZENS.....	76
5.2.6	SETOR DE DISTRITOS URBANOS.....	77
5.2.8	SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM DISTRITOS URBANOS.....	78
5.2.7	OUTRAS APLICAÇÕES EM SETORES.....	78
5.3	SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM DIVERSOS SETORES.....	88
6	CONCLUSÃO.....	89

RESUMO

O termo GIS (Sistema de Informação Geográfica) é oriundo do inglês GIS (Geographic Information System). Processos de infraestrutura urbana utilizam de mecanismos e plataformas digitais que coletam, mapeiam e distribuem informações em diferentes escalas urbanas. O Building Information Modelling (BIM) contempla o objetivo da gestão do ciclo de vida a ser implementado em uma escala local, enquanto o GIS trabalha captando e mapeando características de condições existentes urbanas para análises, gestão e prevenção. A relação de integração entre as plataformas BIM e GIS é um tópico promissor para processos de gestão urbana, sendo oriundo do conceito de CIM (City Information Modelling) que consiste pela modelagem de fluxos de gestão em processos para cidades ou territórios por meio da utilização da integração entre BIM e GIS. A promissora integração de BIM e GIS em processos urbanos sobre as práticas e ferramentas computacionais auxiliam processos para Cidades Inteligentes (Smart Cities), porém necessita de uma dinâmica entre as plataformas GIS e BIM para reduzir perda de informação durante o processo de troca e coleta de dados (Importação e Exportação). A integração conta com desafios no que tange a leitura e conversão de dados entre as plataformas, uma vez que as plataformas foram originalmente desenvolvidas para diferentes propósitos. Esta pesquisa aplicou a metodologia da revisão sistemática da literatura (RSL), irá coletar os resultados adquiridos do atual estado da arte sobre as estratégias de integração de BIM e GIS em diversos setores da infraestrutura e buscará identificar suas limitações, potencialidades, impactos e quais são os setores de maior adesão da integração de BIM e GIS, buscando compreender a fronteira do conhecimento por meio da revisão sistemática em apoio com análise bibliométrica sobre quais as principais pesquisas da área que países que tiveram maior número de publicação de artigos voltados a integração de BIM e GIS para processos de gestão urbana, e quais artigos tiveram maior relevância entre as bases de dados internacionais.

Palavras Chave: Bim, Gis, Colaboração, Integração, DeGISn Arquitetônico, Citygml, Ifc, Infraestrutura, Cidades Inteligentes.

ABSTRACT

The term GIS (Geographic Information System) comes from the English GIS (Geographic Information System). Urban infrastructure processes use digital mechanisms and platforms that collect and map and distribute information at different urban scales. Building Information Modelling (BIM) contemplates the objective of managing the life cycle of a volume to be implemented at a local scale, while GIS works by capturing and mapping characteristics of existing urban conditions for analysis, management and prevention. The integration relationship between the BIM and GIS platforms is a promising topic for urban management processes, arising from the concept of CIM (City Information Modelling), which consists of the modelling of management flows in processes for cities or territories through the use of integration between BIM and GIS. The promising integration of BIM and GIS in urban processes on computational practices and tools help processes for Smart Cities, but it needs a dynamic between GIS and BIM platforms to reduce information loss during the process of exchange and collection of data (Import and Export). Integration has challenges in terms of reading and converting data between platforms, as the platforms were originally developed for different purposes. The research will carry out the systematic literature review (RSL) methodology, will collect the results acquired from the current state of the art on the integration strategies of BIM and GIS in various infrastructure sectors and will seek to identify their limitations, potentials, impacts and what they are the sectors with the highest adhesion to the integration of BIM and GIS, seeking to understand the frontier of knowledge through a bibliometric analysis on which are the main researches in the area, which countries that had the highest number of articles published on the integration of BIM and GIS for processes urban management and which articles were more relevant among international databases.

Keywords: Bim, Gis, Collaboration, Integration, Architectural deGISn, Decision Support,

Citygml, Ifc, Infrastructure, Smartcity

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A construção civil, feita antigamente no Brasil, utilizava métodos construtivos artesanais. Houve avanços ao longo do tempo, porém a produção manual ainda é amplamente usada no país. Este tipo de produção tem como características, de maneira geral: desperdício de materiais, baixa produtividade, baixo controle de qualidade e a grande variabilidade do produto final (DEBS, 2000).

Com a industrialização, máquinas foram incorporadas no canteiro de obras, substituindo o homem nas operações mais pesadas, porém a execução permaneceu predominantemente artesanal e pouco foi adotado em relação a novas tecnologias na área da construção civil nas últimas duas décadas no Brasil (RIBEIRO e MICHALKA JR., 2003).

Com o grande avanço das tecnologias, e surgimento da indústria 4.0, novas metodologias e práticas computacionais tornam-se essenciais ao manejo de ativos, especialmente ao segmento da AECO (Arquitetura, engenharia, construção e operação). A indústria 4.0 estimula, entre vários fatores, a sustentabilidade e otimização em seus respectivos processos que abrangem a implementação de novas metodologias e tecnologias que visam contribuir nos processos de gestão.

Segundo Cavalcanti e Nogueira (2017), a indústria 4.0 pode ser caracterizada pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica, como por exemplo a robótica colaborativa a diferença dessa era em relação a primeira, segunda e terceira revolução industrial, comparando a mesma como uma revolução digital que veio para modernizar os processos das organizações.

Brasil (2019) e (2020) que dispõe sobre a “Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling” e que torna o uso obrigatório de utilização do BIM em três fases, sendo projetos, implementação e execução. Portanto, nota-se um aquecimento na indústria AECO para adesão do uso das TIC pela atrativa vantagem de processos otimizados, facilidade na gestão, sendo um nicho novo a se pesquisar sobre as formas de estratégias na integração do uso de BIM com GIS para modelagem de cidades (CIM). (Respectivos decretos 9.377 sem efeito e decreto 10.306.

Com a construção civil cada vez mais beneficiada pela tecnologia e a interação entre mundo real e virtual que a indústria 4.0 propõe, a imersão da tecnologia na construção civil, cada vez mais se integra a metodologias a serem implementadas na AECO.

O que vemos na chamada “Quarta Revolução Industrial” são os sistemas cyber-físicos monitoriamente e articulando processos físicos, ou seja, o uso de TIC para o controle de processos e aumento da produtividade.

A revolução 4.0 utiliza três componentes para alcançar seus resultados, sendo CSP (Cyber Physical Systems) que são sistemas que conectam as infraestruturas computadorizadas, comunicação automatizada e operações físicas, (Internert of Things ou IoT) sendo esta uma integração criada entre objetos, máquinas, sistemas computadorizados, plataformas e aplicativos tecnológicos e, por último, a (Smart Factories) sendo esta a aplicação do CSP na produção para ampliar automação e aumentar produtividade, eficiência e reduzir custos, tempo gasto e uso de recursos.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) com a recente necessidade da comunicação por recursos tecnológicos são métodos utilizados para indústria 4.0 para auxiliar em processos corporativos, novas metodologias que visam melhorias e otimização entre os fluxos de processos. A relação entre o setor e a nova realidade trazida por essa revolução é íntima, embora sinuosa. As duas trabalham cada vez mais juntas para gerar melhores retornos e viabilidade nos processos, redução de falhas e erros, aumento da produtividade, otimização de prazos, eliminação de desperdícios e redução de custos.

A metodologia BIM abrange o componente de IoT, sendo muito útil para gestão dos processos e um dos destaques da indústria 4.0, para estratégias de processos que visam se aprimorar os processos e suas dimensões que contemplam um leque de disciplinas e necessidades com multitarefas, na gestão do planejamento por meio da realidade virtual, além da colaboração entre diferentes ativos envolvidos no mesmo processo.

A agenda de 2030 propõe um plano de ações, metas e medidas que buscam fortalecer a paz universal, erradicar a pobreza, promover a vida digna para todos e o desenvolvimento sustentável, a agenda 2030 constitui um plano de 17 objetivos de desenvolvimento sustentáveis. Entre os 17 objetivos, dois visam estratégias que contribuem indiretamente para o aceleração da disseminação do BIM em escala global, promovendo aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação (TIC) apoiar o desenvolvimento tecnológico, facilitar o desenvolvimento de infraestrutura sustentável e robusta, como o objetivo 9 e o objetivo 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que busquem estratégias até 2030 para modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos, maior adoção de tecnologias e processos industriais ambientalmente adequados.

Com o cenário do setor de AECO munido de práticas digitais, o BIM propõe ferramentas que permitem uma gestão mais robusta de informações, um modelo 3D detalhado da obra, muito mais minucioso e próximo do resultado final do que os protótipos 2D ou mesmo modelos que só possuem meros dados visuais em 3D ou seja, BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da construção” (Eastman, 2008). Assim todos os processos de uma obra ocorrem de maneira integrada, possibilitando a resolução de problemas de maneira ágil, otimizando o tempo de trabalho e acarretando em uma maior assertividade nas etapas e uma gestão financeira mais assertiva e menos custosa.

O GIS é um conjunto de processos integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados para produção de informação de malha espacial. Considerando que as estratégias de integração de BIM e GIS abrangem um impacto sobre a inovação nas práticas dos processos no setor de AECO para cidades e governanças mais inteligentes este projeto terá papel crucial e fundamental.

A pesquisa será focada em coletar, reunir e analisar as diversas possibilidades de estratégias de integração do BIM e GIS dentro da infraestrutura visando compreender o benefício da integração de BIM e GIS no planejamento urbano, identificando suas lacunas, possibilidades de pesquisa, quais são os setores da infraestrutura que utilizam da integração e quais são os resultados iniciais e que etapa abrangem.

Portanto, por meio da metodologia de revisão sistemática da literatura e análise bibliométrica, será identificado a fronteira do conhecimento voltado às práticas de integração de BIM e GIS nos setores da infraestrutura, de maneira exploratória e buscando identificar e contribuir com atual estado da arte sobre o impacto e contribuição nas aplicações na gestão de infraestrutura urbana, possíveis potencialidades e identificar as oportunidades de novos desenvolvimentos e aplicações integradas de BIM e GIS no setor da infraestrutura Urbana, identificando quais são os setores com maior aplicação pela integração de BIM e GIS, quais são os países que estão em constante uso e quais palavras chaves estão em maior semelhança entre todos estudos, sendo um estudo exploratorio buscando analisar todas as vertices identificadas e classifica-las de maneira setorial.

OBJETIVOS

O objetivo principal da pesquisa é identificar as diferenças nos métodos de integração de BIM e GIS na infraestrutura, ou seja, quais são as ferramentas e métodos adotados pelos setores, o que os setores tem em comum para manuseio da integração das plataformas BIM e Gis e quais setores demandam de maior concentração da integração de Bim e Gis.

A partir do objetivo central desta pesquisa, deve-se analisar as potencialidade e limitações de uso integrado das plataformas BIM e GIS na gestão de infraestrutura urbana.

É importante reconhecer as principais pesquisas da área, países e fronteiras do conhecimento com maior relevância em bases de dados internacionais através da análise bibliométrica.

Se faz necessário a identificação das oportunidades de novos desenvolvimentos e aplicações integradas de BIM e GIS no setor da Infraestrutura Urbana.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo SAS (2018), entende-se por inteligência artificial o ramo da ciência da computação que tem por finalidade elaborar dispositivos que simulam a inteligência humana, ou seja, máquinas que aprendem com experiências, que se ajustam a partir de consequentes entradas de dados e realizam atividades em semelhança com aquelas desenvolvidas por seres humanos. A inteligência artificial em cada área penetrou de forma a quebrar barreiras e otimizar as tarefas, visando a tecnologia como resultado imediato de uma necessidade global, no caso do setor da construção civil a realidade virtual impactou a forma como se constroi desde então.

A realidade virtual (VR) pode ser definida como o uso da tecnologia para se convencer o utilizador que ele está em outra realidade (Pimentel, 1995). A realidade virtual está presente no setor da AECO, através de inúmeros softwares capazes de simular a realidade a criação de um espaço, proporcionar a experiência de imersão ao prototipo 3D e em sua gestão de processos. Nesse sentido, a realidade possui múltiplas aplicações, sendo categorizada em três aspectos: a imersão, interação e o envolvimento (Rodrigues, 2016). Para Rodrigues (2016), a imersão pode ser entendida como a sensação de estar dentro de um ambiente real.

Na construção civil a realidade virtual é utilizada em diversas funções, desde treinamentos, compatibilização de projetos, verificação de estruturas até para apresentar ambientes aos clientes.

Segundo Lima (2017), estima-se que, num futuro breve, seja possível automatizar o canteiro de obras, utilizando ferramentas como o BIM, drones e novos materiais, máquinas ao invés de trabalho braçal, softwares no lugar das pranchetas e soluções tecnológicas robustas em substituição às ferramentas pesadas. Além disso, o controle de todas as etapas da obra se dará por meio de aplicativos com interface simples e baseada na realidade aumentada.

2.1 CONCEITUAÇÃO DE BIM

O primeiro termo sobre BIM surgiu em 1974 por Charles Eastman e sua equipe. Inicialmente era chamado de BDS, Building Description System, e em 1986 foi registrado pela primeira vez o termo Building Modeling (GASPAR e RUSCHEL, 2017).

De acordo com Gaspar (2019), em 1989 surge o termo Building Information Model no relatório “An Object-Oriented Environment for Representing Building DeGISn and

Construction Data”. E segundo esse documento, Building Information Model seria um modelo capaz de identificar os objetos físicos (geometria, localização e material) que o constituem, como se encaixam em sistemas funcionais dentro do edifício, como seus atributos são influenciados pela sua forma e por outros sistemas, e de quais espaços abstratos (salas, andares etc.) eles são parte (GARRETT Jr.; BASTEN; BRESLIN, 1989, p.6, tradução de GASPAR, 2019).

O BIM possibilita a criação de uma representação virtual do que será construído, chamada de Building Information conforme Model LIU et al., (2015). Esse modelo representa precisamente a geometria da edificação, além de possuir informações relevantes que poderão ser utilizadas no auxílio à documentação, projeto, pré-fabricação e execução do empreendimento conforme EASTMAN et al. (2011). Depois da construção, esse modelo pode ser utilizado para fins de operação e manutenção AZHAR, (2011).

BIM não é apenas software, mas um conjunto processo-software. Além disso, não trata-se apenas de uma representação tridimensional precisa, ganhos no impacto do fluxo de trabalho e na entrega do projeto vão muito além da representação visual. O uso da tecnologia BIM cria um novo paradigma onde a integração entre as partes envolvidas garantem mais eficiência ao projeto. AHZAR (2011).

Segundo Hjelseth (2010), seria mais apropriado considerá-lo como uma modelagem de informações com a possibilidade de visualização tridimensional. O BIM contempla recursos que visam integrar as atividades do planejamento em apenas um modelo além de recursos como a parametrização, ifc, Lod's e as dimensões.

Segundo Maia; Meda, Freitas (2015) o BIM é uma metodologia poderosa que se confirma na automatização de processos, devido as capacidades de parametrização dos objetos BIM e a capacidade de obter diretamente do modelo BIM medidas, quantidades e custos.

A parametrização que é a adição de informação ao modelo, ou banco de dados BIM, de forma pré-definida e comum aos elementos, contempla diversas opções de parâmetros, como o código do objeto, onde pode servir para conectar o objeto a uma planilha de custos, dessa maneira possibilitando a geração de orçamentos ou como pavimento ou unidade habitacional do elemento onde o parâmetro pode servir para separar os materiais no almoxarifado ou estudo de melhoria em custo de uma unidade que se repetira varias vezes, ou data de execução onde é identificado uma cronológica que define a data que o elemento ou serviço será executado e por fim data de compra que é o momento que determina que o

material deverá ser comprado ou enviado para a obra, sendo assim esses parâmetros devem ser definidos no plano de execução BIM, e servem como diretrizes a serem observadas no projeto.

De acordo com EASTMAN et al. (2011) o processo de parametrização implica em atribuir uma regra ou uma definição a certo objeto fazendo com que este não seja somente um simples desenho, mas algo que contém uma informação específica associada a ele, estes parâmetros que podem ser atribuídos variam desde relações entre diferentes objetos, que inclusive promovem a automação de um modelo BIM já que permite que o sistema realize atualizações automáticas no modelo quando um objeto sofre alguma modificação, ou até mesmo podem ser informações não geométricas do mesmo objeto como por exemplo custo, desempenho e trabalhabilidade.

Segundo EASTMAN et. Al (2011), os parâmetros associados a um objeto no modelo BIM definem o comportamento dele, assim como também a sua interação com os outros objetos pertencentes ao mesmo modelo. De maneira geral, os objetos paramétricos podem ser classificados como objetos que interagem com outros objetos.

De acordo com Salomão et al. (2019), as análises 3D em BIM permitem identificar as interferências em razão da parametrização dos elementos contida no sistema BIM, além de o próprio sistema identificar interferências conforme as combinações criadas pelo usuário no ato 192 da modelagem dos projetos. Devido à parametrização das informações de um empreendimento de construção civil, todos os desenhos, relatórios e informações podem ser extraídos de forma consistente, pois são provenientes de uma representação única da construção cuja informação é inserida apenas uma vez evitando redundâncias (Eastman et al., 2010).

Já o Industry Foundation Classes (IFC) é um mecanismo de linguagem internacional dos arquivos digitais do BIM, ou seja, possibilita a comunicação entre diferentes softwares, de forma que todos os envolvidos na construção possam trabalhar no mesmo modelo. Segundo Andrade e Ruschel (2009), atualmente o IFC é o principal protocolo utilizado, logo que, é um formato arquivo aberto, neutro, não controlado pelos fornecedores individuais de software, criado para facilitar a interoperabilidade entre os diferentes operadores.

Para Eastman (2014), o IFC destinou-se para apresentar informações sólidas da construção e para efetuar a transação entre um software e outro. Esse sistema é focado em

prover as descrições gerais de todo o projeto, tratamento dos elementos gerados e também a vitalidade do empreendimento.

Eastman (2014) expressa que as propriedades padronizadas do IFC se amplificam por meio de materiais, atributos contextuais, tais como: dados geológicos, clima, vento, entre outros, evidenciando as associações presentes entre os objetos e as propriedades.

Maria (2008) relata que o IFC se trata de uma padronização mundial criada para a troca e/ou compartilhamentos dos dados, informações e produtos, viabilizando a interoperacionalidade dos softwares no setor AECO. De acordo com Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012), o IFC foi definido, do ponto de vista técnico, usando as especificações da norma ISO 10303 11 (1994) para modelagem e troca de dados, também conhecida como Standard for the Exchange of Product Data (STEP). O BIM abrange uma vasta possibilidade de dimensões com a possibilidade de alteração nas estratégias em todas etapas do processo, de maneira a se compatibilizar com o atual nível de detalhamento do processo. Sendo assim uma otimização das tarefas possibilitando múltiplas tarefas interdisciplinares de vários agentes simultaneamente. A metodologia BIM introduz o conceito de dimensão, que visa tratar do espaço, da gestão, da durabilidade, do planejamento, da previsão de custo e gestão de instalação. Atualmente essas dimensões são apresentadas como interoperabilidade de modelos nD, sendo integrado com aplicativos de orçamentos, planejamentos, bases de dados externas, sistemas de suprimentos e logística e simuladores de desempenho acústico, energético, as-built e etc.

Segundo Kreider & Messner, (2013) o conceito, o Model Uses é uma grande reinvestigação e uma expansão prática da taxonomia 'B IM Uses', um "método de aplicação de Modelagem de Informações prediais durante o ciclo de vida de uma instalação para alcançar um ou mais objetivos específicos."

Primeiro princípio (1D) que implica na implantação de protocolos BIM em um país ou organização, ou seja, elaborar leis e contratos determinando o uso obrigatório do BIM em obras públicas (Como exemplo os decretos federais n 9.983, de 2019 e 10.306 de 2020 que tornam obrigatório o uso de BIM em todo território nacional).

Segundo princípio (2D) que permite a extração de toda documentação (Plantas, elevações, cortes, tabelas, memoriais e etc), essa é dimensão básica, presente em softwares como Autocad para representação gráfica.

Terceito princípio (3D) que permite a visualização 3D do modelo, o BIM 3D é

provavelmente o método mais familiar do uso do BIM sendo o processo de coletar informações gráficas e não gráficas para criação de modelos 3D para distribuição de informação em um ambiente de compartilhamento de dados acessíveis. Podem ser citados como benefícios da dimensão 3D, a visualização 3D otimizada de todo o projeto, comunicação e compartilhamento simplificados das expectativas e etapas do projeto, auxiliando assim, a logística, escolha e definição das estratégias, além da fácil colaboração entre equipes multidisciplinares, permitindo menores fluxos de retrabalho e revisões.

Quarto princípio (4D) que se permite o uso do modelo BIM para o planejamento da construção e edificação, além de se inserir o fator tempo e planejamento, a quarta dimensão ajuda na descrição de informações relacionadas a questão do tempo, ou seja, ajuda a descrever quanto tempo estará envolvido na conclusão do projeto e como o projeto evoluirá. Sendo assim esta dimensão contempla uma cadeia de aprimoramento do planejamento junto a coordenação entre agentes, para detecção precoce de conflitos (compatibilização) e visualizando o impacto das alterações realizadas durante todo o ciclo de vida.

Quinto Princípio (5D) permite as estimativas de custos e orçamentos, essa dimensão permite a extração das informações para criação de estimativa de custos, ou seja, quantitativos, orçamentos e custo geral de um projeto. Essa dimensão contribui para uma maior tomada de decisão dos requisitos orçamentários e um maior controle sobre possíveis mudanças no escopo, material, equipamentos ou mão de obra, além de permitir visualização de custos em tempo real em 3D.

Sexto princípio (6D) permite fazer simulação de processos no intuito da aplicabilidade da sustentabilidade, energética, conforto, certificações em geral e essa dimensão está voltada para métodos sustentáveis. Os dados extraídos nessa dimensão podem incluir informações sobre o fabricante, cronogramas de manutenção, detalhes de vida útil e manutenção, como o item deve ser configurado e operado, para obtenção de desempenho ideal. Essa dimensão permite tomar melhores decisões em ativos de vida útil mais longa e com maior olhar econômico, permitindo planejar as atividades de manutenção com antecedência.

Sétimo princípio (7D) voltada para Facility Management, ou seja, gerenciamento das instalações, esta dimensão está relacionada ao uso para rastrear dados importantes do ativo, como status, manuais de manutenção ou de operação, informações sobre garantia e especificações técnicas, para serem utilizados em um estágio futuro.

Oitavo princípio (8D) voltada para segurança e prevenção de acidentes e, segundo Imriyas Kamardeen (2010), consiste em três tarefas: determinar os riscos no modelo,

promover sugestões de segurança para perfis de alto risco e propor controle de riscos e de segurança do trabalho na obra para os perfis de riscos incontrolláveis.

Nono princípio (9D) voltada para introdução da filosofia de gestão lean no setor da construção, chamada também de construção enxuta, ou seja, é direcionado para ações que visam reduzir os desperdícios e excessos. São métodos para otimizar as tarefas sem comprometer os resultados finais e a produtividade do projeto no geral.

Décimo princípio (10) o objetivo é a construção industrializadas, que integra novas tecnologias para gerenciar dados físicos, comerciais, ambientais e outros. Portanto, é uma forma para industrializar a construção civil, de maneira sequenciada, interligando e gerando produtividade.

Segundo a NIBS (2015), Nível de Desenvolvimento do Modelo ou Level of Development (LOD) quer dizer o grau em que a geometria de um elemento-modelo e as informações anexadas a ele foram pensadas e, concomitantemente, o grau em que os membros da equipe do projeto podem confiar na informação ao usar o modelo.

O American Institute of Architects (AIA) aprimorou o conceito de Level of Development e no ano de 2008 publicou o documento conhecido como E-202 - BIM Protocol Exhibit, no qual estabelece protocolos e níveis esperados de desenvolvimento e usos autorizados do BIM em projetos, atribuindo responsabilidade específica pelo desenvolvimento do elemento-modelo para um nível de desenvolvimento definido em cada fase do projeto (AIA, 2008). Este documento define cinco níveis de desenvolvimento, LOD 100 ao LOD 500 (Quadro 1), especificando os requisitos mínimos a serem contidos em cada elemento-modelo e a autorização dos usos associados a cada nível de desenvolvimento.

LOD 100: é o modelo apenas com sua geometria, linhas, símbolos e volumes. Isso tudo em forma de massa.

LOD 200: são adicionadas quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Também são anexadas informações geométricas aos elementos do modelo.

LOD 300: toda a geometria e propriedades dos elementos correspondem às condições reais do empreendimento. Ou seja, é o momento em que o anteprojeto já está aprovado e começa o desenvolvimento do projeto executivo até sua compatibilização.

LOD 350: Aqui são incluídos detalhes e elementos do modelo que representam interação com outros projetos, cotas e notas técnicas.

LOD 400: são adicionados detalhes de como a execução deve ser realizada ou como será a montagem de determinado elemento. No Brasil, raramente os projetos têm esse nível de detalhe.

LOD 500: corresponde ao como foi executado o empreendimento, o “As Built”.

2.2 BIM E O SETOR DE INFRAESTRUTURA

Segundo Bradley et al., (2016) a pesquisa de BIM para infraestrutura tem demonstrado as vantagens e ganhos da aplicação do conceito BIM, por benefícios que incluem melhor colaboração entre as partes interessadas, automação de tarefas repetitivas, análise avançada e otimização de informações de construção e vinculação de conjuntos de informações. Bradley et al., (2016) pontua quatro lacunas para implementação do BIM para infraestrutura, tais como, integração de informações, mecanismo de integração de dados, alinhamento de processos de negócios com o processo BIM e quadro para governança das informações e definição de dados úteis em infraestrutura.

Segundo Cheng et al., (2016) a Modelagem de informações de construção (BIM) tem sido amplamente adotada na indústria da construção, no entanto, o uso de BIM em instalações de infraestrutura civil ainda é incipiente. A indústria e a academia estão cada vez mais se esforçando no estudo e na implementação da CIM.

Segundo PINI (2013) a adoção do BIM em obras de infraestrutura pode gerar ganhos expressivos para as empresas que atuam no setor como, por exemplo, a redução do custo de construção à redução no tempo de projeto e no tempo de execução de um empreendimento, a redução de reclamações por parte dos clientes, a redução de retrabalho, além de uma melhora geral nos resultados da empresa.

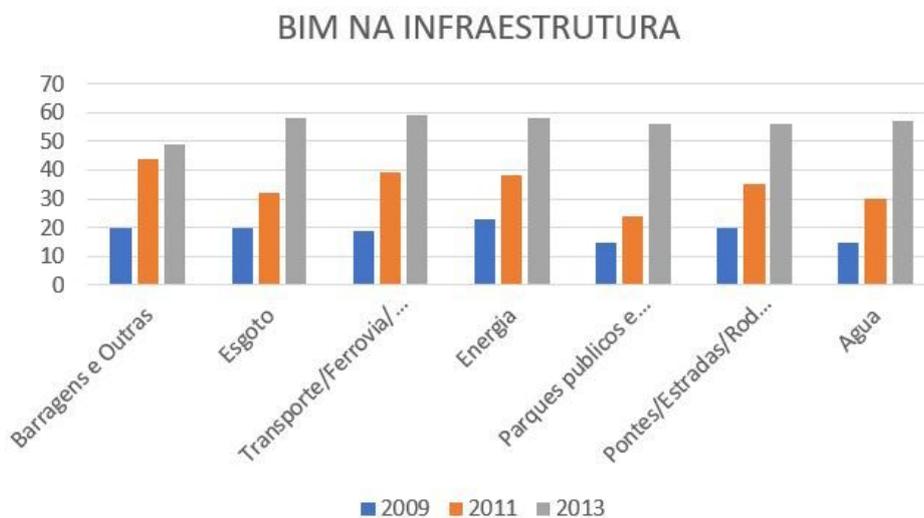
De acordo com MCGRAW_HILL CONSTRUCTION (2012) na área de construção horizontal, a utilização do BIM está apenas começando. O próprio termo BIM se direciona a edificações verticais. Se o processo BIM for aplicado a unidades de construção de infraestrutura, ele pode gerar documentos ricos em informações que facilitam e aumentam a eficiência do projeto.

O BIM, pode se apresentar como uma solução para as grandes dificuldades inerentes. Além do mais, os recursos torna-se cada vez mais escassos, e as necessidades de melhorias de infraestrutura continuam a crescer, permitindo com que o segmento da indústria deva explorar alternativas de financiamento, o que em muitas ocasiões recai nas Parcerias Público-privadas (PPP). No entanto esse tipo de contrato demanda uma ordem maior de clareza sobre as

responsabilidades dos envolvidos. Assim sendo, quem adotar o BIM em projetos horizontais, de fato, sairá na frente dos concorrentes, e todos os segmentos dependentes da infraestrutura poderão se valer dessa melhoria (MCGRAW_HILL CONSTRUCTION, 2012).

Em 2012 foi realizado uma pesquisa pela Mc-Graw-Hill Construction, onde apresenta um aceleração nos processos de obras de infraestrutura com uso de BIM (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2012). A pesquisa demonstra que apesar do uso da metodologia BIM para obras verticais, a pesquisa demonstra que houve uma evolução do uso desta metodologia BIM para obras horizontais do setor de infraestrutura, os resultados demonstram ganhos, como a redução de 22% no custo de construção, 33% no tempo de projeto e execução do empreendimento, 33% nos erros em documentos, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% nas atividades de retrabalho, o que gera como consequências ganhos reais para as empresas do setor.

Figura 1 - Análise de implementação do BIM nos setores de infraestrutura urbana.



Fonte: MCGraw-Hill Construction (2012).

Resultado da pesquisa realizada sobre a implementação de BIM em obras de infraestrutura. (McGraw-Hill Construction, 2012).

Bradley et al., (2016) aborda que a pesquisa de BIM para infraestrutura é focada principalmente na integração de GIS em rodovias e pontes e a implementação geral. Além de outros fatores que incluem a direção das forças matrizes para a adoção do BIM na infraestrutura que vem da fase operacional trabalhando para trás, devido ao avanço de recursos no gerenciamento de ativos de clientes de infraestrutura, em comparação com

edifícios onde a força matriz do BIM partiu. Bradley et al., (2016) também aborda as aplicações de BIM para infraestrutura em a maioria da fase de pesquisa de projeto de infraestrutura esta relacionada com estudos de caso de exemplos práticos ou o projeto e representação em um nível de objeto da estrutura linear única de projetos como estradas, ferrovias ou túneis.

Marzouk, M. e Othman, A. (2020) abordam as capacidades de integração das plataformas BIM e GIS para para gestão urbana linear, sendo ferramentas auxiliares da grande necessidade de melhor atender a demanda do rápido processo de urbanização para cidades inteligentes, de forma a compreender o potencial de BIM em ser utilizado aliado ao GIS na gestão de planejamento urbano em infraestruturas horizontais.

A revisão sistemática realizada por Ma e Ren (2017), partiu de um resultado de 207 artigos iniciais, que pós exclusão da duplicação na base de dados o número caiu para 147 artigos e em seguida apenas itens que incluem a aplicação integrada de BIM e GIS foram selecionados resultando em 41 artigos finais que buscou compreender a expansão do uso BIM para o setor de infraestrutura, como suas aplicações e plataformas, bem como lacunas de pesquisa. Essa revisão identificou que o “ objeto de aplicação”, notou-se prevalência de edificações e uma presença secundária de infraestruturas e distritos urbanos, na “ fase de aplicação”, notou-se maior ênfase em edificações nas fases de O&M (operação e manutenção) e P&D (planejamento e deGISn) enquanto em “padrão de integração” notou-se que o mais comum foi a extração de dados de BIM para GIS e de ambos os sistemas para um terceiro sistema e por fim a “plataforma” mais utilizada, notou-se o ArcGis foi o mais citado, seguido do Revit.

Hjelseth (2010) Aborda sobre as novas práticas das tecnologias digitais no cenário AECO, quando e sua constante evolução relata “Com a crescente complexibilidade dos Sistemas do Mundo Real (SMR), a contínua evolução das tecnologias digitais e a consequente e acelerada integração das várias disciplinas da área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), nada mais natural e esperado que o surgimento de novos paradigmas.”

Quadro 1 - Definições sobre CIM (CITY INFORMATION MODELING)

Algumas definições sobre CIM	
Khemplani (2005)	o CIM foi abordado como uma extensão do BIM para cidades
Stojanovski (2013)	o CIM é designado como uma idealização do GIS em 3D,

Cavalcanti; De Souza (2015)	o CIM associa as cidades e as relações entre objetos e pessoas
Corrêa; Santos (2015)	o CIM foi associado a outras ferramentas computacionais poderiam estabelecer uma cidade inteligente
Almeida; Andrade (2018)	afirmam que o CIM possibilita maiores contribuições dos interessados no desenvolvimento da cidade.

Fonte: Própria 2023

A integração das plataformas BIM e SIG para gestão urbana permite melhores decisões e estratégias governamentais, com processos mais otimizados, maior qualidade e melhores resultados. A integração de BIM e SIG é oriunda do termo CIM pela crescente complexibilidade dos sistemas do mundo real (SMR), a contínua evolução das tecnologias digitais para integração de várias disciplinas da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Segundo Hisham (2010), “[...] mais recentemente foi cunhado o um novo termo CIM ou modelo de Informações sobre a cidade, o qual visa transformar o modo como os planejadores urbanos lidam com os seus planos a semelhança dos arquitetos.” [tradução própria].

Segundo STOJANOVSKI (2013) “CIM é uma analogia ao BIM em urbanismo. É um sistema de elementos urbanos representados por símbolos em um espaço 2D e dentro de um espaço 3D. Ele também é concebido como expansão 3D enriquecido com vistas em vários níveis e múltiplas escalas, caixa de ferramentas de projeto e inventário de elementos 3D com seus relacionamentos”. [tradução própria].

2.3 CENÁRIO NACIONAL: A ESTRATÉGIA DE DISSEMINAÇÃO DO BIM

O cenário nacional contempla a estratégia de disseminação do BIM, através dos decretos que buscam implementar a obrigatoriedade do BIM em projetos. Brasil (2019), busca promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país, estimular a capacitação nessa tecnologia, além do desenvolvimento das plataformas e bibliotecas nacional BIM e acompanhar a evolução da estratégia BIM em todo território nacional. Por vez (Brasil) 2020, contempla a finalidade de utilização do BIM, na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Sendo implementado em três etapas, sendo 2021 (1 etapa) onde se previu-se, que o BIM deveria ser usado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, já em 2024 (2 etapa), previu-se a utilização do BIM na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e engenharia, bem como na gestão das obras, todos o planejamento, orçamentação

e controle de obra, e também a elaboração de as-built, já em sua fase final em 2028 (3 etapa) deverá, além de todos os usos previstos nas fases anteriores, prevê-se o uso para gerenciamento e manutenção da obra cujos projetos foram elaborados em BIM.

Brasil (2017) o Governo Federal por meio do decreto de 5 de junho de 2017 e portaria n.1734-SEI, de 8 de setembro de 2017 que deGISna os membros do comitê estratégico de implementação do Building Information Modelling criou o CE-BIM (Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling), composto por representantes de 9 ministérios sendo, ministério da indústria e comércio exterior e serviços, casa civil da presidência da república, ministério do planejamento e desenvolvimento e gestão, ministério da ciência e tecnologia e inovações e comunicações, ministério das cidades, secretaria geral da presidência da república, ministério dos transportes e portos e aviação civil e ministério da saúde com intuito de promover a modernização e a transformação digital da construção, para formular estratégias que pudesse alinhar as ações e iniciativas do setor público e do privado, impulsionar a utilização do BIM no país, promover as mudanças necessárias e garantir um ambiente adequado para seu uso.

Para o apoio técnico e administrativo e o assessoramento do colegiado, foi instituído o Grupo de Apoio Técnico (GAT-BIM). Além disso, para apoiar a execução dos trabalhos e subsidiar as deliberações, foram criados seis grupos ad hoc que trataram de temas específicos como, regulamentação e normalização, infraestrutura tecnológica, plataforma BIM, compras governamentais, capacitação de recursos humanos e comunicação.

A Bim Forum Brasil, realizou uma pesquisa buscando identificar as dificuldades na implementação da metodologia no cenário brasileiro, na pesquisa Cenário Construtivo Brasileiro 2023, realizada pela Thórus Engenharia e Otus Engenharia, associadas do BIM Fórum Brasil, com apoio da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), do BIM Fórum Brasil, da Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Construção (ABRAMAT) e da Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINCO).

Um total de 64% de 264 incorporadoras e construtoras que participaram ao evento sobre BIM informaram que usam a metodologia no planejamento dos projetos. Houve um aumento de 14% em relação aos dados encontrados na última amostra feita em 2021, que apontou 58% de usuários. Esse ano, dentre aquelas que já trabalham com BIM, 90% afirmaram que houve redução de incompatibilidades nos projetos (falta de compatibilidade entre o projeto sanitário e projeto elétrico de uma obra, por exemplo).

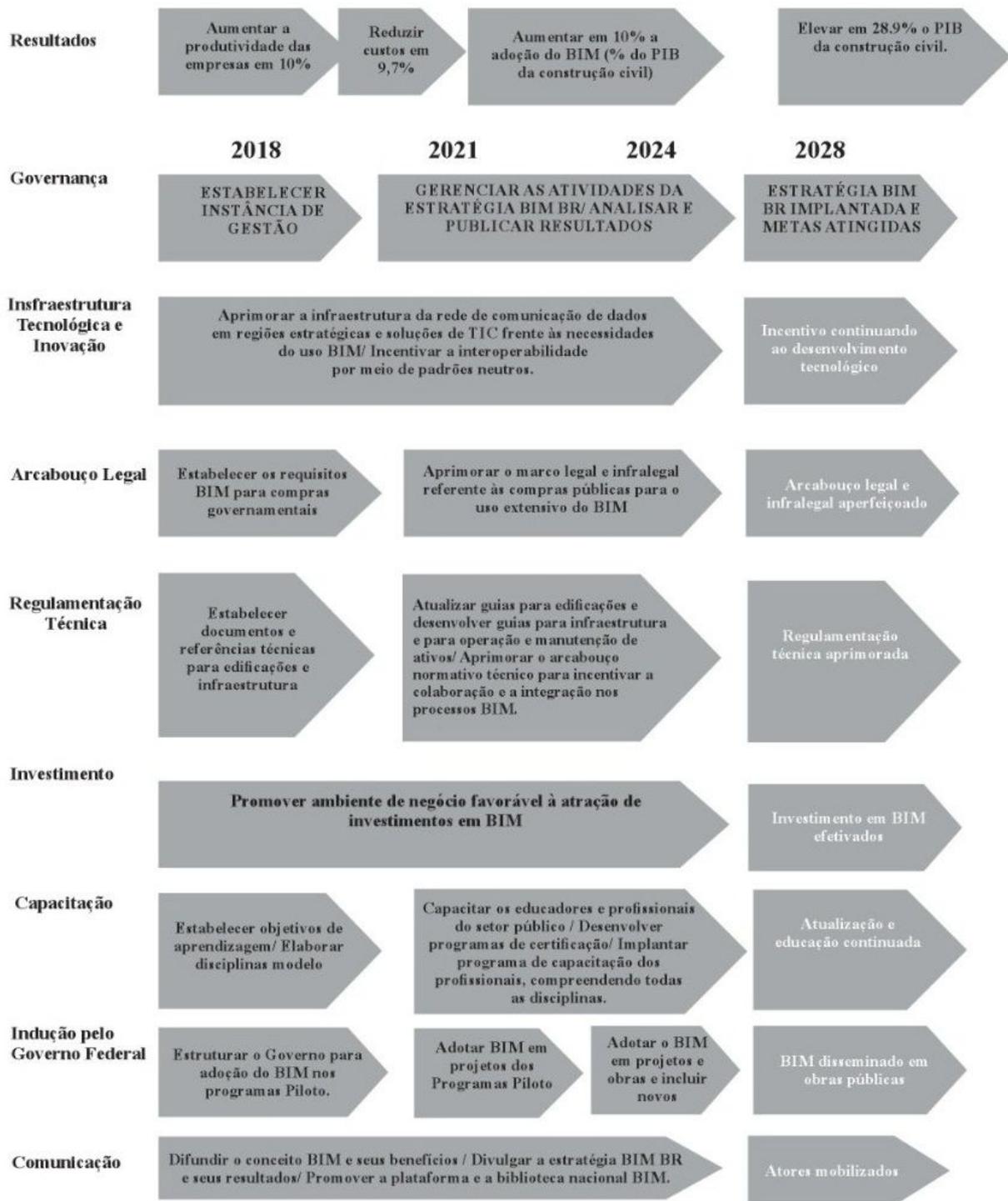
Figura 2 - Análise de dificuldades na implantação do BIM no Brasil



37. Quais foram as principais dificuldades ao fazer a transição para o BIM?

Fonte: <https://www.bimforum.org.br/> (2023)

Figura 3- As etapas previstas da estratégia BIM BR para implementação do BIM



Fonte: Própria 2023

Segundo Wong et al. (2009), as regras de implantação do BIM apresentam peculiaridades de acordo com as circunstâncias do país, e podem depender de fatores como tamanho e a natureza de seu sistema econômico. Sendo assim, conhecer as soluções e resultados obtidos através do BIM nas mais diversas economias do mundo é uma maneira de identificar as oportunidades de implementação da plataforma no contexto brasileiro.

Para Barreto et al. (2016) a forma como o ensino do BIM é conduzido nas universidades brasileiras é um dos fatores que limita a implantação e difusão da tecnologia no país. Segundo Ruschel, Andrade e Morais (2013 apud Barreto et.al, 2016), os estudos da modelagem da informação no Brasil ainda são de caráter predominantemente introdutório e restrito. Neste contexto, as experiências de ensino voltadas para ferramentas de gerenciamento e simulação tem sido pouco recorrentes, impossibilitando em muitos casos, a abordagem do ciclo de vida da edificação como um todo. Outro fator importante é o cenário das pesquisas sobre o BIM no Brasil, que ainda é muito recente e trata de poucos aspectos da plataforma (Barreto et al., 2016).

O cenário atual demonstra um crescimento do uso da metodologia BIM no setor de infraestrutura para os próximos anos já que órgãos importantes do país já estão passando a exigir que as propostas nos processos licitatórios sejam elaboradas com o uso do BIM, como é o caso do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2011).

De acordo com Eastman (2014), as metodologias, os conceitos e as abordagens BIM, começaram a disseminar no Brasil, por volta dos anos 2000. Já para Santos (2017), a modelagem se despontou em meados de 2004.

Neste contexto a implementação e adoção da Plataforma BIM (Building Information Modeling ou Modelagem de Informação da Construção) tem sido uma iniciativa importante para o setor, modernizando e sanando erros de interoperabilidade no processo de desenvolvimento e planejamento de projetos (CAMPBELL, 2007).

No Brasil, motivados e inspirados pelas vantagens da plataforma BIM, alguns escritórios brasileiros seguiram a tendência internacional, sendo pioneiros da aplicação da tecnologia nos seus projetos, ainda no início dos anos 2000. (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

A adoção das tecnologias e softwares baseados na plataforma BIM, contudo, requer uma reestruturação das empresas, uma nova fase de trabalho, reorganização de processos e um pensamento aberto para a elaboração de novos projetos, uma vez que todo o processo de concepção, avaliação e aprovação do projeto é totalmente integrado (JUSTI, 2008).

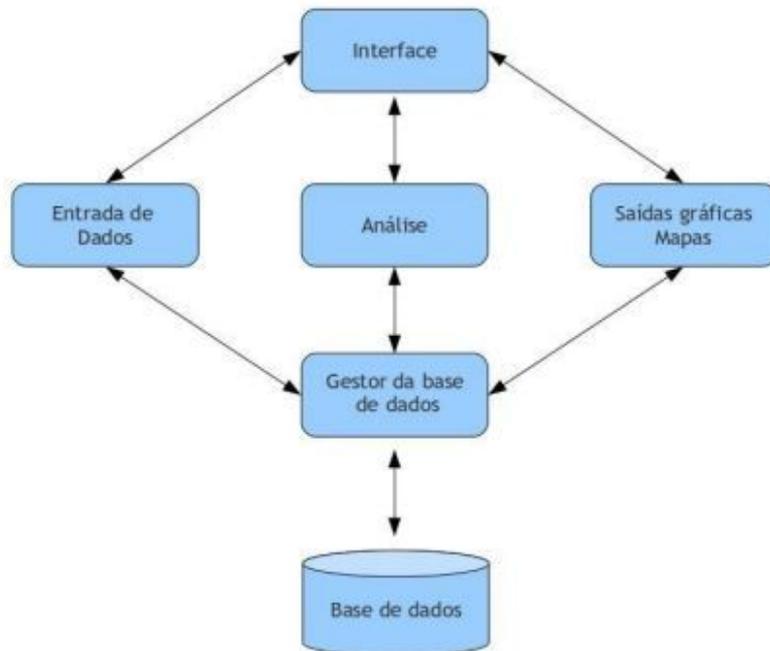
2.4 CONCEITUAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (GIS)

Sistemas de Informações Geográficas (GIS) são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar, exibir e imprimir dados referenciados espacialmente sobre/sob a superfície da Terra [RAPER & MAGUIRE, 1992].

Segundo Ferreira (2003, p.18) “buscar as origens e o arcabouço do pensamento espacial na Geografia é fundamental neste momento, já que as pesquisas contemporâneas que adotam instrumentais geotecnológicos têm tentado mostrar equivocadamente que o SIG nasceu dentro do SIG”. Este autor evidencia que as técnicas de análise espacial, disponíveis nos sistemas de informação geográfica, foram concebidas sem a necessidade prioritária de computadores, surgindo como produtos da tradição geométrica das geografias inglesa e americana entre 1950 e 1970.

Os sistemas de informação, para atender necessidades geográficas na sua concepção fundamental, pode-se dizer, surgiram no Império Inca, onde a comunicação era realizada através dos chasquis (mensageiros), que empreendiam grandes maratonas para coletar e distribuir informações. A descrição do mundo real era feita através dos mapas, os quais também foram utilizados por Cristóvão Colombo, Napoleão Bonaparte, entre outros, para demonstrar as rotas, movimentos de tropas ou a localização de qualquer fenômeno (PAREDES, 1994).

Figura 4- Interface do GIS



Fonte: Própria 2023

Os dados espaciais, em GIS, têm dois formatos iniciais (arranjo de dados para armazenamento ou apresentação): raster/matricial e vector/vetorial. O formato matricial é baseado numa estrutura de grade de células, enquanto o formato vetorial é mais parecido com um mapa de linhas. Há apenas poucos anos atrás, os GIS eram dedicados a uma ou outra estrutura de dados, mas os sistemas atuais integram ambas. Cada formato de dado tem suas vantagens e desvantagens, e os profissionais de GIS reconhecem que em muitos projetos há a necessidade de ambas.

No modelo de dados vetorial o espaço é ocupado por uma série de entidades (pontos, linhas e polígonos), descritas pelas suas propriedades e cartografadas segundo um sistema de coordenadas geométricas

Num modelo de dados matricial ou raster, o espaço é composto por células ou pixels, às quais está associado um valor, representando uma superfície contínua de variação de um dado atributo de interesse.

Figura 5- Análise Vetorial e Raster- GIS

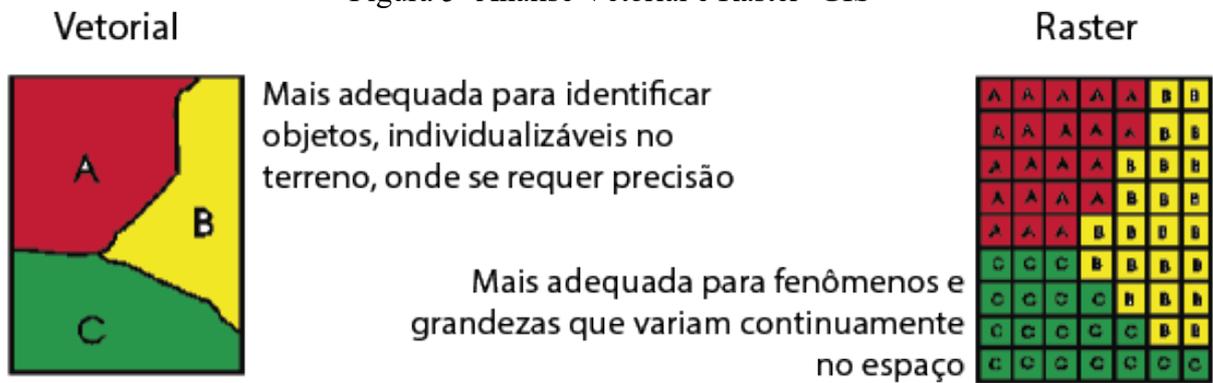


Imagem: Barros (2019)

Segundo Antenucci et al. (1991) no início da década de 60, com a evolução dos sistemas computacionais, inúmeros grupos acadêmicos se formaram com o objetivo de desenvolver estudos específicos para a geração de programas automatizados já dentro de um conceito de sistemas de informação. Um grupo pioneiro formou-se na Universidade de Washington, que criou um centro de pesquisas e desenvolvimento de GIS, onde estudaram e desenvolveram métodos quantitativos, programação e aplicações para algumas áreas de interesse, em especial a área de transporte. Este pioneirismo contribuiu significativamente para a disseminação da concepção de GIS nos Estados Unidos e no Canadá.

Segundo Frank et al. (1991, p. 1431) “na década de 80 os GIS tiveram um elevado nível de desenvolvimento sendo atrativos para a indústria. Este desenvolvimento pode ser observado no mercado, nas empresas, na academia e nos profissionais relacionados à informação geográfica”.

Burrough e McDonnell (1998) enfatizam que em cada estágio de um projeto envolvendo os sistemas de informação geográfica, a verificação apropriada dos dados e dos procedimentos metodológicos é imprescindível, a fim de assegurar que a base de dados esteja isenta de quaisquer erros, uma vez que, a criação de uma base de dados digitais é a tarefa mais importante e mais complexa de um GIS, e sobre a qual reside a utilidade do sistema.

Segundo Câmara e Medeiros (2003, p. 415) a década de 2000, neste momento chegou ao mercado bibliotecas geográficas digitais (BGD), produto da evolução dos sistemas de informação caracterizadas pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, com interface via Web. Uma biblioteca geográfica digital ou um “centro de dados geográficos” é um banco de dados geográficos compartilhado por um conjunto de instituições.

Uma das mais importantes iniciativas em BGD é a Alexandria Digital Library (ADL) na Universidade de Santa Bárbara na Califórnia (UCSB, 2004), assim, algumas arquiteturas têm sido propostas para BDG em produtos comerciais internacionais. No Brasil, segundo Osses et al. (2000), o INPE por meio do “SpringWeb” exemplifica o pioneirismo na geração de arquitetura em BGD. Esses sistemas necessitam tecnologias baseadas em bancos de dados distribuídos e federativos possibilitando a interoperabilidade, ou seja, o acesso às informações por diferentes usuários e outros sistemas. Estas novas premissas são orientadas para troca de informações entre organizações e cidadãos, acessando bases de dados públicas.

Segundo Câmara e Medeiros (2003, p. 415) “esse novo paradigma, é motivado pelo aguçar da nossa geografia utilizar o Sistemas de informação geográfica: uma abordagem contextualizada na história percepção relativa aos problemas ecológicos, urbanos e ambientais, em entender, de forma cada vez mais detalhada, processos de mudança local e global e pela necessidade de compartilhar dados entre instituições e com a sociedade”. Dessa forma, a atual década apresenta elevada massificação do uso de GIS sendo aplicado nos mais distintos setores da sociedade, como destaca Matias (2004, p. 10).

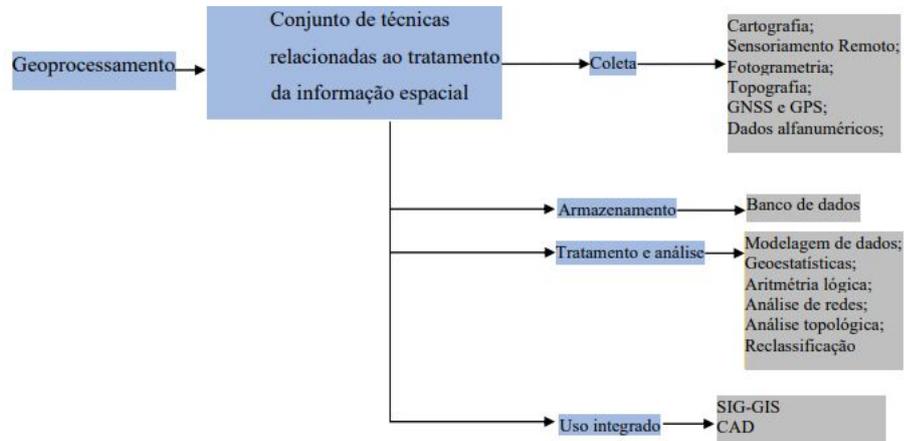
Quadro 2 -Diferentes períodos e estágios de desenvolvimento dos GIS e suas principais características

ESTÁGIO	PERÍODO	CARACTERÍSTICA
Década de 60	Primeira Fase	Período pioneiro do GIS, onde o destaque são os esforços individuais.
Década de 70	Segunda Fase	Período onde ouve a regularização das experiências e práticas. Surgimento dos órgãos comprometidos
Década de 80	Terceira Fase*	Fase em que o fator competitivo do setor comercial reforçou a dinamização do desenvolvimento do GIS.
	Primeira Geração**	Desenvolve-se GIS para ambientes classe VAX (a partir de 1980) e para sistemas PC/DOS (a partir de 1985). Geração caracterizada pela existência de GIS (CAD cartográfico). Sistemas herdeiros da tradição de Cartografia, com suporte limitado de banco de dados e cujo paradigma típico de trabalho é o mapa (plano de informação). Sistemas utilizados principalmente em projetos isolados, sem a preocupação de gerar arquivos digitais de dados, caracterizado como GIS orientado por projeto (Project-oriented GIS).
Década de 90	Quarta-Fase	Período onde existiu certo domínio dos usuários. Acentua-se a competição entre fornecedores de GIS, padronizando-os e sofisticando-os. Usuários com elevado conhecimento das plataformas das potencialidades dos GIS.
	Segunda Geração*	Introdução da geração de GIS (banco de dados geográficos) ao mercado. Caracteriza-se por ser concebidos para uso em ambientes cliente-servidor. Acoplam-se os gerenciadores de banco de dados relacionais e pacotes de processamento de imagens. Desenvolvidos para ambientes multiplataformas (Unix, OS/2, Windows) com interfaces baseadas em janelas. Geração com sistemas para suporte a instituições (enterprise-oriented GIS).
Pós 2000	Terceira Geração**	Sistemas desenvolvidos a partir de bibliotecas geográficos digitais ou centros de dados geográficos. Caracteriza-se pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso por intermédio de redes locais e remotas, com interface via www. Aprimoramento dos bancos de dados distribuídos e federativos visando atender o crescimento dos bancos de dados espaciais e a necessidade do compartilhamento com outras instituições. Estes sistemas seguem requisitos de interoperabilidade, de maneira a permitir o acesso a informações espaciais por sistemas GIS distintos. Essa geração utiliza sistemas orientados para a troca de informações entre uma instituição e os demais componentes da sociedade (Society-oriented GIS)

Fonte: Adaptado Coppock; Rhind (1991) e Câmara; Medeiros (2003).

GIS é o conjunto de procedimentos que lidam com dados georreferenciados, que visam atuar na coleta e tratamento da malha espacial, sendo atividades estas, executadas pelo sistema de informação geográfica (GIS). O fluxo do geoprocessamento é representado a seguir:

Figura 6- Fluxo do geoprocessamento



Fonte: Própria 2023

A geotecnologia são o conjunto de tecnologias que visam coletar, processar, analisar e disponibilizar informação com referência geográfica, sendo composta por soluções em hardware, software e peopleware, que juntas contemplam em poderosas ferramentas para estratégias na tomada de decisões.

O Sistema de informação geográfica (GIS) é o ambiente que permite a integração e a interação de dados georreferenciados com vistas a produzir análises espaciais através de sistema de hardware, software, informação espacial, procedimentos computacionais e recursos humanos que permite e facilitam a análise, gestão ou representação do espaço urbano e dos seus fenômenos que nele ocorrem com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecidas. As três formas principais de utilização do GIS são: a produção de mapas, suporte na análise espacial dos fenômenos e banco de dados geográficos na função de armazenamento e recuperação de informação espacial.

A estrutura do GIS contempla os seguintes componentes:

Figura 7- Estrutura do GIS



Fonte: Própria 2023

Metodologias: está relacionado com objetivo e o tratamento de dados para que se torne possível obter os resultados almejados e tomada de decisões específicas.

Software: constituem no conjunto de programas computacionais que coletam, armazenam, processam e analisam os dados.

Hardware: são equipamentos computacionais de processamento e armazenamento necessários para que o software desenvolva suas funções de geoprocessamentos.

Dados: precisam ter uma referência espacial, acompanhados de suas coordenadas, constituem o material bruto que alimenta o sistema e permitem gerar informações. (basicamente toda e qualquer informação é representada na forma de dados vetoriais e dados matriciais).

Recursos Humanos: formam os grupos de trabalho com interesses em comum sobre projetos almejados, sendo divididos em três núcleos sendo:

Grupo da geomática que são grupo de pessoas que tem interesse mais específico no desenvolvimento de ferramentas e desenvolvimento de novas rotinas e plugins sendo mais voltado ao suporte e apoio dos softwares e desenvolvimento de funções e tecnologias para o GIS,

Grupo dos usuários temáticos normalmente utilizam o GIS como uma ferramenta para obter um resultado como por exemplo um planejamento do uso do solo para tomada de decisão, trabalham metodologias específicas, e tem como foco o resultado.

Grupo dos usuários gerais são pessoas que tem pouco ou nenhum conhecimento sobre o manuseio das ferramentas e utilizam de uma forma mais despreziosa, até mesmo como uma forma de curiosidade.

Segundo LIU et al. (2017) entre todos os esforços, a Linguagem de Marcação da Geografia da Cidade (CityGML) atualmente é a mais abrangente troca padrão de informações urbanas no domínio geoespacial. o CityGML também é um dos formatos de modelagem 3D semânticos mais proeminentes e representa um passo GISnificativo para a integração de BIM e GIS.

Segundo LIU et al. (2017) CityGML é definido como um modelo comum de informações semânticas que representa os objetos 3D no contexto geoespacial e pode ser compartilhado por diferentes aplicações. Tem como objetivo estruturar as informações sobre cidades e características contextuais como um todo. No entanto, o CityGML não está especificamente adaptado ao processo de deGISn da instalação.

Segundo LIU et al. (2017) Uma das formas de gerenciar objetos e dados pelo CityGML é introduzir o conceito de Level Of Detail (LOD). Inclui LOD0 (Região e Paisagem), LOD1 (cidade e região), LOD2 (cidade, distrito e projeto), LOD3 (distrito da cidade, modelo arquitetônico exterior e marco) e LOD4 (modelo arquitetônico de referência e interior), e os níveis mais altos utilizam maior complexidade estrutural e precisão de grees de resolução, e exatidão e dimensões mínimas de objetos.

As aplicações do GIS, vão desde adesão de empresas privadas até na implementação de processos de gestão pública. Devido a possibilidade de integrar diversas informações geográficas geradas de infinitas fontes, como dados cartográficos, dados censitários, cadastro urbanos e rurais e imagens de satélite, ela se torna uma grande ferramenta para o planejamento e na gestão urbana e meio ambiente, como por exemplo para monitorar o desmatamento, agricultura, segurança, transporte e métodos preventivos de desastres naturais por inundações entre outros.

2.5 INTEGRAÇÃO DE BIM E GIS

Segundo LIU et al. (2017) nos primeiros testes de integração de BIM e GIS, os usuários tentaram resolver seus problemas em seus próprios domínios. Usuários GIS tentaram integrar dados BIM ou dados CAD em um sistema GIS, enquanto usuários de BIM empregaram informações espaciais no sistema BIM de formas individuais com propósitos e maturidades específicas das plataformas. A incompatibilidade entre as plataformas pode ser resumida como: diferentes usuários, diferentes focos de aplicativos, diferentes estágios de desenvolvimento, diferentes escalas espaciais, diferentes sistemas de coordenadas, diferentes representações semânticas e geométricas, diferentes níveis de granularidade e diferentes métodos de armazenamento e acesso a informações.

A integração das plataformas BIM e GIS se destacam por a grande possibilidade de aplicações em todo seu fluxograma como: localização geográfica, cadastro 3D, monitoramento e relatórios rodoviários, rastreamento de atividades de construção, estudo preliminar para análise de viabilidade para estimativa de custo de uma construção de uma estrada nacional, melhorar a gestão sustentável das instalações. O GIS pode apoiar a avaliação da acessibilidade do material no local e detectar conflitos entre os espaços temporais para o layout do canteiro de obras.

Segundo LIU et al. (2017) os métodos de integração anteriores entre BIM e GIS, podem ser classificados de diferentes formas: nível semântico ou geométrico, métodos unidirecionais ou bidirecionais e software comercial ou de código aberto. Segundo AMIREBRAHIMI et al., (2015) resume também que trabalhos anteriores sobre a integração de GIS e BIM podem ser categorizados em três níveis:

- Nível de dados: A integração de BIM e GIS no nível de dados normalmente envolve a introdução de novas normas, revisão de padrões antigos ou a conversão/tradução do formato de dados.
- Nível de processo: A integração ao nível do processo não mudará o formato e a estrutura dos dados de ambos os lados, e "eles permanecem simultaneamente vivos e distintos".
- Nível de aplicação: Neste nível, os dados de origem e os dados do objeto não são alterados e nenhum serviço ou ontologia é desenvolvido. Esse tipo de estudo foi normalmente implementado para atender a um caso de uso específico. Por exemplo, o information de ruído calculado separadamente do BIM e do GIS, funciona como

meio para trocar e integrar as informações necessárias entre os dois sistemas.

Segundo LIU et al. (2017) sobre os diferentes conceitos de LOD (Level of Development) entre IFC (Industry Foundation Classes) e CityGML (City Geography Markup Language) que são formas de integração BIM e GIS é proposto métodos de parâmetros classificatórios que permitem estratégias de integração mais inteligentes para influenciar escolhas por meio de critérios EEEF (Eficácia, extensibilidade, esforço e flexibilidade). Esse critério conduz a melhor aplicação e escolha de métodos para integração conforme necessidades individuais.

Segundo LIU et al. (2017) e suas incompatibilidades interpretam a modelagem 3D a partir de duas perspectivas diferentes: o GIS foca mais na modelagem do mundo real, enquanto o BIM é mais focado no processo de deGISn. Portanto, no CityGML, por exemplo, uma parede é representada como superfície para cada quarto separadamente, enquanto, em IFC, uma parede é um objeto de volume, que é compartilhado entre quartos e a concha exterior. A modelagem do mundo real do GIS é impulsionada pelos requisitos de tarefas de mapping, enquanto a modelagem de deGISn do BIM é baseada na representação do deGISn geométrico e detalhes de construção. O GIS geralmente se concentra na informação geográfica e forma de edifícios e componentes de construção de uma perspectiva geográfica. Em contraste, o BIM geralmente se concentra nos componentes detalhados do edifício e nas informações do projeto, como custo e cronograma a partir de uma perspectiva de arquitetura e construção.

A interoperabilidade do processo de projeto envolve muitas fases e diferentes participantes. Estes necessitam trocar informações ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, da construção e do uso. Porém, dificuldades na troca da informação, devido à baixa interoperabilidade, aparecem como fatores limitantes do uso do BIM no processo de projeto. A interoperabilidade é aqui entendida como a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicativos (EASTMAN et al.2008).

Para que se tenha uma boa interoperabilidade é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado hoje é o Industry Foundation Classes (IFC), que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos, não proprietário. Mesmo assim, o que se observa na prática, de acordo com Kiviniemi et al. (2008), é que o uso de padrões IFC atende a requisitos para certas tarefas, deixando, contudo, que muitas outras tarefas não sejam suportadas por este formato. Um dos maiores obstáculos para a adoção do

IFC é a perda de robustez na interface disponível nos aplicativos, tornando isso um grande obstáculo para um amplo e voluntário uso do IFC como protocolo preferido para troca de dados do edifício.

A integração de BIM e GIS podem ser classificadas de diferentes maneiras: nível semântico ou geométrico, métodos unidirecionais ou bidirecionais e software comercial ou código aberto segundo Amirebrahimi, Rajabifard, Mendis e Ngo (2015). Sendo assim a integração de BIM e GIS no nível de dados envolve a introdução de novos padrões, a revisão de antigos padrões ou a conversão e tradução do formato dos dados.

Segundo LAAT (2011) a integração dos dois universos BIM e GIS deve ser feita usando os pontos fortes do mundo de BIM e GIS no contexto do outro. Assim sendo, pretendem usar um servidor de modelos central para BIM e semântica intensa e 3D em GIS. Para isso, os modelos IFC devem estar disponíveis online, usando um servidor de modelos central, segundo Beetz, Berlo (2010).

Entre todos os esforços, a City Geography Markup Language (CityGML) atualmente é a troca padrão mais abrangente de informações urbanas no domínio geoespacial. O CityGML também é um dos formatos de modelagem 3D semântico mais importantes e representa um passo GISnificativo para a integração de BIM e GIS.

O CityGML é definido como um modelo de informação semântica comum que representa os objetos 3D no contexto geoespacial e pode ser compartilhado por diferentes aplicativos. Ele visa estruturar as informações sobre cidades e recursos contextuais como um todo. No entanto, o CityGML não é especificamente adaptado ao processo de deGISn da instalação.

Deng, Cheng e Anumba (2016) resumiu uma estrutura de integração IFC e CityGML usando ontologia de referência transformação da geometria; tradução do sistema de coordenação; desenvolvimento da mediação de esquema usando ontologia; e harmonização de diferentes LoDs no CityGML.

Uma das maneiras de gerenciar objetos e dados pelo CityGML é introduzir o conceito de nível de detalhe (LOD). Inclui LOD0 (região e paisagem), LOD1 (cidade e região), LOD2 (cidade, distrito e projeto), LOD3 (distrito da cidade, modelo de arquitetura exterior e ponto de referência) e LOD4 (modelo de arquitetura de ponto de referência e interior) e os níveis mais altos usam crescente complexidade estrutural, precisão de resolução e dimensões mínimas dos objetos.

Segundo Steventon e Wright (2006) “Um ambiente inteligente, que embute

tecnologias da informação e da comunicação (TIC) que criam ambientes interativos, que trazem a comunicação para o mundo físico. Um ambiente físico no qual as tecnologias de comunicação e de informação, além de sistemas de sensores, desaparecem à medida que se tornam embutidos nos objetos físicos e nos ambientes nos quais vivemos, viajamos e trabalhamos”.

Quadro 3 - Definições sobre CIM (CITY INFORMATION MODELING)

Algumas definições sobre CIM	
Khemlani (2005)	o CIM foi abordado como uma extensão do BIM para cidades
Stojanovski (2013)	o CIM é definido como uma idealização do GIS em 3D,
Cavalcanti; De Souza (2015)	o CIM associa as cidades e as relações entre objetos e pessoas
Corrêa; Santos (2015)	o CIM foi associado a outras ferramentas computacionais poderiam estabelecer uma cidade inteligente
Almeida; Andrade (2018)	afirmam que o CIM possibilita maiores contribuições dos interessados no desenvolvimento da cidade.

Fonte: Própria 2023

A integração das plataformas BIM e GIS para gestão urbana permite melhores decisões e estratégias governamentais, com processos mais otimizados, maior qualidade e melhores resultados. A integração de BIM e GIS é oriunda do termo CIM pela crescente complexibilidade dos sistemas do mundo real (SMR), a contínua evolução das tecnologias digitais para integração de várias disciplinas da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Segundo Hisham (2010), “[...] mais recentemente foi cunhado o um novo termo CIM ou modelo de Informações sobre a cidade, o qual visa transformar o modo como os planejadores urbanos lidam com os seus planos a semelhança dos arquitetos.” [tradução própria].

Segundo STOJANOVSKI (2013) “CIM é uma analogia ao BIM em urbanismo. É um sistema de elementos urbanos representados por símbolos em um espaço 2D e dentro de um espaço 3D. Ele também é concebido como expansão 3D enriquecido com vistas em vários níveis e múltiplas escalas, caixa de ferramentas de projeto e inventário de elementos 3D com seus relacionamentos”. [tradução própria].

3 METODOLOGIA E OBJETIVO

A pesquisa será focada em coletar, reunir e analisar as diversas possibilidades de

estratégias de integração do BIM e SIG dentro da infraestrutura visando identificar possibilidades de pesquisa:

- Analisar as potencialidade e limitações de uso integrado das plataformas BIM e SIG na gestão urbana;
- Reconhecer as principais pesquisas da área, países e fronteiras do conhecimento com maior relevância em bases de dados internacionais através da análise bibliométrica;
- Identificar as oportunidades de novos desenvolvimentos e aplicações integradas de BIM e SIG no setor da Infraestrutura Urbana
- Quais são os setores da infraestrutura que utilizam da integração ;
- Quais são os resultados iniciais e que etapa de maturidade abrangem;

Na presente pesquisa serão relacionadas e discutidas as diferentes formas de estratégias de integração entre BIM e GIS e sua aplicação na gestão urbana gestão urbana. Os procedimentos metodológicos se darão por duas etapas, consistindo numa Revisão Sistemática da Literatura visando compreender o atual estado da arte e fronteira do conhecimento entre as estratégias de integração de BIM e GIS nos processo de gestão urbana e utilização de análise bibliométrica aplicada a integração BIM e GIS; Com base nos resultados da RSL, será proposta uma classificação das propostas de integração identificadas, e a posterior proposição de diretrizes para o uso integrado das plataformas na gestão de infraestrutura urbana.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A primeira etapa consiste na investigação científica, através do método de revisão sistemática da literatura sobre estratégias de integração de BIM e GIS nos processos de gestão urbana.

Segundo Cook, Mulrow & Haynes (1997) a revisão sistemática da literatura (RSL) é um método de investigação científica usado para identificar todos os artigos potencialmente relevantes, por meio de critérios explícitos e reproduzíveis, a partir dos quais são avaliadas as características dos estudos, sintetizando os dados e interpretados os resultados

A RSL se trata de uma metodologia para encontrar, agregar e organizar literatura relevante a cerca de determinado tópico, podendo ser auxiliada por ferramentas que apoiam o processo, seja por automatizarem algumas atividades ou por favorecerem a organização dos dados coletados, sendo utilizado nesta pesquisa o auxílio de tabelas por meio do excel que segundo Kitchenham e Charters (2007), uma revisão sistemática contempla três fases

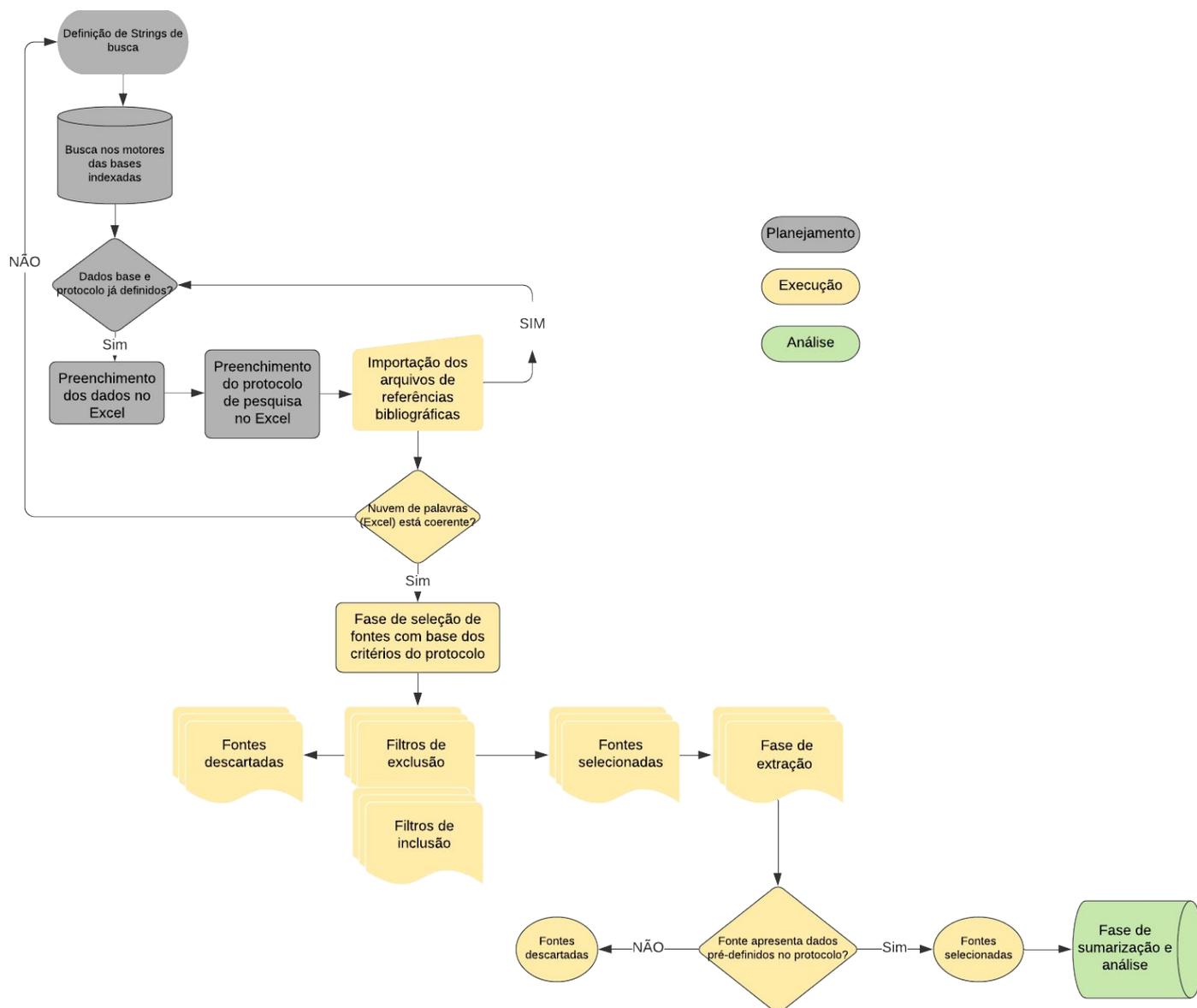
principais: Planejamento, execução e sumarização, as quais são irão compor dentro da interface do excel. Durante o planejamento, deve-se identificar a necessidade da revisão sistemática, bem como elaborar um protocolo de revisão; na fase de execução, procede-se à seleção de estudos primários relevantes, a partir de critérios definidos no protocolo, à extração e à sintetização dessas informações; na terceira fase, os dados extraídos devem ser sumarizados e reportados (FABBRI et al.,2016).

A definição dos termos de pesquisas, partiu com procedimento de busca por palavras-chaves nas base de dados SCOPUS, ENGINEERING VILLAGE e WEB OF SCIENCE para identificar artigos que contemplem o conteúdo a ser pesquisado. Foram utilizados três eixos, o primeiro BIM- GIS, o segundo Urban Management Tools e o terceiro Integration BIM and GIS.

Para combinação das palavras-chaves, optou-se pela utilização de booleanos, devido às variações dos sufixos no segundo eixo de busca que se caracterizam como operadores lógicos de uma pesquisa e sua utilização pode limitar ou ampliar os resultados obtidos. De acordo com a Clarivate Analytics (2019), os operadores booleanos mais utilizados são:

- AND – Fornece a intercessão, mostrando apenas artigos que contenham todas as palavras-chave digitadas;
- OR – Apresenta a união dos conjuntos, a base de dados fornecerá a lista dos artigos que contenham ao menos uma das palavras-chave;
- NOT – aplicado para incluir o primeiro termo e excluir o segundo termo da pesquisa.

Figura 8- Fluxograma da metodologia de pesquisa



Fonte: Própria 2023

Com intuito de alcançar o objetivo proposto, serão realizadas, inicialmente, buscas nas bases de dados Web of Science, Scopus e Engineering Village, buscando compreender a atual fronteira do conhecimento entre os motores de busca gerados pela comunidade científica. Posteriormente será quantificado todo levantamento sistemático, visando auxiliar o pesquisador, dando suporte a análise do material identificado, sendo capaz de aplicação de filtros sobre estes e por meio de critérios de seleção dos artigos, justificar possíveis exclusões e inclusões.

Por não conter uma relação pré-definida de quais são as estratégias de integração e quais são os setores da infraestrutura que aderem a integração de BIM e GIS, foi dado como partida na busca pelas palavras-chaves “BIM and GIS” no intuito de tudo que se utiliza do uso destas duas palavras juntas seja identificado, e posteriormente um filtro melhor direcionado como “Urban Management Tools” e “Integration BIM+and GIS”. Para seguir com os estudos foram traçadas quatro etapas:

Identificação: Esta etapa buscou coletar nas bases de dados parâmetros de buscas por meio das palavras-chaves, possibilitando iniciar a busca do objeto de desejo da pesquisa. Por não conter uma relação pré-definida de quais são as estratégias de integração e quais são os setores da infraestrutura que aderem a integração de BIM e GIS, foi dado como partida na busca pelas palavras-chaves “BIM and GIS” no intuito de tudo que se utiliza do uso destas duas palavras juntas seja identificado, seguida de “Urban Management Tools” e “Integration BIM and GIS”.

Seleção: Neste caso foi aplicado apenas para área de engenharia, onde 106 artigos foram excluídos por se tratarem da integração de BIM e GIS para áreas de computação, mecânica e demais áreas que não contemplam com propósito desta pesquisa.

Elegibilidade: Nesta etapa, foi verificado se os critérios dos artigos pós primeira seleção tinham elegibilidade a pesquisa, por meio dos títulos, resumos e palavras-chaves. Também foi levado como critério de elegibilidade artigos que contemplem abordagem a infraestrutura e seus respectivos setores, não sendo incluso artigos que abordam apenas o edifício individualmente ou qualquer relação com outro tema que não tenha ligação com infraestrutura. Sendo excluído 95 artigos que não contemplavam estudos voltados para infraestrutura, restando 76 artigos que pós análise dos duplicados entre as bases de dados foi excluído 32 artigos, restando 44 artigos finais.

Inclusão: Após os processos de triagem, foi identificado 44 artigos, sendo lidos na íntegra e aprovados após processos de exclusão e inclusão. Esses artigos serão submetidos a revisão sistemática e extração de dados para as análises bibliométricas.

3.2-PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)

As RSL seguem um planejamento previamente estabelecido para sua condução, onde idealmente é documentado no protocolo de forma sistematizada sobre os critérios para seleção

do estudo, os desfechos a serem avaliados com intuito de deixar o processo mais transparente, a disponibilização do protocolo é considerada um critério de qualidade para a RSL, facilitando sua posterior publicação em revistas de alto impacto.

Segundo F.T Barbosa et al. (2019) o protocolo deve conter as estratégias metodológicas para execução da revisão sistemática e devem conter ao menos as seguintes informações: a estratégia de busca para identificar artigos de interesse, critérios de elegibilidade, dados que serão extraídos, as variáveis de interesse, análise dos dados e as formas para explorar as heterogeneidades.

Quadro 4 - Planejamento do Protocolo

PROTOCOLO	Estratégias de Integração de BIM e GIS para gestão Urbana
Objetivo da Revisão	Identificar o estado da arte em relação as estratégias de integração de BIM e GIS em processos na gestão urbana.
Questões a serem respondidas	Analisar as diferentes estratégias de integração das plataformas BIM e GIS entre os setores de infraestrutura Urbana e analisar os impactos surtidos pela integração de BIM e GIS na gestão Urbana;
	Identificar suas lacunas e potencialidades encontradas dentro da gestão Urbana na utilização da integração de BIM e GIS nos processos;
	Reconhecer as principais pesquisas da área, países e fronteira do conhecimento com maior relevância em bases de dados internacionais através da análise bibliométrica;
	Identificar os setores de infraestrutura de maior adesão da integração BIM e GIS;
Palavras-chave	BIM and GIS, Urban Management Tools, BIM and GIS Integration
Fontes Utilizadas para encontrar os estudos primários	Web Of Science
	Scopus
	Engineering Village
1º Critérios de Exclusão	artigos que não forem da área das Engenharias
2º Critérios de Exclusão	Artigos voltados para edificação
3º Critérios de Exclusão	Artigos de Frameworks, Ontologias, Facility Management, big data, voltados para área de computação, ou que não tenham relação com infraestrutura.
4º Critérios de Exclusão	Artigos Duplicados entre as bases de Dados
Dados a serem extraídos das fontes selecionadas	Qual a localização do estudo de caso?
	Qual fase do ciclo de vida a que se aplica a integração?
	Quais as ferramentas utilizadas?

Fonte: Própria 2023

3.3-EXECUÇÃO DE BUSCA NAS BASE DE DADOS

Quadro 5 - Busca nas base de dados

PROTOCOLO	String de busca - Estratégias de Integração de BIM e GIS para gestão Urbana	Resultados
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY ("BIM and GIS") or TITLE-ABS-KEY ("Urban Management Tools") or TITLE-ABS-KEY ("BIM and GIS integration")	116
WEB OF SCIENCE	(TS= ("BIM and GIS") or TS= ("Urban Management Tools") or TS= ("BIM and GIS integration"))	70
ENGINERRING VILLAGE	((("BIM and GIS")) WN ALL) or ((("Urban Management Tools") WN ALL) or ((("BIM and GIS integration") WN ALL)	91

Fonte: Própria 2023

3.4-SUMARIZAÇÃO

Nesta etapa, os dados coletados com suporte do Excel e serão extraídos para análise final do conteúdo.

3.5-ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica tem como objetivo, segundo Lopes Piñero (1972), analisar a dimensão, a evolução, a disposição da bibliografia e averiguar a estrutura dos grupos que produzem e utilizam a literatura do tema. Será quantitativa, pois terá como intuito de verificar o aspecto numérico ao analisar o número de publicações por ano, realizar o mapeamento de análise de coocorrência das palavras-chave, analisar os periódicos mais relevantes para o tema e averiguar a colaboração.

As análises de Coocorrência das palavras mais citadas nos artigos serão identificadas através do software VOS VIEWER, através do qual será possível observar a relação entre as palavras- chave, com destaque mais nítido para aquelas palavras de maior recorrência entre os artigos, conforme Van Eck e Waltman (2010), quanto mais importante um item, maior será a sua representatividade.

A análise bibliografica irá mapear o estado da arte da pesquisa, contribuindo com mapas e tabelas indicativas do atual cenario do estado da arte, seja pelas palavras mais citadas entre os artigos finais, pelos países que estão de forma acelerada e sinuosa contribuindo com as pesquisas.

A análise final dos resultados ira contribuir e alavancar para identificação dos resultados almeçados, onde atraves da RSL é apresentado resultados classificatorios afim de identificar o atual estado da arte, sobre as integrações de BIM e GIS. A classificação por sua

vez, irá reconhecer todo desenvolvimento da pesquisa através de mapas e gráficos.

Os mapas sejam através de vosviewer os gráficos irão exemplificar quais são os setores que estão com maior adesão nas plataformas integradas BIM e GIS e sistematizar quais foram as diretrizes utilizadas para esses diversos setores utilizarem a integração de BIM e Gis.

Essa sistematização classificatória irá identificar como o setor da infraestrutura urbana vem se acelerando para práticas integradas de BIM e GIS, demonstrando suas semelhanças, diferenças, níveis de maturidades e quais ferramentas são abordadas para alcance do interesse do estudo.

4 RESULTADOS

4.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Inicialmente a coleta de estudos contou com 277 artigos iniciais que foram identificados a partir da busca nos bancos de dados, por meio das palavras-chaves definidas para este estudo. De maneira que ao final do processo de filtragem e seleção, foram classificados 44 artigos relacionados ao objeto deste estudo, conforme apresentado nas planilhas abaixo, que contemplam as etapas de filtragem, além do diagrama que exemplifica os critérios de seleção e exclusão.

Quadro 6 - Resultado geral da busca nas bases de dados

1 ETAPA			
Palavra-chave "BIM and GIS"			
Scopus	116		
Web of Science	70		
Engineering Village	91		
2 ETAPA			
Base de dados	Filtro Aplicado: Apenas artigos da área de " Engenharia"	Excluído s	Selecionado s
Scopus	116	58	57
Web of Science	70	47	23
*Engineering Village	91	-	91

*A base de dados Engineering Village não permite a filtragem automática por áreas, sendo assim, foi realizado manualmente a aplicação do filtro para área de engenharia.

Fonte: Própria 2023

O quadro acima apresenta o resultado identificado nas bases de dados. Indicando quais foram as bases de buscas adotadas, e os criterios iniciais para startar a busca, como apenas artigos da área de engenharia, filtrando dessa forma apenas artigos que contemplassem o conteúdo de desejo e descartando artigos com finalidade computacional ou de mecanismos algorítmicos pela criação de um método, mas com foco computacional.

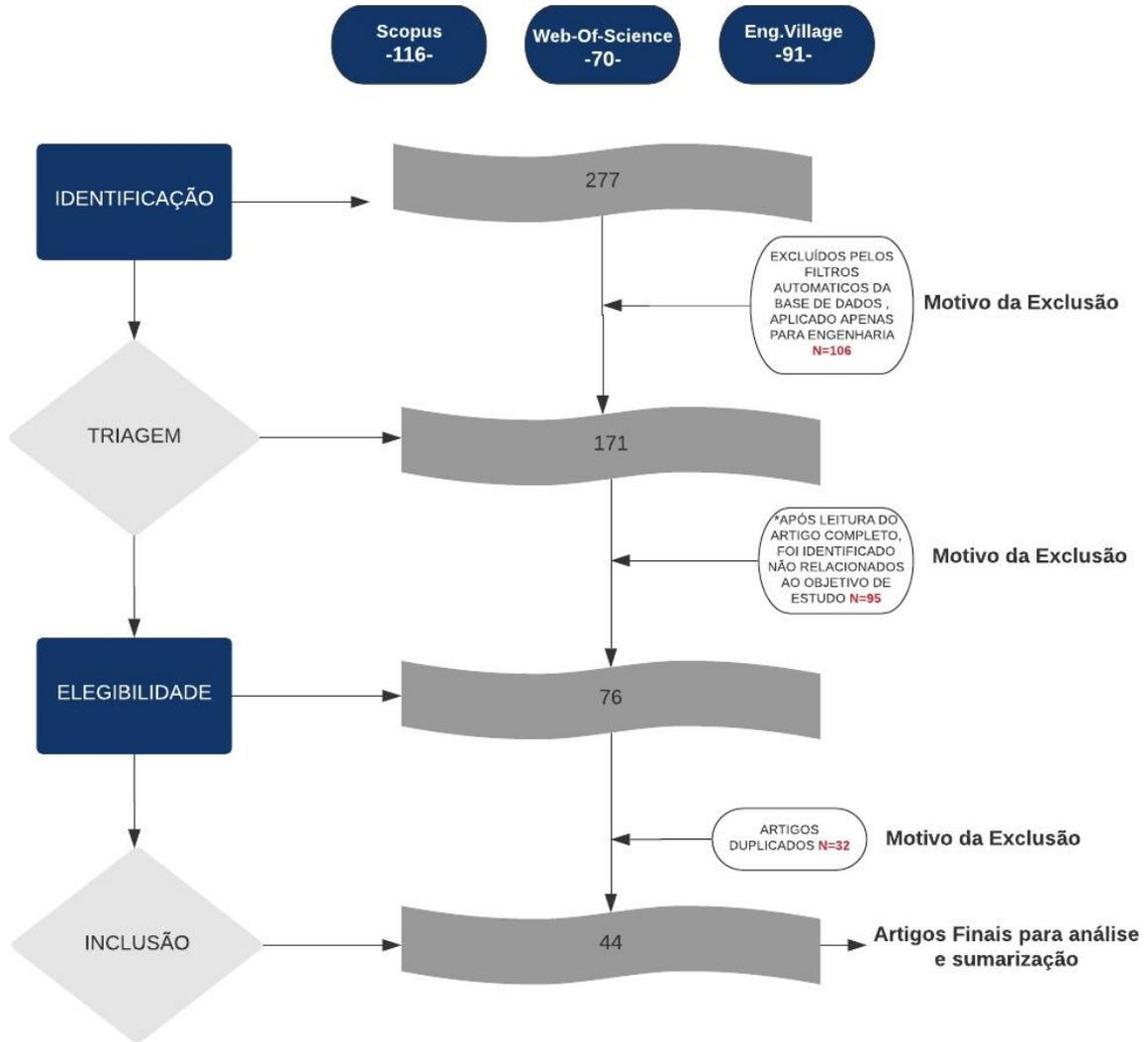
Entre as bases de dados o maior acervo identificado foi na Scopus que por sua vez, alavancou maior número de artigos filtrados, seguida da web of science e engineering village que trouxe por sua vez artigos em vezes semelhante, mas também exclusivos mesmo que em pequena escala.

De tal maneira a concentração resultante nesse primeiro momento da RS contribuiu para analisar o atual estado da arte no que tange a setores da infraestrutura que estão se beneficiando da integração de BIM e GIS. Posteriormente no gráfico abaixo é exemplificado como foram as próximas etapas de filtragem dos resultados da RS.

De 277 artigos identificados nas buscas nas bases de dados científicas, finalizaram 44 artigos que foram aprovados. Após um processo de filtragem sobre os estudos e bases de dados, iniciou-se um mapeamento sobre os estudos, visando sintetizar posteriormente os setores e como esses setores se aprofundam ou identificam dificuldades.

Abaixo foi diagramado um fluxograma do processo de filtragem, quais foram os critérios, quais motivos levaram a destacar ou incluir algum artigo, através da identificação, triagem, elegibilidade e por fim a inclusão desses estudos para próxima etapa de classificação e síntese.

Figura 9- Diagrama de fluxos realizado no estudo.



Fonte: Própria 2023

Após análise inicial dos artigos selecionados, houve heterogeneidade nas pesquisas pelos diversos setores identificados que partem das estratégias de integração de BIM e GIS para infraestrutura. Estes estudos selecionados inicialmente foram categorizados e entrarão na fase de revisão profunda para buscar identificar, quais foram os métodos aplicados nas estratégias de integração a seus respectivos objetivos (setores), quais foram as ferramentas utilizadas, estudos de casos e por vez, suas potencialidades.

Setor da Infraestrutura: Destacando um dos objetivos da pesquisa, será analisado quais são os setores, dentre os artigos selecionados que contemplam o uso da integração de BIM e GIS para suas estratégias de integração, buscando compreender os avanços encontrados por meio das estratégias de integração, como quais são os setores de maior concentração pelas estratégias de integração na infraestrutura.

Método de Integração: A abrangência do uso da integração nos setores da infraestrutura permite o uso de BIM e GIS em diferentes métodos, objetivos, seja pela criação de metodologias, ou testes iniciais. Será analisado as diferentes estratégias adotadas, seja em novas práticas, a disposição sobre novas estruturas e padronização adotadas.

Potencialidades: A análise de como as estratégias de integração de BIM e GIS na infraestrutura é uma das condicionantes para mudanças no setor de AECO, com objetivo de otimizar e reduzir as demandas de governanças, reduzir a lacuna entre os processos em prazos, levantamentos, agentes e gestão.

Estudos de Casos: Através de resultados empíricos, os estudos de casos demonstram práticas funcionais para planejamento de processos distintos que auxiliam em vários setores da infraestrutura urbana. Demonstrando por sua vez que a integração de BIM e GIS através dos estudos de casos elegíveis na RS elenca com os objetivos e contribui com desenvolvimento do tema ao atual estado da arte.

A RSL trata-se de uma investigação nas bases de dados científicas sobre todo material de desejo da pesquisa para identificação nos artigos, buscando através de filtros, seleções e avaliações encontrar evidências relevantes sobre a identificação da pesquisa e por meio de metodologias que irão, sintetizar dos dados encontrados em planilhas e gráficos reconhecendo a qualidade dos estudos abordados, seja por filtros, gráficos e mapas.

O resultado da revisão sistemática, após leitura dos 44 artigos finais, demonstra uma crescente necessidade da integração de BIM e GIS para os setores da infraestrutura porém muito sinuosa, vale ressaltar que os artigos propõe integrações para múltiplos setores como: níveis de detalhes, transportes, avaliação de ruídos e riscos, Plataformas offshore, resíduos sólidos, armazéns, crescimento populacional, logística, gestão subterrânea, dados de infraestrutura, avaliação de pontes e túneis, caminhabilidade, gestão e crescimento urbano, desafios de BIM e GIS, mapeamento de ruídos, paisagem urbana, prevenção de desastres, equipamentos urbanos, avaliação de sustentabilidade, qualidade e certificação, patrimônio, redes subterrâneas, gestão hidrológica, rede de esgoto, monitoramento, análise historicizada, ferrovia, distritos urbanos, subestação elétrica, zonas seguras.

Os períodos de maior concentração de estudos identificados na Revisão sistemática ocorreram em 2015 e 2023. O setor com maior concentração identificado na revisão sistemática é planejamento urbano seguidos de transportes, onde foi percebido diversas formas de usufruir da integração, como no setor de planejamento urbano, percebe-se o foco para gestão urbana, análise paisagística da cidade, distritos urbanos para planejamentos

estratégicos enquanto em transportes para ações mitigadoras para logística, análise de ruídos na via, aplicação para túneis e pontes e engenharia de tráfego.

Em seguida Ferrovia demonstra uma crescente aceleração (também sendo transportes) para gestão/gerenciamento e potencialidades. Sendo assim, foi analisado que transportes, seja via veiculo ou ferrovia foi o setor com maior usabilidade na integração de BIM e GIS.

O uso de BIM e GIS em transporte através das análises dos artigos, busca potencializar o processo na tomada de decisões, na gestão, em ações mitigadoras, além de ações governamentais utilizar BIM e GIS para planejamento e projeto de pontes/viadutos, ou seja, o setor de transporte é um setor que está aderindo o uso da integração de BIM e GIS para diversas tarefas.

Outro setor com bastante uso da aplicação da integração de BIM e GIS é o setor de planejamento Urbano, que fica bem próximo de transportes, sendo também analisado métodos de planejamento urbano para tomada de decisões das smart cities e planejamento em especial para métodos preventivos de desastres ou instalações da cidade e toda sua logística urbana nos equipamentos.

Os países identificados na revisão sistemática com maior concentração de estudos publicados sobre a integração de BIM e GIS para os setores de infraestrutura é China, Estados Unidos, Austrália e Coreia. Alguns setores muito timidamente passam a usufruir da integração de BIM e GIS, como no caso do estudo que se beneficia da utilização dessa integração BIM e GIS para Plataforma Offshore que visa otimizar o planejamento, custo e risco. Essa identificação irá contribuir com meu objetivo de pesquisa, onde além de discutir e relacionar as diferentes estratégias de integração de BIM e GIS, irá analisar e identificar as oportunidades de novos desenvolvimentos e aplicações integradas de BIM e GIS no setor da Infraestrutura Urbana.

Abaixo foram listados os 44 artigos finais, de forma a analisar os objetivos dos estudos e pontuados de que maneira esses estudos contribuem com o objeto de pesquisa almejado. Através de uma tabela, fica listado a relação dos 44 artigos, identificadas através dos anos, objetivos e contribuições, de forma a informar um breve resumo do conteúdo ou de que forma o estudo pretende atingir o objetivo (Integração de BIM e GIS) e qual setor ele impacta.

Tabela 1 - Lista de documentos elegíveis incluídos na revisão com seus objetivos de pesquisa e contribuições.

Artigo (ano)	Objetivos de estudo	O que o estudo aborda que contribui para a revisão sistemática
<i>1-Collaboration through Integrated BIM and GIS for the DeGISn Process in Rail Projects: Formalising the Requirements</i> (2021)	O artigo identifica os requisitos de colaboração de BIM e GIS em projetos ferroviários, para isso utiliza um questionário online que avalia o estado da arte em BIM- GIS. Os principais desafios foram o gerenciamento de informação e a relutância em usar novas tecnologias de colaboração. A solução principal foi desenvolver um plano de trabalho colaborativo (CPW) que é desenvolvido e adaptado para projetos ferroviários e foi formulado combinando o Plano de trabalho do RIBA e os estágios GRIP, esse plano de trabalho abrangente, e focado exclusivamente na colaboração, e GISnificativo porque pode ser desenvolvido para formular um modelo de processo preciso para colaboração durante processos ferroviários.	Setor: Ferrovia Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>2-A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data</i> (2021)	Foi utilizado o BIM para simulação e localização de armazéns de produtos na unidade de EMSC de Esfahan no Ira. O artigo tem como objetivo propor um modelo útil para localização de armazéns em grandes fábricas de manufatura, por meio de um modelo integrado de BIM-GIS.	Setor: Armazéns Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.

3-Geotechnical property modeling and construction safety zoning based on GIS and BIM integration
(2021)

Este artigo apresenta a integração de BIM e GIS para modelagem de propriedades geotécnicas e zonas de construção seguras com base no tipo de solo. O uso de classes IFC de padrão aberto, como IfcBorehole, IfcGeoslice e IfcGeomodel, aprimora a colaboração e permite a troca de informações geotécnicas entre diferentes partes interessadas. O método foi aplicado ao conjunto de dados de testes in situ e de laboratório da região de Peshawar, para validar a prova de conceito. Os resultados demonstram que o método proposto integra com sucesso BIM e GIS fornecendo um modelo tridimensional de superfície e subsuperfície. O modelo geotécnico digital 3D tem excelente potencial para fornecer informações sobre tipo de solo, propriedades, profundidade.

Setor: Zonas seguras
Integração BIM e GIS;
Potencialidades;
Estudo de caso.

4-Development of BIM (building information modeling) concept applied to projects of Substations integrated with the geographic intelligence system
(2021)

Os resultados da implantação da solução no contexto das subestações da companhia são discutidos e mostram a disponibilidade de redução de custos de construção, planejamento de alterações, logística, sob demanda das manutenções necessárias, prevenção de possíveis acidentes e possibilidade de atualização de informações em tempo real, assim ao aplicar essas ferramentas em conjunto, a empresa obterá resultados quase que imediatamente, pois todos os recursos de gerenciamento serão acessados por meio de apenas um banco de dados de informações integrado. Assim sendo ao associar essas tecnologias, obtém-se um mapeamento preciso das informações relacionadas aos ativos, arranjos, cabeamentos, barramento, componentes elétricos etc.

Setor: Subtração elétrica
Integração BIM e GIS;
Potencialidades.

<p><i>5-Combining BIM and GIS for a sustainable society: Community- scale assessment of energy performance</i> (2018)</p>	<p>Os pesquisadores desenvolveram três variações de políticas pragmáticas de renovação e estudaram seus efeitos em diferentes áreas de Tóquio, sendo assim, a integração de BIM e GIS combina dados de forma eficiente, a plataforma desenvolvida permite que operadores de gerenciamento de energia ou funcionários do governo local visualizem o consumo de energia da cidade, distrito ou prédio. Após inserir a localização de uma área alvo para renovação da cidade, o planejador obtém não apenas as informações do plano urbano e as características da comunidade, mas também o pacote de tecnologia de energia que provavelmente será mais eficaz e precisa de mais simulação e análise.</p>	<p>Setor: Distritos Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.</p>
<p><i>6-BIM and GIS for district modelling</i> (2015)</p>	<p>Foi desenvolvido o sistema de gestão de dados sobre economia de energia conectando modelos BIM e GIS tentando preservar informações geométricas e alfanuméricas, desenvolvendo assim o Distrital Information Modeling Management for energy reduction -DIMMER, um projeto europeu que visa desenvolver uma plataforma aberta e orientada a serviços da web com recursos de dados em nível distrital em tempo real, sobre o distrito politécnico em Turim (Itália) composta por edifícios públicos e privados onde as aplicações podem ser adotadas para consumo de energia.</p>	<p>Setor Distritos Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>7-Semantic BIM and GIS modelling for energy- efficient buildings</i></p>	<p>O artigo demonstra a pesquisa colaborativa em grande escala do FP7 da EU intitulado</p>	<p>Setor Distritos Integração BIM e GIS;</p>

<p><i>integrated in a healthcare district</i> (2013)</p>	<p>STREAMER onde foram analisados quatro distritos de saúde, sendo Rotherham no Reino Unido, Arnhem na Holanda, Firenze na Itália e Paris na França, a pesquisa apresenta um inovador e eficaz método que visa resolver a conectividade e interoperabilidade e questões entre vários formatos e modelos, projetos e apoio a decisão de ferramentas para resolver problemas integrando diferentes níveis de detalhe, especialmente sobre a implementação de padrões abertos do IFC e GML para análise energética. A pesquisa promove a semântica e geométrico caminhos por interface, conhecimento, modelos e para os domínios relevantes.</p>	<p>Potencialidades; Estudo de caso.</p>
<p><i>8-The integration of BIM and GIS for indoor and outdoor combined route planning</i> (2013)</p>	<p>O estudo desenvolve um procedimento para combinar os modelos geoespaciais para BIM e GIS, usa um método de planejamento de rotas a fim de cumprir a tarefa e reduzir o tempo de cálculos utilizando um planejamento de rotas de grosseiro a fino por um modelo híbrido que fornece detalhes de sala a sala por meio de redes rodoviárias externas.</p>	<p>Setor Transportes Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.</p>
<p><i>9-Impact of information management during deGISn & construction on downstream bim-gis interoperability for rail infrastructure</i> (2020)</p>	<p>Pesquisadores abordaram a integração entre BIM e GIS para edifícios, projetar os processos atuais de gerenciamento de informações, padrões particulares como o IFC. O artigo visa abordar o desafio de longevidade das infraestruturas em padrões internacionais, 100+ anos.</p>	<p>Setor: Ferroviários Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>10-Integration of historical GIS data in a HBIM system</i> (2020)</p>	<p>Análises em patrimônios históricos, acontecimentos que ocorreram em edifícios ao longo dos anos, um sistema de informação Web</p>	<p>Setor: Análises históricas Integração BIM e GIS;</p>

	está sendo desenvolvido nesse foco, sistema capaz de integrar dados BIS e GIS.	Potencialidades.
<i>11-3rd BIM/GIS Integration Workshop and 15th 3D GeoInfo Conference</i> (2020)	Conferência com pesquisadores no interesse de discutir o uso de modelos 3D, agora eles são um componente chave para tomada de decisões em áreas com mitigação de mudanças climáticas, foram vários tópicos incluindo aquisição e processamentos de dados 3D.	Setor: Múltiplos Setores Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>12-BIM-GIS oriented intelligent knowledge discovery</i> (2018)	Métodos que podem ser usados e, situações de emergência, em evacuações por exemplo, a proposta é usar uma árvore de decisão como uma extração de regras devido ao seu desempenho de lidar com grandes dados e as regras GISnificativas como saída da árvore de decisão.	Setor: Monitoramento Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>13-ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences</i> (2019)	Dados sobre planejamentos regionais e urbanos, mudanças climáticas, análises de variabilidade sazonal.	Setor: Caminhabilidade Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>14-Implementation of City Information Modeling (CIM) concepts in the process of management of the sewage system in Piumhi, Brazil</i> (2019)	Ferramenta de gestão Web para QGis e tutoriais, o intuito é fazer uma gestão preventiva, poupar recursos financeiros, equipamentos e mão de obra, utilizando um banco de dados confiável	Setor: Rede de esgoto Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>15-The application evaluation of autodesk storm and sanitary analysis for the low impact development deGISn in the park</i>	Lençol freático, fluxo de escoamento de água pluviais e inundações urbanas. Um deGISn com as mesmas características	

<p><i>area</i></p> <p>(2015)</p>	<p>hidrológicas antes da urbanização, assegurando a taxa de penetração na área de drenagem e, e, seguida, mantendo a hidrologia e características do solo, o estudo criou um sistema de rede de drenagem conectando o método BIM e o GIS público na área alvo.</p>	<p>Setor: Gestão Hidrológica Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>16-A data model for integrating GIS and BIM for assessment and 3D visualisation of flood damage to building</i></p> <p>(2016)</p>	<p>Uma avaliação detalhada é necessária e para isso os dados de BIM-GIS precisam ser integrados, o estudo é focado em inundações de edifícios.</p>	<p>Setor: Prevenção Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>17-An integrated BIM-GIS framework for utility information management and analyses</i></p> <p>(2015)</p>	<p>A estrutura BIM-GIS suporta várias análises e nesse artigo serão integradas para basear modelagens de construção e tecnologia.</p>	<p>Setor: Redes Subterânea Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>18-Asset information management using linked data for the life-cycle of roads</i></p> <p>(2019)</p>	<p>O conceito é projetar uma OTL de estradas europeias básica conectada a padrões abertos BIM/ GIS, o princípio requer uma solução híbrida, com referências em documentos e combinando isso a tecnologia linked data/ web semântica. Ou seja, combinar um padrão OTL com novas tecnologias.</p>	<p>Setor: Transportes Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>19-Applications of integrated digital technologies for surveying Tibetan architectural heritage: Three years of experiences</i></p> <p>(2017)</p>	<p>O objetivo é analisar e documentar o patrimônio arquitetônico local para potencializar a intervenção técnica, como consolidação, restauração e reforma, etc.</p>	<p>Setor: Patrimônio Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>20-Research on the Application of Railway Engineering Project Management System Based on BIM</i></p>	<p>Aplicações e gestões da tecnologia BIM na construção gestão, pontos positivos e negativos, mas enfatizando o quanto essa</p>	<p>Setor: Qualidades Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>

<p style="text-align: center;">(2017)</p>	<p>tecnologia pode melhorar a eficiência e qualidade da engenharia.</p>	
<p><i>21-The UDSA ontology: An ontology to support real time urban sustainability assessment</i></p> <p style="text-align: center;">(2020)</p>	<p>O estudo visa ter em tempo real inGIShts para informar e auxiliar na tomada de decisões, um modelo de dados é avaliado para apoiar a sustentabilidade urbana e melhorar a semântica dos dados de redes de sensores.</p>	<p>Setor: Avaliação Sustent Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>22-Infrastructure Smart Service System (iS3) and its application</i></p> <p style="text-align: center;">(2018)</p>	<p>Fornecer uma maneira mais confiável e eficaz para análise de segurança e pré-aviso de risco na engenharia da escavação. É apresentado um estudo de caso do iS3 utilizado na manutenção de túneis de metrô</p>	<p>Setor: Manutenção Túneis Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
	<p>Parques, Campos e complexos estão surgindo e a tomada de decisões sobre manutenção de equipamentos está sendo estudada visando três tecnologias, RCM, BIM e GIS. Um protótipo é desenvolvido</p>	

*23-Data-driven decision-making for
equipment maintenance*
(2020)

usando campus virtual, para melhorias futuras a abordagem é compatível com IoT para dar suporte a aquisição de dados mais eficiente contribui para o corpo de conhecimento na medida em que fornece uma abordagem objetiva para a tomada de decisão na manutenção de equipamentos (Parques industriais, parques científicos, campi universitários e complexos turísticos estão surgindo muito nos países em desenvolvimento. A tomada de decisão sobre a manutenção de equipamentos dessas áreas). Dados para tomada de decisões e, equipamentos em áreas como parques, complexos entre outros que estão cada vez mais surgindo.

Setor: Equipamentos urbanos
Integração BIM e GIS;
Potencialidades.

*24-Extending BIM to Urban Semantic
Context for Data-driven Crisis
Preparedness*
(2020)

Prezando a segurança e privacidade, layouts foram feitos em formatos de camadas de edifícios e seus arredores, o estudo mostra um ambiente de realidade virtual e conta com os dados obtidos por BIM e GIS, a ideia é identificar as zonas seguras e perigosas na

Setor: Prevenção
Integração BIM e GIS;
Potencialidades.

	<p>rota de evacuação, o caso simula um cenário de terremoto e incêndio em um ambiente de RV.</p> <p>O artigo fala do uso efetivo entre BIM e GIS no contexto urbano para treinamento, planejamento e utilização de atividades de gerenciamento de crises.</p>	
<p><i>25-A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration</i> (2016)</p>	<p>O mapeamento de ruído pode ajudar a avaliar o nível de ruído em certas áreas de uma cidade.</p>	<p>Setor: Mapeamento Ruídos Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>26-A study on the application to examination of sunshine simulation technique and urban landscape deGISn using BIM and GIS</i> (2015)</p>	<p>Um estudo sobre a aplicação ao exame de técnica de simulação de luz solar e projeto de paisagem urbana.</p> <p>Características de distribuição dos recursos visuais da paisagem e seus elementos que afetam.</p>	<p>Setor: Paisagem urbana Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>27-Integration of BIM and GIS: Highway cut and fill earthwork balancing</i> (2015)</p>	<p>O artigo proposto pretende fornecer uma revisão técnica entre BIM e GIS e medir os diferentes pontos fortes e fracos de cada abordagem. Em seguida, o projeto proposto visa apresentar uma abordagem de integração de dados desenvolvida recentemente para facilitar os processos de trabalho contínuos para terraplenagem .</p>	<p>Setor: Transportes Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>28-Integration of BIM and GIS for formal representation of walkability for safe routes to school programs</i> (2015)</p>	<p>O programa tem o objetivo de reduzir consumo de energia e emissão de co2, para isso teve mais incentivo a crianças irem a pé para a escola e, para isso, a equipe desenvolveu uma ontologia para que o BIM forneça de forma consistente e completa informações sobre a caminhabilidade.</p>	<p>Setor: Caminhabilidade Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.</p>

	Avaliar pontos para melhorar as condições de via para as crianças irem andando a escola e alcançar objetivos como baixar a emissão de co2	
<i>29-Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning (2017)</i>	São três pontos de pesquisa, melhorar a eficiência da energia e ter uma renovação da mesma são alguns dos focos do estudo, implantar um sistema de cidade inteligente que visa tornar a infraestrutura urbana flexível e adaptável em longo prazo. Crescimento urbano sustentável, qualidade de vida aos cidadãos utilizando o conceito de cidade inteligente. consumo de energia pelas instalações, sistema de transportes e quaisquer outras infraestruturas da cidade.	Setor: Crescimento Urbano Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>30-Integrating BIM and GIS in railway projects: A critical review (2017)</i>	Melhorar a eficiência, corrigir erros e evitar perda de tempo em projetos rodoviários. Pontos positivos e negativos, possíveis soluções para os projetos ferroviários, com integração entre BIM e GIS co, projeto baseado em IFC.	Setor: Desafios de Bim/GIS Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.
<i>31-Linking BIM and GIS models in infrastructure by example of IFC and CityGML (2017)</i>	Proposta de linked data com o objetivo de superar o problema de perda de dados devido à diferença de padrões de modelagem de dados. Dados vinculados para fornecer uma semântica rica entre domínio de informações. A experiência de ambos os domínios é necessária para o planejamento de projetos de infraestrutura, como estradas, túneis, pontes e ferrovias,	Setor: Dados Infraestrutura Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.

	<p>uma vez que esses projetos geralmente requerem a consideração de escalas amplamente divergentes.</p>	
<p><i>32-Duality between BIM and GIS: An example related to the medieval bridge</i> Azzone Visconti (2018)</p>	<p>Software e dados são estudados, visualizando dados que possam ser integrados. Tecnologias juntas para avaliar a capacidade de uma ponte, na Itália. Testes de carregamento realizados em dias diferentes (logística) Simulação das condições de tráfego.</p>	<p>Setor: Avaliação Ponte Interação BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>33-An integrated underground utility management and decision support based on BIM and GIS</i> (2019)</p>	<p>Uma estrutura integrada de gerenciamento de utilidades é proposta com base de BIM e GIS, utilizando a integração de IFC, tendo como prioridade melhorar a eficiência de gestão de unidades subterrâneas.</p>	<p>Setor: Gestão Subterrâneas Integração BIM e GIS; Potencialidades.</p>
<p><i>34-Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management</i> (2019)</p>	<p>Monitorar as atividades de construção e gerenciar cadeias integrando as tecnologias BIM e GIS. Framework 4D BIM-GIS, a integração nessa pesquisa foi a fim de coordenar cadeias de suprimentos de construção entro os canteiros de obras e outros locais relacionados ao projeto.</p>	<p>Setor: Logística Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.</p>
<p><i>35-Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS</i> (2020)</p>	<p>A integração entre BIM e GIS nesse modelo visa o conceito de cidade inteligente, porém para poder ser adaptado em diversas cidades e não em um único caso, precisa ser flexível. Conceitos atuais para ajudar nos processos de urbanização e crescimento populacional. Prever as necessidades de infraestrutura de serviços públicos para expansão e cidades emergentes para destacar o conceito de</p>	<p>Setor: Crescimento Populacional Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.</p>

	"inteligência" durante a fase de planejamento.	
<i>36-A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data</i> (2021)	O estudo presente tem como objetivo é encontrar a localização de armazéns em grandes fábricas de manufatura usando a integração BIM-GIS, porém os resultados estão sendo usados para selecionar a localização ideal para a construção de armazéns. Processos criativos, análises e processos para gerenciamento da construção. Localização de armazéns em grandes fábricas de manufatura.	Setor: Armazéns Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>37-Using BIM and GIS Interoperability to Create CIM Model for USW Collection Analysis</i> (2020)	Nessa pesquisa, BIM e GIS foram integrados por meio da interoperabilidade entre arquivos RVT e GBD, com objetivo de solucionar e contribuir para visualização e manipulação de dados no contexto da gestão urbana. visualização e manuseio de dados no contexto da gestão urbana. Cálculo da produção de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos)	Setor: Resíduos sólidos Integração BIM e GIS Potencialidades Estudo de caso.
<i>38-Optimizing lift operations and vessel transport schedules for disassembly of multiple offshore platforms using BIM and GIS</i> (2018)	Um exemplo de três plataformas offshore com dezoito módulos é usado para ilustrar o sistema desenvolvido, que tem o objetivo de desenvolver um sistema Web para desmontar topsides de forma eficiente. Otimizar planejamento, custo e risco usando plataformas offshore.	Setor: Offshore Integração BIM e GIS; Potencialidades.
<i>39-A Cooperative System of GIS and BIM for Traffic Planning: A High-Rise Building Case Study</i> (2014)		Setor: Transportes Integração BIM e GIS; Potencialidades; Estudo de caso.

40-A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration

(2016)

Nesta pesquisa, a modelagem de informações da construção (BIM) e o GIS 3D são integrados para combinar a avaliação do ruído de tráfego em ambientes externos e internos em uma única plataforma. Em nossa plataforma de integração BIM-GIS desenvolvida, o ambiente construído é representado em um modelo 3D GIS que contém informações com alto nível de detalhamento do BIM. Com a integração com o BIM, o modelo GIS 3D agora tem acesso a recursos internos detalhados, como paredes internas e salas internas. A avaliação de ruído pode, portanto, ser realizada no nível da sala na plataforma desenvolvida. Parâmetros essenciais como coeficiente de absorção e TL podem ser extraídos diretamente do BIM para cálculo de ruído. O modelo 3D GIS está conectado com BIM detalhado para que quaisquer alterações nos recursos internos e externos

Setor: Avaliação de Ruídos
Integração BIM e GIS;
Potencialidades.

41-Bim-Gis integration for traffic safety in cities.

(2021)

O projeto resultou em uma proposta de solução a ser implementada na extensão em andamento do mesmo projeto. A solução proposta é abrangente que utiliza integração BIM-GIS, suas capacidades e Real Time Positioning Services (RTPS) para aplicações de cidades inteligentes. Além de seu impacto científico, pode-se argumentar fortemente que a solução proposta tem um alto potencial de impacto socioeconômico ao criar a conscientização e a estrutura para

Setor: Transportes
Integração BIM e GIS;
Potencialidades.

que fabricantes de automóveis, veículos leves e fornecedores de eletrodomésticos colaborem no enfrentamento desse tipo de tráfego crescente problema. Além disso, a natureza de código aberto do projeto incentivará diferentes partes industriais a participar e reutilizar os produtos do projeto em novos métodos e ideias. pode-se argumentar fortemente que a solução proposta tem um alto potencial de impacto socioeconômico na criação de consciência e estrutura para que os fabricantes de automóveis, veículos leves e fornecedores de eletrodomésticos colaborem no enfrentamento desse tipo de problema de tráfego crescente.

42-Roads Detection and Parametrization in Integrated BIM-GIS Using LiDAR
(2020)

Este artigo ilustra um procedimento de duas etapas no qual estradas são detectadas e classificadas automaticamente, fornecendo camadas GIS com geometria básica de estradas que são transformadas em objetos BIM paramétricos. O sistema proposto é um BIM-GIS integrado com uma estrutura baseada em múltiplas propostas, em que um único arquivo de projeto pode lidar com diferentes versões do modelo usando um nível variável de detalhes. O modelo também é refinado pela adição de elementos paramétricos para edifícios e vegetação

		Setor: Transportes; Integração BIM e GIS; Potencialidades.
43-Perspectives of integration bim and gis in brazilian transport infrastructure under the vision of the agents involved (2022)	A pesquisa parte de uma análise integrada de questionamentos direcionados a profissionais e estudantes que apresentaram interesse no setor de transportes ou que apresentaram conhecimento em alguma das tecnologias. O formulário composto por seis seções busca coletar dados qualitativos que pudessem evidenciar a situação do conhecimento sobre a integração das tecnologias no Brasil, bem como a análise dos benefícios e desafios. A análise setorial quanto ao conhecimento sobre a integração do BIM e GIS evidencia que o serviço público apresenta a pior situação. Para tanto, os resultados desta pesquisa servem de apoio aos interessados na Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil- Estratégia BIM BR e outros pesquisadores sobre o tema.	Setor: Transportes Integração BIM e GIS; Potencialidades.
44-Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison (2016)	Neste estudo, Industry Foundation Classes (IFC) e City Geography Markup Language (CityGML) foram escolhidos como os principais esquemas devido às suas amplas aplicações no domínio BIM e no domínio GIS, respectivamente. Usamos um método baseado em instância para gerar as regras de mapeamento entre IFC e CityGML com base na inspeção de entidades representando o mesmo componente no mesmo modelo.	Setor: Níveis de detalhe Integração BIM e GIS; Potencialidades.

Ele garante um mapeamento preciso entre os dois esquemas. A transformação de sistemas de coordenadas e geometria são duas questões principais abordadas no método baseado em instância. Considerando a diferença na estrutura do esquema e na riqueza de informações entre os dois esquemas, foi desenvolvida uma ontologia de referência chamada Semantic City Model e adotado um método baseado em instâncias. O Modelo de Cidade Semântica captura todas as informações relevantes de modelos BIM e modelos GIS durante o processo de mapeamento. Como o CityGML é definido em cinco níveis de detalhe (LoD), a harmonização entre os LoDs no CityGML também foi desenvolvida para completar o mapeamento.

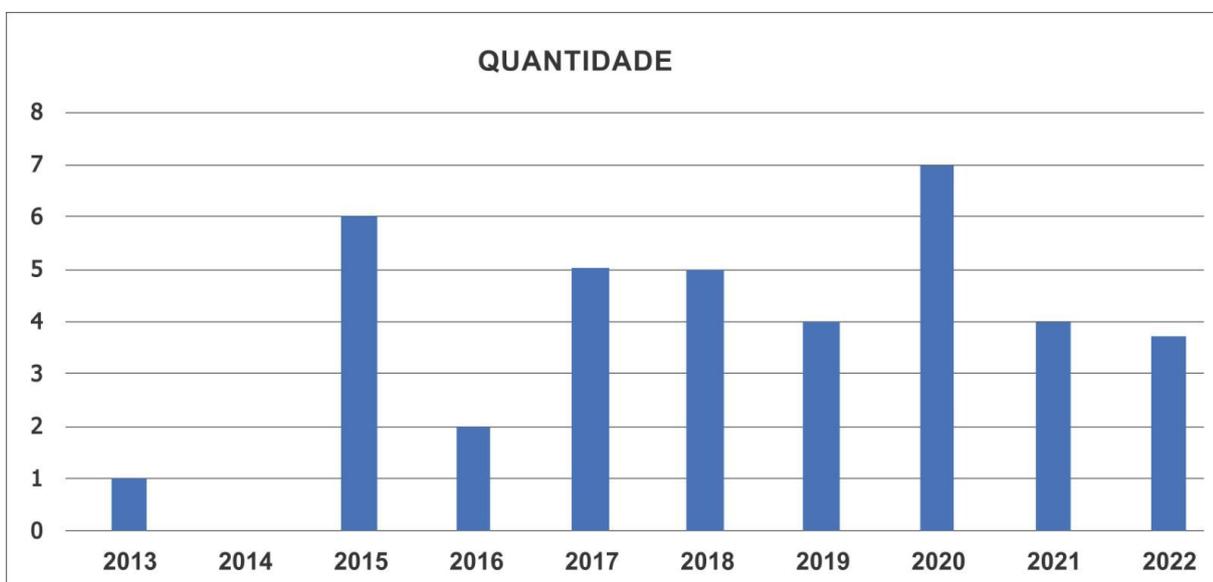
4.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica por meio da utilização do Voswier, buscará compreender dentre os artigos selecionados para RSL, relevando a publicação por ano, o crescimento ao longo dos anos, o mapeamento das palavras mais frequentes, o levantamento dos setores dentro da infraestrutura que mais estão utilizando da integração de BIM e GIS nas suas estratégias de aplicabilidade na gestão e por fim quais são os países com maior contribuição dentre os artigos finais. Ou seja, compreendendo o atual estado da arte e fronteira do conhecimento.

4.2.1 ANÁLISE POR ANO

Abaixo na imagem, contempla os resultados da revisão sistemática da literatura, identificando um aumento acentuado de publicação entre os anos de 2015 e 2020, evidentemente espera-se o crescimento exponencial ao longo dos anos, de forma que a produção científica avance cada vez mais ao longo dos anos. O período de 2021 ainda deverá ser atualizado.

Figura 10- Análise por ano de publicações que abordam integração de BIM e GIS na infraestrutura urbana.



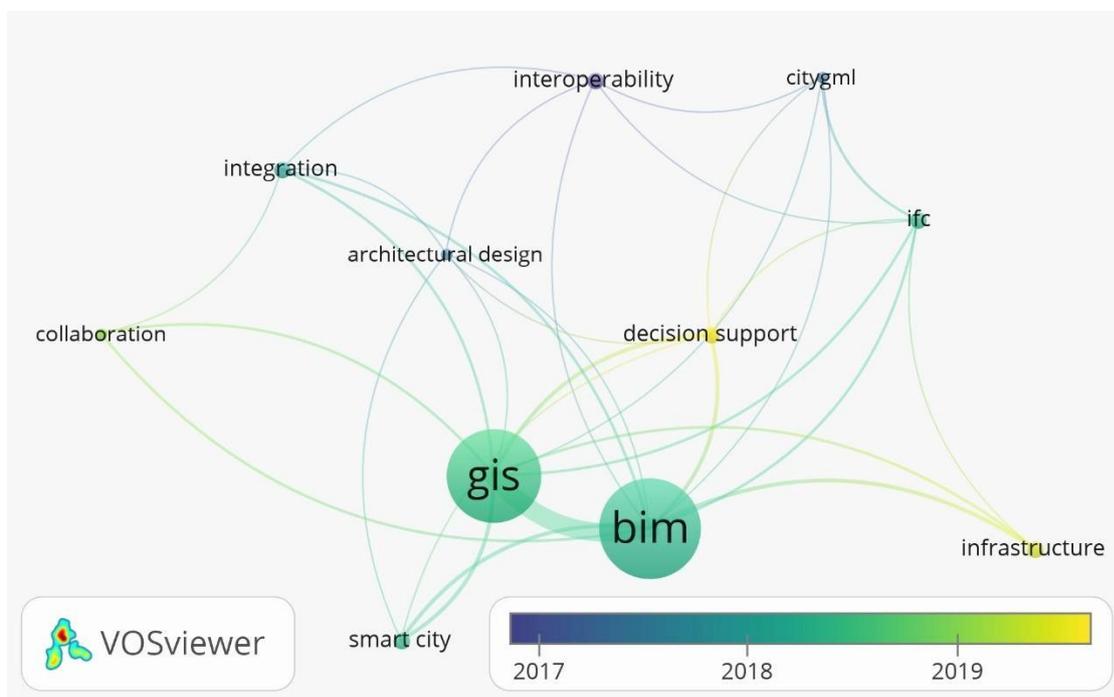
Fonte: Própria 2023

É crucial levar em conta o aumento das pesquisas por meio das legislações de uso obrigatório na implementação do BIM e também uma outra causa, pode estar contribuindo para o aceleração, como a Agenda 2030, que propõe metas ambiciosas para desenvolvimento sustentável do planeta e a indústria 4.0. Além disso 2015 contempla um grande crescimento justamente pelo uso das tecnologias, TIC que contribuem para estratégias de cidades inteligentes.

4.2.2 ANÁLISE POR MAPEAMENTO DAS PALAVRAS MAIS FREQUENTES (CO-OCORRÊNCIAS)

A análise de palavras-chaves, busca identificar maior semelhança entre os 44 artigos finais selecionados na revisão sistemática da literatura. Nessa análise foi considerado as palavras-chaves citadas mais de três vezes.

Figura 11- Análise de palavras mais frequentes nos estudos selecionados



Fonte: Própria 2023

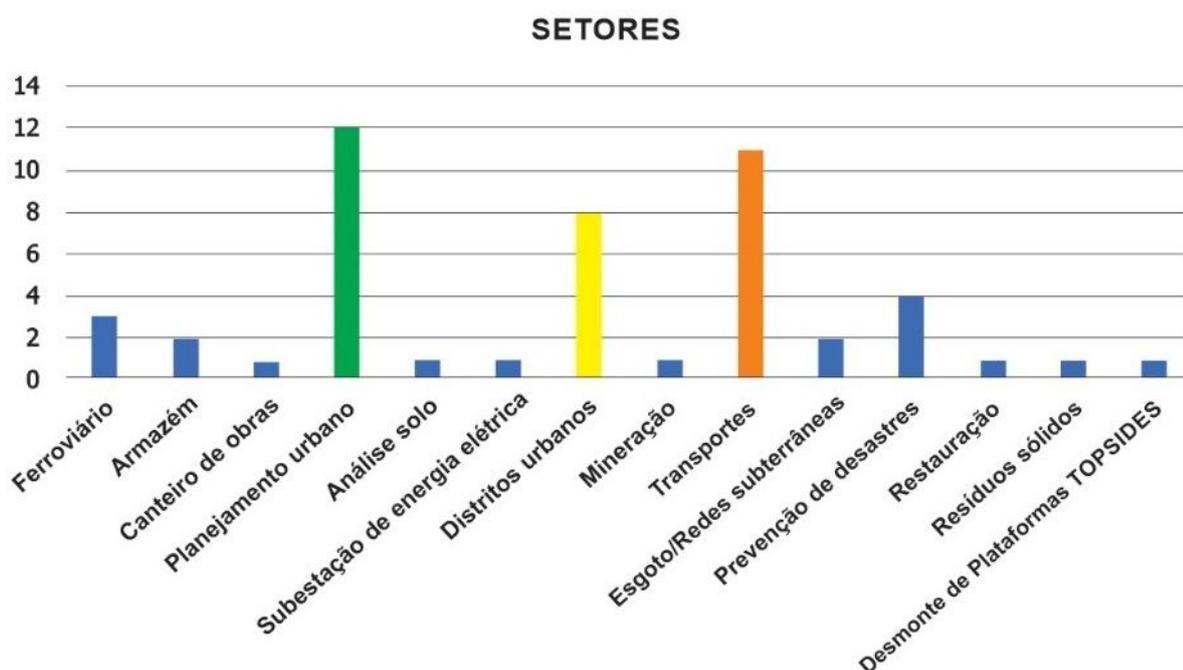
O diâmetro do círculo corresponde a quantas vezes são repetidas, quanto maior a esfera, maior o número de repetições entre os 44 artigos finais da revisão sistemática. Nessa análise podemos observar que BIM e GIS são as de maior destaque e que justamente

coincidem com as palavras-chaves de busca “BIM and GIS” que por não termos um termo padrão para identificar quais setores da infraestrutura aderem a integração, foi tido como partida inicial nas buscas nas base de dados, seguida de collaboration e integration.

4.2.3 ANÁLISE PELOS SETORES DA INFRAESTRUTURA URBANA

A análise demonstra que o maior índice entre os 44 artigos foram identificados nos setores de planejamento urbano (CIM) seguido de transportes para estratégias de integração entre BIM e GIS, seguido de distritos urbanos.

Figura 12- Análise dos setores identificados nos estudos selecionados



Fonte: Própria 2023

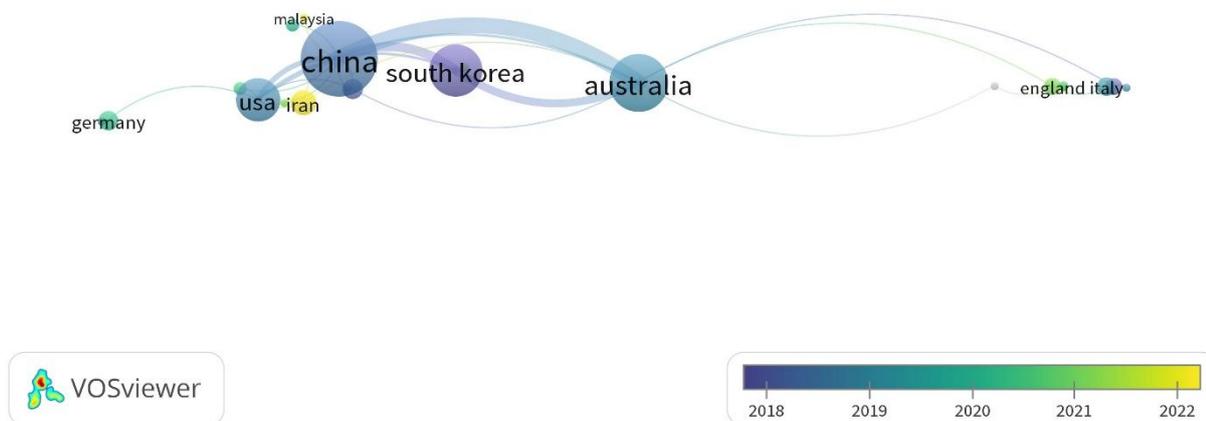
Em verde são identificados os artigos que abordam sobre práticas de planejamento Urbano, CIM, enquanto em laranja é seguida pela identificação de artigos que abordam questões de integração de BIM e GIS para fins de transporte urbano, seja melhores decisões de rotas, métodos de mitigações, cargas entre outros. Enquanto os demais setores em azul, ainda surgem de forma tímida, porém tendo as estratégias de integração de BIM e GIS com

maior concentração em práticas de prevenção de desastres e ferroviário.

4.2.4 ANÁLISE POR PAÍSES

Nesta análise pode-se observar que a maior concentração dentre os artigos finais selecionados na revisão sistemática, contempla dos países China, Austrália e Estados Unidos, além de na europa termos a Itália como protagonista sobre integração de BIM e GIS para infraestrutura.

Figura 13- análise dos países com maior concentração de estudos identificados para integração de BIM e GIS



Fonte: Própria 2023

No mapa de coautoria entre países, quanto maior a esfera, maior representa o número dentre os artigos publicados. A china apresenta o maior número de publicações entre os estudos selecionados e na Oceânia a Austrália contribui em segundo lugar dentre os artigos finais da revisão sistemática.

5. ANÁLISE SISTEMÁTICA E CLASSIFICATIVA DOS RESULTADOS

5.1- ANÁLISE DO MÉTODO UTILIZADO

Após análise geral das informações coletadas, é desenvolvido uma análise sistemática e classificativa dos resultados de artigos da RS onde pode-se observar quais foram os métodos utilizados para conseguirem o objetivos e como foram aplicados para conseguirem alcançar os objetivos. O quadro abaixo vai demonstrar como esses estudos, fizeram para usufruir da integração de BIM e GIS e conseguirem seus objetivos.

Nesta análise pode-se observar qual método foi desenvolvido na integração de BIM e GIS.

Tabela 2- Análise do método de integração adotado nos estudos

ARTIGO (ANO)	MÉTODO UTILIZADO
1- Geotechnical property modeling and construction safety zoning based on GIS and BIM integration (2021)	Common Data Environment (Um ambiente de dados comuns (CDE) é uma plataforma de informações digitais que centraliza o armazenamento e o acesso a dados do projeto, normalmente relacionado a um projeto de construção e fluxos de trabalho e de modelagem de informações de construção (BIM).
2- BIM-GIS oriented intelligent knowledge Discovery (2018)	Com dados de fluxo IoT residentes em um banco de dados espacial e Dados BIM 3D
3- A data model for integrating GIS and BIM for assessment and 3D visualisation of flood damage to building (2016)	Avaliação de Danos por Inundação (FDA)
4- Extending BIM to Urban Semantic Context for Data-driven Crisis Preparedness (2020)	O estudo de prova de conceito proposto apresenta um ambiente de Realidade Virtual (VR) habilitado para IoT que conta com os dados visuais obtidos do BIM e GIS e também entradas sensoriais acumuladas do edifício ou layout urbano
5- Development of BIM (building information modeling) concept applie (2021)	Esta proposta apresenta os primeiros resultados da integração de BIM e GIS, no contexto de uma empresa elétrica brasileira - Furnas S/A. Os resultados da implementação da solução no

<p>5- Development of BIM (building information modeling) concept applic (2021)</p>	<p>contexto das Subestações da Empresa são discutidos e mostram a disponibilidade de redução de custos de construção, planejamento de alterações, logística, sob demanda da manutenção necessária, prevenção de possíveis acidentes, e possibilidade de atualização de informações em tempo real. ao aplicar essas ferramentas em conjunto a empresa obterá resultados quase imediatos, pois todas as</p>
<p>6- Implementation of City Information Modeling (CIM) concepts in the process of management of the sewage system in Piumhi, Brazil (2019)</p>	<p>Haverá uma ferramenta web de gerenciamento de QGIS e tutoriais, permitindo ao SAAE realizar a gestão preventiva da rede de esgoto. O desenvolvimento de um banco de dados confiável permitirá a identificação de problemas e a comparação das condições e características das redes existentes</p>
<p>7- The application evaluation of Autodesk Storm and Sanitary Analysis for the low impact development of GIS in the park area (2015)</p>	<p>A solução analítica relacionada é necessária e, usando o Autodesk® Storm e Análise Sanitária (SSA) permitirá uma interpretação da vazão da cidade e análise por fazer conexões com BIM e GIS</p>
<p>8- Integration of historical GIS data in a HBIM system (2020)</p>	<p>O artigo descreve uma pesquisa em andamento sobre o desenvolvimento de um sistema de informação web capaz de integrar dados BIM e GIS, com foco particular na análise da cidade historicizada e seus principais edifícios ao longo do tempo, seus requisitos e aspectos.</p>
<p>9- 3rd BIM/GIS Integration Workshop and 15th 3D GeoInfo Conference (2020)</p>	<p>Workshop e conferência que reuniram pesquisadores internacionais da academia, indústria, governo e agências nacionais de mapeamento e cadastro na área de Geoinformação 3D, em um encontro interdisciplinar de pesquisadores nas áreas de coleta de dados, gerenciamento de dados, qualidade de dados, análise de dados, abordagens avançadas de modelagem, aplicações.</p>
<p>10- An integrated BIM-GIS framework for utility information management and Analyses (2015)</p>	<p>Baseado em ArcGIS usando nossa estrutura de integração BIM-GIS desenvolvida.</p>
<p>11- Research on the Application of Railway Engineering Project Management System (2022)</p>	<p>Integrar ao estágio avançado e aproveitar ao máximo as vantagens de aplicativos integrados de software e hardware, como BIM, IoT, big data, computação em nuvem e dispositivos.</p>

<p>12- The UDSA ontology: An ontology to support real time urban sustainability Assessment (2020)</p>	<p>Com base em uma extensa revisão de estruturas de avaliação de sustentabilidade urbana e metodologias de desenvolvimento de ontologias, a ontologia Urban District Sustainability Assessment (UDSA) foi desenvolvida e validada usando dados reais do site “The Works”, um bairro recém-reformado em Ebbw Vale, País de Gales . Esta nova abordagem reconcilia várias ontologias específicas de domínio dentro de uma ontologia de alto nível que pode apoiar a criação de software de avaliação de sustentabilidade urbana em tempo real.</p>
<p>13- Infrastructure Smart Service System (iS3) and its application (2018)</p>	<p>Artigo descreve todo o processo de aplicação das informações geológicas dinâmicas com base no conceito central de sistema de serviço inteligente de infraestrutura (iS3). A plataforma cobre o fluxo de informações essenciais da geologia, como aquisição de dados, processamento, expressão, análise e, finalmente, ajuda a oferecer serviços integrados de tomada de decisão para construção de engenharia.</p>
<p>14- Data-driven decision-making for equipment maintenance (2020)</p>	<p>Processo de RCM</p>
<p>15- A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS Integration (2016)</p>	<p>ArcGIS e uma família de software de sistema de informação geográfica cliente, servidor e online desenvolvido e mantido pela Esri.</p>
<p>16- A study on the application to examination of sunshine simulation technique and urban landscape deGISn using BIM and GIS (2015)</p>	<p>Este estudo investiga técnicas de simulação de luz solar e projeto de paisagem urbana usando modelagem de informações de construção (BIM) e sistema de informações geográficas (GIS). Este artigo, amostrando a zona mista residencial e comercial do distrito comercial de Chuo-ku, Tóquio, examina a avaliação da luz solar pela cooperação de técnicas GIS e BIM. Esses métodos levam a uma compreensão abrangente do gerenciamento sustentável de áreas a partir de pontos de modelagem 3D intuitiva, projeto de áreas amplas e engenharia ambiental</p>
<p>17- Integration of BIM and GIS for formal representation of walkability for safe routes to school programs (2015)</p>	<p>Programas Safe Routes To School</p>
<p>18- Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning (2017)</p>	<p>O Método adotado é através da Tecnologia de informação e comunicação (TIC).</p>
<p>19- Integrating BIM and GIS in railway projects: A critical review (2017)</p>	<p>O artigo destaca a falta de uma diretriz clara para a colaboração no ciclo de vida do projeto ferroviário e indica a necessidade da falta de um padrão.</p>
<p>20- Linking BIM and GIS models in infrastructure by example of IFC and CityGML</p>	<p>Conceito de Linked Data, que permite que os dados originais coexistam e forneçam coerência ao</p>

(2017)	estabelecer referências entre as entidades correspondentes de ambos os padrões.
21- Duality between BIM and GIS: An example related to the medieval bridge Azzone Visconti (2018)	GNSS; DTM, arquivos de forma e ortofotos, também foram adicionados.
22- An integrated underground utility management and decision support based on BIM and GIS (2019)	Industry Foundation Classes (IFC); City Geography Markup Language (CityGML)
23- Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management (2019)	O gerenciamento da cadeia de suprimentos de construção (CSCM)
24- Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS (2020)	Através da atribuição do uso do solo relevante, informações sobre o tipo de construção e várias outras informações, é gerada uma ferramenta interativa que permite a formulação de diferentes esquemas de desenvolvimento da cidade e a representação de suas respectivas necessidades de infraestrutura resultantes.
25- Using BIM and GIS Interoperability to Create CIM Model for USW Collection Analysis (2020)	Nesta pesquisa, dados BIM e GIS foram integrados através da interoperabilidade entre arquivos .RVT e .GdB
26- Optimizing lift operations and vessel transport schedules for disassembly of multiple offshore platforms using BIM and GIS (2018)	Algoritmo genético (GA), otimização de enxame de partículas (PSO) e algoritmo firefly(FA) são implementados e comparados para obter o layout do módulo com o tempo total mínimo de levantamento. Um exemplo de três plataformas offshore com dezoito módulos no total é utilizado para ilustrar o sistema desenvolvido.
27- A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS Integration (2016)	O modelo italiano CNR é modificado e aplicado na plataforma para realizar o cálculo de ruído. Este artigo apresenta os detalhes para o desenvolvimento da plataforma BIM GIS de mapeamento de ruído baseada no ArcGIS.
28- Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison (2016)	Neste estudo, Industry Foundation Classes (IFC) e City Geography Markup Language(CityGML) foram escolhidos como os principais esquemas devido às suas amplas aplicações no domínio BIM e no domínio GIS, respectivamente.
29- Collaboration through Integrated BIM and GIS for the DeGISn (2021)	O CPW desenvolvido é adaptado para projetos ferroviários e foi formulado combinando o Plano de Trabalho do RIBA.
30- A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data (2021)	Utilizou-se o método Analytic Hierarchy Process (AHP) para a análise dos dados.

<p>31- Combining BIM and GIS for a sustainable society: Community- scale assessment of energy performance (2018)</p>	<p>Neste artigo é apresentada a plataforma web “E-City”, uma ferramenta de planeamento do balanço energético a nível urbano, descrevendo a sua aplicação prática na cidade de Oeiras, Portugal. A plataforma integra-se com o Sistema de Informação Geográfica municipal existente, explorando as dimensões espaciais e estatísticas associadas ao zoneamento e ao sistema geral da rede energética.</p>
<p>32- BIM and GIS for district modelling (2015)</p>	<p>Smart City é uma visão para integrar múltiplas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e Internet de Things (IoT) de forma segura para gerenciar os ativos de uma cidade</p>
<p>33- Semantic BIM and GIS modelling for energy- efficient buildings integrated in a healthcare district (2013)</p>	<p>O deGISn para otimização de EeB precisa colocar atenção nas interconexões entre os sistemas arquitetônicos e os sistemas MEP/HVAC, bem como na relação de Product Lifecycle Modeling (PLM), Building Management Systems (BMS), BIM e GIS.</p>
<p>34- The integration of BIM and GIS for indoor and outdoor combined route planning (2013)</p>	<p>O conjunto de dados inclui modelos de construção detalhados de BIM/IFC, modelos de construção OGC CityGML LOD1 e redes rodoviárias GIS.</p>
<p>35- Impact of information management during deGISn & construction on downstream bim-gis interoperability for rail infrastructure (2020)</p>	<p>Para garantir uma forma consistente e estruturada de gerenciar as informações produzidas nesses ambientes, são implementados padrões da indústria, como o IFC.</p>
<p>36- ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (2019)</p>	<p>O estudo usa o modelo da Ferramenta de Avaliação de Solo e Água (SWAT) para delinear, discretizar e parametrizar a bacia do Indrawati para calcular os parâmetros de entrada do modelo.</p>
<p>37- Asset information management using linked data for the life-cycle of roads (2019)</p>	<p>Primeiro, as necessidades de negócios e dados foram investigadas pela INTERLINK por meio de uma revisão da literatura, entrevistas com as partes interessadas (NRAs, contratados, consultores, fornecedores, acadêmicos, desenvolvedores de software e iniciativas de padronização na Europa) e um pesquisa, que resultou em uma abordagem para o European Road OTL, combinando os pontos fortes dos padrões BIM/GIS atualmente aplicados com a tecnologia Linked Data / Semantic Web.</p>
<p>38- Applications of integrated digital technologies for surveying Tibetan architectural heritage: Three years of Experiences (2017)</p>	<p>Embora o TLS (varredura a laser terrestre) permita medições 3D automatizadas e precisas, ele é volumoso, demorado e tem restrições em termos de raio e ângulo de varredura. Desenhos 2D baseados em CAD software pode representar a medição</p>

	<p>manual de um único edifício, mas não é uma plataforma ideal que representa resultados de levantamento 3D e ambiente geográfico. O uso Os resultados mostram que o sistema de gerenciamento de projetos digital baseado em 5D BIM integra todos os processos, melhorando a eficiência e a eficácia do projeto, desde a concepção até a fase de operação e manutenção.</p>
<p>39- Research on the Application of Railway Engineering Project Management System Based on BIM (2017)</p>	<p>Esta pesquisa utiliza o conceito de web semântica no formato RDF para fornecer interoperabilidade semântica entre operações BIM e GIS.</p>
<p>40- Integration of BIM and GIS: Highway cut and fill earthwork balancing (2015)</p>	<p>GIS refere-se a um conceito que integra visualização e armazenamento baseados em computador, visando uma melhor dominar a informação espacial na pesquisa de acessibilidade de tráfego.</p>
<p>41- A Cooperative System of GIS and BIM for Traffic Planning: A High-Rise Building Case Study (2014)</p>	<p>A solução proposta é considerada abrangente e utiliza a integração BIM-GIS, suas capacidades e Serviços de Posicionamento em Tempo Real (RTPS) para aplicações em cidades inteligentes.</p>
<p>43- Roads Detection and Parametrization in Integrated BIM-GIS Using LiDAR (2020)</p>	<p>As nuvens de pontos coletadas por meio do LiDAR são uma solução poderosa para capturar as condições construídas, apesar da falta de ferramentas comerciais capazes de reconstruir automaticamente a geometria da estrada em um ambiente BIM.</p>
<p>44- Perspectives of integration bim and gis in brazilian transport infrastructure under the vision of the agents involved (2022)</p>	<p>O modelo contém edificações em LOD1 e LOD2, no formato CityGML, e foi gerado com o uso do plugin GEORES, uma ferramenta disponibilizada gratuitamente para o SketchUp.</p>

5.2-ANÁLISE DE SETORES

5.2.1-SETOR DE TRANSPORTE

Nesta análise pode-se observar quais são os tipos de setores em Transportes que estão

utilizando da integração de BIM e GIS.

Tabela 3- Análise de quais são os setores de Transportes

ESTUDO	SETOR
TRANSPORTE	
<p>1-The integration of BIM and GIS for indoor and outdoor combined route planning (2013)</p>	<p style="text-align: center;">PLANEJAMENTO DE ROTAS</p> <p>A relação de artigos identificados para o setor de transportes contempla aplicações mitigadoras em planejamento, projetar estradas, balanceamento de terraplenagem e potencialidades.</p>
<p>2-Asset information management using linked data for the life-cycle of roads (2019)</p>	<p style="text-align: center;">PROJETAR UMA OTL DE ESTRADAS EUROPEIAS</p> <p>Através de padrões universais de importação é adotado IFC e CityGML que são utilizados para um aplicativo de planejamento de rotas, através de um modelo híbrido que fornece a rota detalhada de sala para fiscalização de redes de rodoviárias externas.</p>
<p>3-Integration of BIM and GIS: Highway cut and fill earthwork balancing (2015)</p>	<p style="text-align: center;">RODOVIA, CORTE E ATERRO, TERRAPLENAGEM</p> <p>Método desenvolvido para gerenciamento do ciclo de vida das estradas europeias por meio do LinkedData. O método projetara um OLT rodoviário que será como uma base de uma linguagem para compartilhamento de dados de ativos rodoviários, o objetivo desse método é otimizar as especificações técnicas padronizada, se tornar um organismo de normalização adequado e sustentável e vier a obter uma aceitação na indústria por meio de engajamento sustentável e otimizado nos processos, tudo isso combinando os pontos fortes dos padrões BIM/GIS atualmente aplicados com a tecnologia Linked Data / Semantic Web</p>
<p>4-A Cooperative System of GIS and BIM for Traffic Planning: A High-Rise Building Case Study (2014)</p>	<p style="text-align: center;">PLANEJAMENTO DE TRÁFEGO</p> <p>O método proposto utiliza o sistema baseado em BIM (IFC) para armazenar dados de componentes rodoviários na construção de rodovias e, em seguida, o sistema GIS para importar dados como limites de terreno e dados topográficos. A fim de recuperar e integrar os dois tipos distintos de formatos de dados, esta pesquisa utiliza o conceito de web semântica no formato RDF para fornecer interoperabilidade semântica entre operações BIM e GIS.</p>
<p>5-Bim-Gis integration for traffic safety in cities. (2021)</p>	<p style="text-align: center;">POTENCIALIDADE NO TRÂNSITO</p> <p>O método proposto busca produzir as soluções viáveis de onde os estacionamentos, estradas, entradas, saídas e as instalações associadas devem ser construídas.</p>

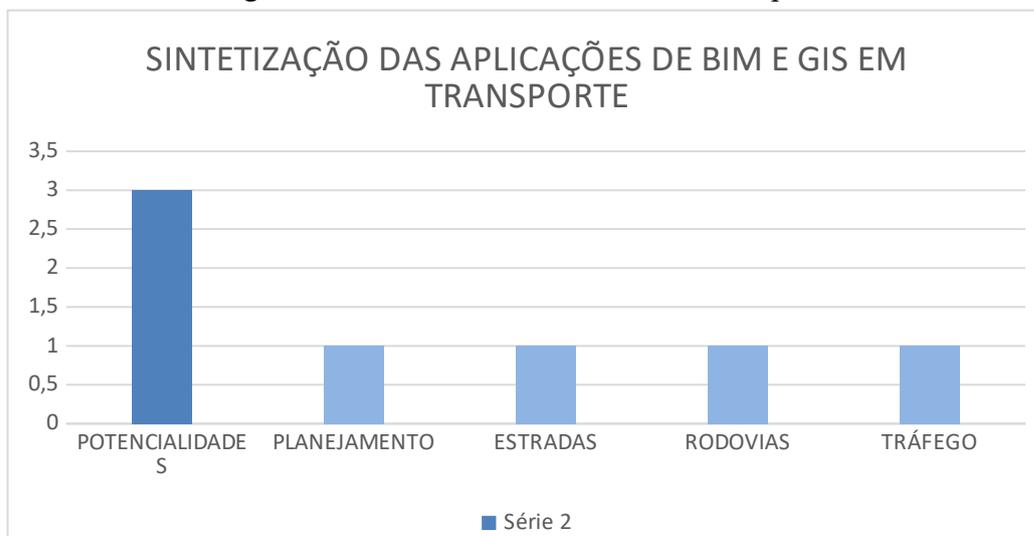
6-Roads Detection and Parametrization in Integrated BIM-GIS Using LiDAR (2020)	<p align="center">POTENCIALIDADE NO TRÂNSITO</p> <p>O projeto visa, através da integração de BIM e GIS, apoiar a segurança rodoviária e contribuir para a diminuição da probabilidade de acidentes rodoviários em geral e automóvel-bicicleta em particular.</p>
7-Perspectives of integration bim and gis in brazilian transport infrastructure (2022)	<p align="center">POTENCIALIDADE NO TRÂNSITO</p> <p>Através do sistema adotado LIDAR é proposto a integração de BIM e GIS integrado a essa plataforma baseada em múltiplas propostas, em que um único arquivo pode lidar com diferentes versões do modelo usando um nível variável e detalhe coletadas por meio do LiDAR são uma solução poderosa para capturar as condições construídas das estradas na gestão.</p>

Fonte: Propria (2023)

Nesta análise pode-se observar quais são os tipos de setores em Transporte que estão utilizando da integração de BIM e GIS.

5.2.2-SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM TRANSPORTE

Figura 14- Análise Classificatória de Transporte



Fonte: Própria 2023

Quanto mais intenso for a cor, maior o número de artigos identificados do setor de transporte.

5.2.3-SETOR DE FERROVIA

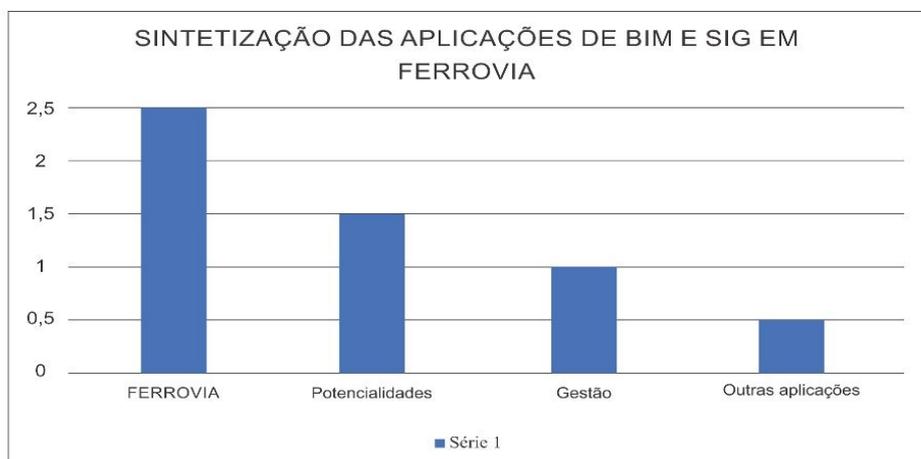
Nesta análise pode-se observar quais são os tipos de setores em Ferrovia que estão utilizando da integração de BIM e GIS.

Tabela 4- Análise de quais são os setores de Ferrovias

ESTUDO	SETOR
	FERROVIA
1-Collaboration through Integrated BIM and GIS for the DeGISn Process in Rail Projects: Formalising the Requirements (2021)	<p>POTENCIALIDADES DA FERROVIA</p> <p>O artigo busca compreender durante o processo de tomada de decisões identificar e articular os requisitos de colaboração durante a fase de concepção e aumentar a eficiência do trabalho nos projetos ferroviários. O método inicial foi através de uma pesquisa qualitativa dificuldades na integração de BIM e Gis e a principal solução foi desenvolver um plano colaborativo de trabalho (CPW), onde esse plano de trabalho abrangente, focado exclusivamente na colaboração, é GIS significativo porque pode ser desenvolvido para formular um modelo de processo preciso para colaboração durante o processo de deGISn de projetos ferroviários, após resultados identificados nos formulários.</p>
2-Impact of information management during deGISn & construction on downstream bim-gis interoperability for rail infrastructure (2020)	<p>POTENCIALIDADES DA FERROVIA</p> <p>O artigo identifica que a qualidade de exportação para o IFC, que varia dependendo do tipo de ativo de infraestrutura. Através de uma discussão é identificado que isso pode ser resolvido pela introdução de conjuntos de propriedades semânticas adicionais para facilitar a interoperabilidade BIM-GIS downstream para O & M, permitindo espaço para trabalhos futuros na área de projetos de ferrovia.</p>

5.2.4-SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM FERROVIA

Figura 15- Análise Classificatória de Ferrovia



Fonte: Própria 2023

Quanto mais intenso for a cor da coluna, maior o número de artigos do setor de Ferrovia buscando as mesmas aplicações e objetivos.

5.2.5-SETOR DE ARMAZÉNS

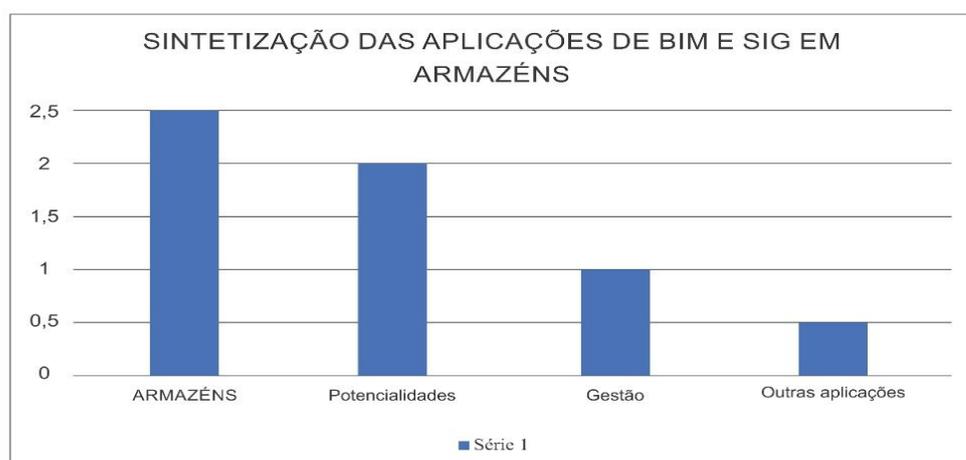
(INOVAÇÕES E DIFERENÇAS NAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM ÁRMAZENS)

Tabela 5- Análise de quais são os setores de Armazens

ESTUDO	SETOR
	ARMAZÉNS
1-A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data (2021)	<p>POTENCIALIDADES- ÁRMAZENS</p> <p>Neste estudo é proposto um modelo útil para a localização de armazéns em grandes fábricas de manufatura usando um modelo integrado BIM-GIS. Para tanto, o BIM foi utilizado para simulação e localização de armazéns de produtos na unidade de lingotamento da Esfahan's Mobarakeh Steel Company (EMSC) no Irã. Para cumprir estes objetivos, foram selecionados vários locais no complexo da EMSC.</p>
2-A multi-criteria optimization study for locating industria warehouses with the integration of BIM and GIS data (2021)	<p>POTENCIALIDADES- ÁRMAZENS</p> <p>Neste estudo é proposto um modelo útil para a localização de armazéns em grandes fábricas de manufatura usando um modelo integrado BIM-GIS. Para tanto, o BIM foi utilizado para simulação e localização de armazéns de produtos na unidade de lingotamento da Esfahan's Mobarakeh Steel Company(EMSC) no Irã. Para cumprir estes objetivos, foram selecionados vários locais no complexo da EMSC.</p>

5.2.6-SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM ÁRMAZENS

Figura 16- Análise Classificatória de Armazens



Fonte: Própria 2023

Quanto mais intenso for a cor da coluna, maior o número de artigos do setor de Armazen buscando as mesmas aplicações e objetivos.

5.2.6-SETOR DE DISTRITOS URBANOS

(ANÁLISE DAS INOVAÇÕES E DIFERENÇAS NAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM DISTRITOS URBANOS)

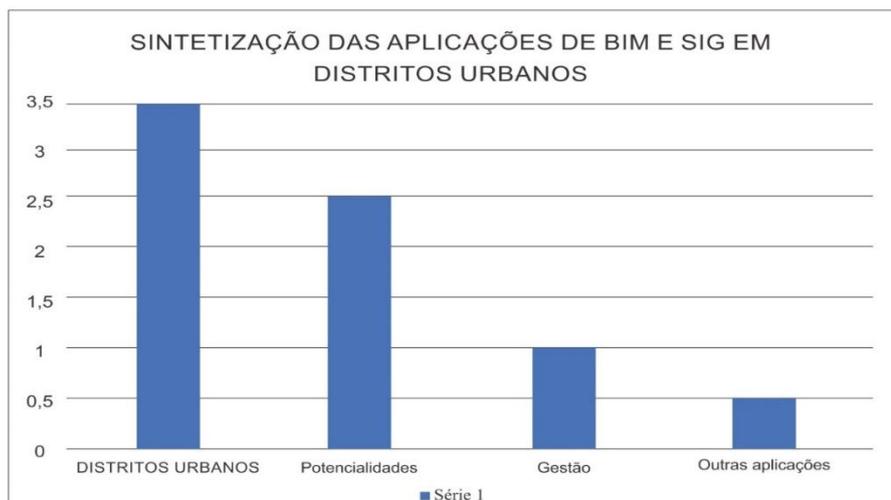
Nesta análise pode-se observar quais são os tipos de setores em Distritos Urbanos que estão utilizando da integração de BIM e GIS.

Tabela 6- Análise de quais são os setores de Distritos Urbanos

ESTUDO	SETOR
	DISTRITOS URBANOS
	POTENCIALIDADE DE DISTRITOS URBANOS
1-Combining BIM and GIS for a sustainable society: Community-scale assessment of energy performance (2018)	A aplicação de BIM e GIS nesse estudo, visa uma estratégia de otimização de energia para bairros que compreendem uma variedade de tipos de edifícios. A otimização do consumo de energia é abordada do ponto de vista de toda a área. O valor agregado do método para programas de renovação de cidades foi demonstrado com base em um bairro central da capital japonesa. A plataforma desenvolvida por Yamamura e seus colegas permite que operadores de gerenciamento de energia ou funcionários do governo local visualizem o consumo de energia da cidade, distrito ou edifício.
2-BIM and GIS for district modelling (2015)	POTENCIALIDADE DE DISTRITOS URBANOS A pesquisa parte da análise da combinação de BIM e GIS para avaliação de distritos urbanos em seus edifícios. A análise busca identificar suas potencialidades na gestão dos bairros e como podem estabelecer métodos sustentáveis aos processos de planejamento dos bairros.
3-Semantic BIM and GIS modelling for energy- efficient buildings integrated in a healthcare district (2013)	POTENCIALIDADE DE DISTRITOS URBANOS A pesquisa sobre a interoperabilidade entre BIM e GIS para o projeto holístico de edifícios energeticamente eficientes em escala de bairro é apoiada por estudos de caso reais de distritos de saúde de uso misto. A nova metodologia de projeto abrange todas as escalas e todas as fases do ciclo de vida do ambiente construído, bem como todo o ciclo de vida dos modelos de informação que compreende: Building Information Model (BIM), Building Assembly Model (BAM), Building Energy Model (BEM), e Modelo de Otimização da Operação do Edifício (BOOM).

5.2.8-SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM DISTRITOS URBANOS

Figura 17- Análise Classificatória de Distritos Urbanos



Fonte: Própria 2023

Fonte: Própria 2023

Quanto mais intenso for a cor da coluna, maior o número de artigos do mesmo setor buscando as mesmas aplicações e objetivos.

5.2.7-OUTRAS APLICAÇÕES EM SETORES

Nesta análise pode-se observar quais são os tipos de setores que estão utilizando da integração de BIM e GIS. Excluindo assim, transportes, ferrovia, armazen e distritos urbanos. Nesse topico são identificados setores que surgem de forma individual e não coletiva como os anteriores que apresentaram um grupo jé de estudos em seus setores.

Tabela 7- Análise de quais são os setores em diversos segmentos

ESTUDO	SETOR
--------	-------

DIVERSOS SETORES	
<p>1-Geotechnical property modeling and construction safety zoning based on GIS and BIM integration (2021)</p>	<p style="text-align: center;">ZONAS SEGURAS E POTENCIALIDADES</p> <p>O artigo apresenta a integração de BIM e Gis para modelagem de propriedade geotécnicas e zonas seguras de construção com base no tipo de solo.</p>
<p>2- BIM-GIS oriented intelligent knowledge discovery (2018)</p>	<p style="text-align: center;">MONITORAMENTO E POTENCIALIDADES</p> <p>O crescimento urbano e populacional resulta em uma pressão crescente sobre os serviços públicos como o transporte. A energia, serviços de saúde, gerenciamento de crimes e serviços de emergência no domínio da gestão de cidades inteligentes. Este artigo se concentra em fornecer uma extração de regras e métodos de tomada de decisão supervisionada para facilitar a fusão de informação baseadas em BIM 2D e 3D GIS com dados fluxos de IoT residentes em um banco de dados espacial e dados 3D BIM</p>
<p>3-A data model for integrating GIS and BIM for assessment and 3D visualisation of flood damage to building (2016)</p>	<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO</p> <p>A avaliação de danos por inundações é um essencial no gerenciamento de riscos, fornecendo uma base eficaz para a tomada de decisões e o tratamento dos riscos. Este artigo apresenta um método de integração BIM-GIS para atender aos requisitos de uma avaliação detalhada e visualização 3D de danos causados por edifícios.</p>
<p>4- Extending BIM to Urban Semantic Context for Data-driven Crisis Preparedness (2020)</p>	<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DE ZONAS SEGURAS</p> <p>O estudo de prova de conceito proposto apresenta um ambiente de Realidade Virtual (VR) habilitado para IoT que se baseia nos dados visuais obtidos do BIM e GIS e também em informações sensoriais acumuladas no edifício ou no layout urbano. Esses layouts visuais dos edifícios e das áreas circundantes são apresentados num formato em camadas, considerando as preocupações de segurança e privacidade, para identificar as zonas seguras e perigosas na rota de evacuação, começando na área residencial privada de uma pessoa, por exemplo, casa, e terminando numa situação de crise. ponto de encontro (por exemplo, pontos de interesse, Pol). O caso de uso apresentado neste estudo simula um cenário de terremoto e incêndio em um ambiente de VR.</p>

<p>5- Development of BIM (building information modeling) concept applied to projects of Substations integrated with the geographic intelligence system (2021)</p>	<p style="text-align: center;">SUBESTAÇÃO ELÉTRICA</p> <p>Devido à energia limitada dos nós sensores sem fio, a perda de energia do processo de comunicação afeta o desempenho da rede. A fim de prolongar o tempo de vida da rede e combinar a rápida heroicidade do enxame de partículas quânticas, este artigo propõe um método de otimização de roteamento de rede sem fio para melhorar o enxame de partículas quânticas, visando o problema de lixiviação da rede de sensores sem fio WSN Classic Clustering protocol. A velocidade de roteamento ideal é acelerada, e o roteamento ideal e o consumo de energia da rede são equilibrados tanto quanto possível, e ajustam-se os parâmetros do limite de eleição de cabeça de cluster para obter a estrutura de cluster mais adequada para o ambiente atual de forma adaptativa, de modo a equilibrar o consumo de energia da rede e melhorar a vida útil da rede.</p>
<p>6- Implementation of City Information Modeling (CIM) concepts in the process of management of the sewage system in Piumhi, Brazil (2019)</p>	<p style="text-align: center;">REDE DE ESGOTO</p> <p>O município de Piumhi, no Brasil, convive com problemas de esgotamento sanitário. Atualmente o modelo utilizado pelo SAAE (Provedor Público de Água e Esgoto local) prevê apenas ações corretivas. A combinação dos conceitos BIM e GIS permitirá o movimento em direção à Modelagem da Informação da Cidade, vista de forma promissora para a gestão pública. O objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo de gestão para a rede de esgoto com foco em ações preventivas, permitindo uma tomada de decisão baseada em informações precisas.</p>
<p>7- The application evaluation of autodesk storm and sanitary analysis for the low impact development design in the park area (2015)- The application evaluation of autodesk storm and sanitary analysis for the low impact development design in the park area (2015)</p>	<p style="text-align: center;">GESTÃO HIDROLÓGICA</p> <p>A proposta visa gestão de problemas hidrossanitários. A camada de impermeabilidade diminuiu a capacidade de armazenamento superficial, o nível do lençol freático e o tempo de concentração, e aumentou o fluxo de pico do escoamento de águas pluviais e inundações urbanas.</p>

<p>8- Integration of historical GIS data in a HBIM system (2020)</p>	<p style="text-align: center;">ANÁLISE HISTÓRICA</p> <p>A pesquisa visa análise historicizada e Patrimônio Cultural (CH). O artigo descreve uma pesquisa em andamento sobre o desenvolvimento de um sistema de informação web capaz de integrar dados BIM e GIS, com foco particular na análise da cidade historicizada e seus principais edifícios ao longo do tempo.</p>
<p>9- 3rd BIM/GIS Integration Workshop and 15th 3D GeoInfo Conference (2020)</p>	<p style="text-align: center;">MÚLTIPLOS SETORES</p> <p>O workshop da 15ª 3DGeoInfo 2020 eventos mostrou interesse e o uso de modelos 3D em ambientes construídos está aumentando rapidamente, e agora eles são um componente-chave da tomada de decisões em áreas que incluem a mitigação das mudanças climáticas (por exemplo, cálculo do potencial do painel solar, modelagem de inundações, modelagem da idade da habitação para adaptação de sistemas térmicos, isolamento, planejamento urbano e sistemas cadastrais (direitos de modelagem, restrições e responsabilidades em edifícios complexos, agilizando o processo de emissão de licenças de planejamento, projeto de empreendimentos existentes ou novos) e infraestrutura (construção, transporte, gerenciamento e modelagem de utilidades, gerenciamento de ativos). Os modelos 3D também são um integrador para os dados que sustentam as cidades inteligentes – saber onde um sensor está no espaço 3D permite que os dados sejam integrados ao contexto circundante – por exemplo, os dados de ruído podem ser integrados às informações de tráfego.</p>
<p>10- An integrated BIM-GIS framework for utility information management and analyses (2015)</p>	<p style="text-align: center;">REDE SUBTERRÂNEA</p> <p>Este artigo apresenta uma estrutura 3D integrada baseada em modelagem de informações de construção (BIM) e tecnologias GIS para gerenciar e analisar informações de serviços públicos. Na estrutura, as redes subterrâneas de serviços públicos são modeladas e representadas no software GIS para facilitar a visualização. Informações semânticas, como informações do proprietário e registros de inspeção, também estão incluídas nas representações 3D de utilitários no software GIS.</p>
<p>11- Research on the Application of Railway Engineering Project Management System Based on BIM (2023)</p>	<p style="text-align: center;">QUALIDADE-GESTÃO</p> <p>Este estudo visa a gestão e gerenciamento de projetos ferroviários buscando suas potencialidades e análises de processos otimizados com foco na qualidade.</p>

<p>12- The UDSA ontology: An ontology to support real time urban sustainability assessment (2020)</p>	<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO-SUSTENTABILIDADE</p> <p>Com base em uma extensa revisão de estruturas de avaliação de sustentabilidade urbana e metodologias de desenvolvimento de ontologias, a ontologia Urban District Sustainability Assessment (UDSA) foi desenvolvida e validada usando dados reais do site “The Works”, um bairro recém-reformado em Ebbw Vale, País de Gales . Esta nova abordagem reconcilia várias ontologias específicas de domínio dentro de uma ontologia de alto nível que pode apoiar a criação de software de avaliação de sustentabilidade urbana em tempo real.</p>
<p>13- Infrastructure Smart Service System (iS3) and its application (2018)</p>	<p style="text-align: center;">MANUTENÇÃO DE TUNEIS</p> <p>O conceito de Sistema de Serviço Inteligente de infraestrutura (iS3) é proposto com base em técnicas de digitalização e construção e manutenção integradas de infraestrutura. Primeiramente, este artigo apresenta a definição de iS3 que é um sistema de serviço inteligente projetado para integração de aquisição de dados de ciclo de vida, processamento, representação, análise e serviço de infraestrutura.</p>
<p>14- Data-driven decision-making for equipment maintenance (2020)</p>	<p style="text-align: center;">EQUIPAMENTOS URBANOS</p> <p>A tomada de decisão sobre a manutenção de equipamentos nessas áreas onde as instalações se localizam intensivamente diferentes tipos, como Parques industriais, parques científicos, campi universitários, complexos turísticos estão surgindo muito nos países em desenvolvimento.</p>
<p>15- A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration (2016)</p>	<p style="text-align: center;">MAPEAMENTO DE RUÍDOS</p> <p>O ruído do tráfego é um grande problema de saúde para as pessoas que vivem em ambientes urbanos. O mapeamento de ruído pode ajudar a avaliar o nível de ruído em determinadas áreas de uma cidade. Tradicionalmente, o mapeamento de ruído é realizado em sistema de informação geográfica (SIG) 2D. O uso de GIS 3D também está surgindo no mapeamento de ruído nos últimos anos. No entanto, as atuais plataformas de mapeamento de ruído só podem realizar avaliações de ruído para o ambiente externo e o ambiente interno separadamente. Além disso, informações relacionadas sobre coeficiente de absorção e perda de transmissão (TL) no cálculo de ruído não são recuperadas adequadamente e geralmente são substituídas por um único valor. Nesta pesquisa, a modelagem de informações da construção (BIM) e o GIS 3D são integrados para combinar a avaliação do ruído do tráfego em ambientes externos e internos em uma única plataforma. Em nossa plataforma de integração BIM-GIS desenvolvida, o ambiente construído é representado em um modelo 3D GIS que contém informações com alto nível de detalhamento do BIM</p>

<p>16- A study on the application to examination of sunshine simulation technique and urban landscape design using BIM and GIS (2015)</p>	<p style="text-align: center;">PAISAGEM URBANA</p> <p>Este estudo investiga a técnica de simulação de luz solar e projeto de paisagem urbana usando modelagem de informações de construção (BIM) e sistema de informações geográficas (GIS).</p>
<p>17- Integration of BIM and GIS for formal representation of walkability for safe routes to school programs (2015)</p>	<p style="text-align: center;">CAMINHABILIDADE</p> <p>Os programas Safe Routes To School (SRTS) melhoram as condições de segurança e saúde, bem como reduzem o consumo de energia e CO₂ emissões, incentivando mais crianças a irem a pé para a escola. A implementação dos programas requer infra-estrutura melhorada para criar um ambiente de caminhada seguro para a escola. Para atingir esse objetivo, os participantes do programa devem avaliar de forma abrangente e consistente os ambientes de caminhada existentes para priorizar a infraestrutura necessária para melhoria. No entanto, na prática atual, esse processo de avaliação é desafiador devido à falta de representação formal dos ambientes de caminhada existentes. Para superar essa limitação, nossa equipe de pesquisa desenvolveu uma ontologia necessária para que o Building Information Model (BIM) forneça de forma consistente e completa informações sobre a caminhabilidade existente. A equipe aplicou esta ontologia a uma escola primária nos Estados Unidos e visualizou a walkability existente integrando BIM e Geographical Information System (GIS).</p>
<p>18- Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning (2017)</p>	<p style="text-align: center;">CRESCIMENTO ECONÔMICO</p> <p>Para incentivar o conceito de cidade inteligente no Japão, este artigo propõe um sistema de planejamento de energia urbana baseado em "GIS-BIM" para acessar a solução técnica e política ideal para reajustar a infraestrutura da cidade além da análise integrada. Em primeiro lugar, apresenta o conceito de cidade inteligente japonesa que abrange desde o planejamento urbano até a infraestrutura. Em segundo lugar, a pesquisa propõe um sistema de planejamento de energia urbana baseado em GIS-BIM, incluindo a construção e análise do banco de dados por GIS, o projeto do sistema de energia ideal auxiliado por BIM e visualização 3D com interface amigável. Finalmente, o centro de Tóquio é adotado como estudo de caso, sugerindo o potencial para acessar a solução técnica e política ideal.</p>

<p>19- Integrating BIM and GIS in railway projects: A critical review (2017)</p>	<p style="text-align: center;">DESAFIOS NA INTEGRAÇÃO DE BIM E GIS</p> <p>O artigo destaca a falta de uma diretriz clara para a colaboração no ciclo de vida do projeto ferroviário e indica a necessidade de pesquisas com foco nesta questão, bem como a possibilidade de aplicar BIM integrado com GIS como uma solução potencial para melhorar a colaboração para uma melhor decisão entre os projetos participantes. com o objetivo de analisar a necessidade dessa integração e seus benefícios. O artigo destaca a falta de uma diretriz clara para a colaboração no ciclo de vida do projeto ferroviário e indica a necessidade de pesquisas com foco nesta questão, bem como a possibilidade de aplicar BIM integrado com GIS como uma solução potencial para melhorar a colaboração para uma melhor decisão entre os projetos participantes. com o objetivo de analisar a necessidade dessa integração e seus benefícios. O artigo destaca a falta de uma diretriz clara para a colaboração no ciclo de vida do projeto ferroviário e indica a necessidade de pesquisas com foco nesta questão, bem como a possibilidade de aplicar BIM integrado com GIS como uma solução potencial para melhorar a colaboração para uma melhor decisão entre os projetos participantes.</p>
<p>20- Linking BIM and GIS models in infrastructure by example of IFC and CityGML (2017)</p>	<p style="text-align: center;">DADOS-INFRAESTRUTURA</p> <p>Este artigo demonstra como os dados vinculados podem ser usados para fornecer uma conexão semanticamente rica entre os domínios de modelagem de informações de construção (BIM) e sistemas de informações geográficas (GIS). A experiência de ambos os domínios é necessária para o planejamento de projetos de infraestrutura, como estradas, túneis, pontes e ferrovias, pois esses projetos geralmente exigem a consideração de escalas muito divergentes.</p>
<p>21-Duality between BIM and GIS: An example related to the medieval bridge Azzone Visconti (2018)</p>	<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DE PONTE</p> <p>O artigo apresenta o trabalho realizado na ponte medieval Azzone Visconti em Lecco, Itália. O projeto exigiu o uso de tecnologias BIM e GIS para avaliar a capacidade de carga da ponte. Primeiro, um levantamento geométrico detalhado foi realizado com varredura a laser e técnicas fotogramétricas. O objetivo era a geração de um BIM. Os deslocamentos foram então medidos por nivelamento geométrico durante testes de carregamento realizados em dias diferentes. Tais dados foram integrados e armazenados no BIM. Por fim, a simulação das condições de tráfego foi utilizada para investigar a usabilidade do BIM para uma área geográfica ao redor da ponte. Os resultados evidenciaram que o BIM utilizado na primeira etapa da obra teve que ser substituído por outra solução integrada BIM-GIS mais adequada para análises baseadas em dados geoespaciais.</p>

<p>22- An integrated underground utility management and decision support based on BIM and GIS (2019)</p>	<p style="text-align: center;">GESTÃO SUBTERRÂNEA</p> <p>Este estudo visa melhorar a eficiência da gestão do utilitário subterrâneo sob a perspectiva do componente utilitário e da rede urbana de utilidades, bem como facilitar a tomada de decisão para trabalhos de manutenção do utilitário. As principais razões para o compartilhamento ineficiente de informações, má gestão de utilidades e tomada de decisão reativa são investigadas, após o que soluções potenciais são exploradas. Uma estrutura integrada de gerenciamento de utilitários é proposta com base na integração de Building Information Modeling(BIM) e SIG.</p>
<p>23- Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management (2019)</p>	<p style="text-align: center;">LOGÍSTICA</p> <p>Sistema de Informação Geográfica (GIS), para o qual um modelo de dados de utilidade comum representando informações de utilidade em cinco aspectos é desenvolvido para facilitar o mapeamento de Industry Foundation Classes (IFC) e City Geography Markup Language (CityGML). A verificação da estrutura proposta indica que o modelo de dados desenvolvido pode representar informações de utilidade de forma abrangente, com base em quais funções da plataforma integrada BIM-GIS são desenvolvidas para apoiar o gerenciamento de utilidade subterrânea em termos de componentes de utilidade individual e as redes espaciais de utilidade. Com a estrutura de gerenciamento de serviços públicos proposta, o processo de compartilhamento de informações, a eficiência do gerenciamento de serviços públicos e a tomada de decisões podem ser melhorados e facilitados.</p>
<p>24- Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS (2020)</p>	<p style="text-align: center;">CRESCIMENTO POPULACIONAL</p> <p>O gerenciamento da cadeia de suprimentos de construção (CSCM) requer o rastreamento da logística de materiais e atividades de construção, uma plataforma integrada e certos mecanismos de coordenação entre os participantes do CSCM. Os pesquisadores sugeriram o uso da tecnologia de modelagem de informações de construção (BIM) para monitorar atividades de construção e gerenciar cadeias de suprimentos de construção. No entanto, como o armazenamento e as entregas de materiais são realizados principalmente fora dos locais do projeto de construção, as informações do projeto de um único modelo BIM são insuficientes para atender às necessidades do gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção. Nesta pesquisa, uma estrutura integrada foi desenvolvida com base em BIM quadridimensional (4D) e um sistema de informações geográficas (GIS) para coordenação de cadeias de suprimentos de construção entre os locais do projeto de construção e outros locais relacionados ao projeto, como sites de fornecedores e centros de consolidação de materiais.</p>

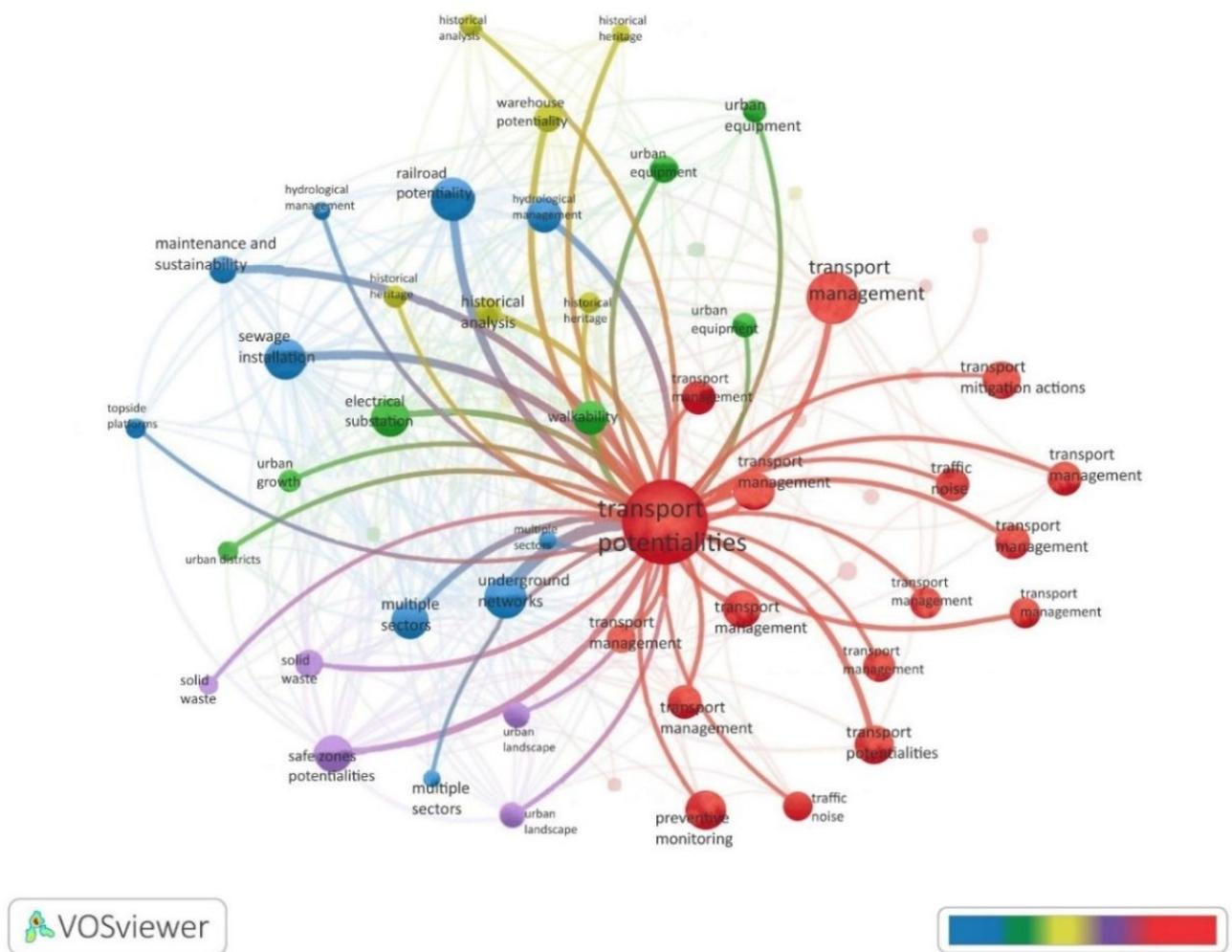
<p>25- Using BIM and GIS Interoperability to Create CIM Model for USW Collection Analysis (2020)</p>	<p style="text-align: center;">RESÍDUOS SÓLIDOS</p> <p>Por fim, um estudo de caso é representado para demonstrar as características práticas do framework proposto. A estrutura proposta é defendida para reforçar o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis, observando mais de perto os estágios de planejamento e desenvolvimento da cidade e os requisitos de infraestrutura que moldam uma parte considerável do desempenho da cidade ao longo de sua expansão e desenvolvimento. Também pode servir como uma ferramenta de apoio à decisão para um melhor planejamento e gerenciamento dos requisitos de infraestrutura de cidades inteligentes. Por fim, um estudo de caso é representado para demonstrar as características práticas do framework proposto. A estrutura proposta é defendida para reforçar o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis, observando mais de perto os estágios de planejamento e desenvolvimento da cidade e os requisitos de infraestrutura que moldam uma parte considerável do desempenho da cidade ao longo de sua expansão e desenvolvimento. Também pode servir como uma ferramenta de apoio à decisão para um melhor planejamento e gerenciamento dos requisitos de infraestrutura de cidades inteligentes. Por fim, um estudo de caso é representado para demonstrar as características práticas do framework proposto.</p>
<p>26- Optimizing lift operations and vessel transport schedules for disassembly of multiple offshore platforms using BIM and GIS (2018)</p>	<p style="text-align: center;">PLATAFORMAS OFFSHORE</p> <p>Ferramentas computacionais baseadas no conceito CIM (City Information Modeling) foram desenvolvidas para apoiar a análise e projeto do ambiente urbano. Essas ferramentas demonstram como a tecnologia de modelagem da informação contribui para a visualização e manipulação de dados no contexto da gestão urbana. Uma solução concebida para obter um modelo CIM é através da interoperabilidade entre aplicações BIM (Building Information Modeling) e GIS (Geographic Information System). Esta pesquisa propõe que esta integração seja aplicada e gere uma modelagem CIM. O objetivo é apresentar uma maneira eficiente de aproveitar os dados de modelagem BIM, que têm uma probabilidade real de serem enviados à prefeitura no futuro como parte do processo de aprovação do projeto. Por isso, isso possibilita o cálculo da produção de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) e o planejamento de sua coleta com feedback visual imediato</p>

<p>27- A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration (2016)</p>	<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DE RUIDOS</p> <p>Como as próximas décadas testemunharão uma grande tendência no descomissionamento de plataformas offshore, a desmontagem simultânea de topsides de múltiplas plataformas offshore está se tornando cada vez mais comum. Considerando o alto risco e custo das operações offshore, o planejamento de elevação do módulo entre várias plataformas offshore com embarcações de transporte deve ser conduzido com cuidado. O planejamento de içamento geralmente contém duas partes principais: layout do módulo no planejamento de embarcações e organização de cronogramas de transporte de embarcações.</p>
<p>28- Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison (2016)</p>	<p style="text-align: center;">NÍVEIS DE DETALHE</p> <p>O mapeamento de ruído pode ajudar a avaliar o nível de ruído em determinadas áreas de uma cidade. Tradicionalmente, o mapeamento de ruído é realizado em sistema de informação geográfica (SIG) 2D. O uso de GIS 3D também está surgindo no mapeamento de ruído nos últimos anos. No entanto, as atuais plataformas de mapeamento de ruído só podem realizar avaliações de ruído para o ambiente externo e o ambiente interno separadamente. Além disso, informações relacionadas sobre coeficiente de absorção e perda de transmissão (TL) no cálculo de ruído não são recuperadas adequadamente e geralmente são substituídas por um único valor. Nesta pesquisa, a modelagem de informações da construção (BIM) e o GIS 3D são integrados para combinar a avaliação do ruído do tráfego em ambientes externos e internos em uma única plataforma.</p>

5.3-SINTETIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE BIM E GIS EM DIVERSOS SETORES

O mapa abaixo demonstra o resultado da pesquisa da RS, filtrado apenas para diversos setores identificando através do Vosviewer o setor de transporte com maior concentração no uso da integração de BIM e GIS e quais setores estão aderindo com maior frequência suas aplicações na integração de BIM e GIS. O resultado desse grafico demonstra como além de grandes centros urbanos estão aderindo a integração de BIM e GIS, imergindo inicialmente pelo setor de transporte, dando abertura para disseminação de demais setores.

Figura 18- Análise de diversos setores



Fonte: Própria 2023

A integração de BIM e GIS além de facilitar as decisões de planejamento veem se tornando atrativa ao cenario da AECO pela cooperação das etapas e informações, cada setor de ujma forma particular, alguns em etapas mais maduras outras um tanto quanto timidas, mas em grande escala é identificado um aceleramento pelo uso das tecnologias. A dinamica das obras, do dia-a-dia colabora para o interesse da integração visto no ponto otimização, melhores fluxos de trabalho e na gestão de todo suprimento, entretanto muita das vezes é imatura e se faz necessario o surgimento de novos padrões e modelos de integração que vão além do ifc e citygml, mas sim novos recursos exclusivos e que demandam tempo e evolução.

6 CONCLUSÃO

Após análise da RS e respectivos resultados e classificações sistematizadas, com novos recursos, métodos e o interesse pelo uso da tecnologia no setor da AECO se tornam padrões de busca por empresas ou academia, seja pela busca de ferramentas computacionais que otimizem processos urbanos ou a criação de mecanismos e plataforma que entreguem uma maior acertividade nos fluxos, como a necessidade de se modernizar diante de uma cultura global, que vem se acelerando em todas áreas e setores pela incansavelmente necessidade de se modernizar e obter melhores resultados pelas tecnologias computacionais e digitais.

Esses novos métodos otimizam processos, gestão e performances, entretanto um ponto critico perceptivel é que muitos desses métodos criados e desenvolvidos, em grande parte estão no processo de protótipo, ainda em testes e aplicabilidade, ou seja, são recursos que ainda demandam de testes e investimento, principalmente por que cada setor da infraestrutura demanda uma forma de investimento, uma forma de planejamento e uma forma de coletar informações, além da estratégia para atingir o objetivo e como será esse processo até o resultado, uma vez que nem sempre partem do ifc ou citygml (padrões internacionais de importação). E buscam a criação de mecanismos/ontologias que quebrem esses bloqueios de leitura de informações em diferentes situações e setores.

Diante do atual cenário da AECO novos métodos de desenvolvimento surgem, seja por incentivo governamental ou pela vasta aceleração do mercado pela busca incansavel de se

apropriar das tecnologias computacionais ou na fácil e ágil otimização dos processos, o BIM por sua vez proporciona ótimos resultados para escala local, permitindo um fluxograma permeável durante todo ciclo de vida, atendendo desde a gestão, a cadeia de suprimentos, ao controle financeiro e a processos sustentáveis e certificações na qualidade, por outro lado o GIS atende a escala urbana, no mapeamento das condições existentes e na facilidade pela gestão e prevenção de mecanismo naturais. A utilização da integração de BIM e GIS por meio do resultado preliminar da RS demonstra um aquecimento do uso da prática de integração de BIM e GIS tanto para fins acadêmicos como no setor corporativo.

Destaca-se que a participação de novas pesquisas no atual estado da arte contribui para essa demanda, não apenas os estudos de casos, mas que novos setores da infraestrutura se identifiquem com o atual momento e como a integração de BIM e GIS permite processos otimizados de uma forma mais clara, objetiva e com maior assertividade. Evidentemente o setor de infraestrutura enxerga na integração de BIM e GIS uma vasta oportunidade de aplicabilidade dentro de seus sub-setores.

Em contrapartida é evidente que ainda se trata de um processo inicial, tímido e sinuoso, devido maior acervo de artigos no estado da arte contemplam o setor de Transporte e Planejamento Urbano para uso da integração de BIM e GIS. Mas que pela maturidade que estes estudos voltados a planejamento urbano conseguiram, isso abre um leque de opções para novos métodos e setores passarem a analisarem seus potenciais. Outro déficit preliminar perceptível é que os artigos que abordam sobre a integração de BIM e GIS para os setores de infraestrutura, poucos contemplam detalhadamente o método utilizado para a integração, ou quando se aborda o método apenas é abordado o nome da plataforma utilizada, com poucos detalhes não especificando detalhadamente se originaram inicialmente do Ifc, CityGml ou demais mecanismo, demonstrando assim a imaturidade e ausência de estudos de casos que foram além de estudos acadêmicos para se tornarem estudos de casos, tornando-se mais maduros e melhor detalhados.

O setor da AECO atualmente conta com diversos mecanismos e softwares a disposição, seja para necessidade georreferenciadas, urbanas, gestão de cidades, edifícios em escala local, malha urbana, infraestrutura. Atualmente uma das maiores empresas que contemplam softwares para o setor AECO é a autodesk. Em novembro de 2017 a Autodesk e Esri (essa responsável pelos softwares ArcGis e derivados anunciaram uma parceria com objetivo de proporcionar uma maior ligação e mais robusta para proporcionar aos usuários uma integração mais segura e detalhada das informações adquiridas pela integração de BIM e

Gis.

A Autodesk em muitas vezes é pioneira pela adoração em mergulhar no desconhecido, como no caso em que se destaca pelo plug Autodesk Connector for Argis, que integra fluxo de dados entre Gis e o Infracad e Autocad Civil 3D, essa pratica permite que o connector viabiliza a aplicação de infraestrutura trabalhem diretamente com seus projetos locais (edifícios).

A ideia focal dessa integração é que os modelos desenvolvidos em BIM não sejam modelados em vazio ou vacuo, além de que seja possível visualizar o local onde os projetos estão sendo desenvolvidos, mas ainda contempla uma fase engessada que precisa obter maturidade devido dificuldade na transferencia de dados como análise de mudanças climaticas, urbanização, mudancas demograficas e etc. De tal forma isso mostra que essa integração é uma via de mão dupla, uma vez que os projetos ficarão mais completos, podendo assim obter informações de sua morfologia urbana em sua base.

De tal maneira BIM e Gis sempre existiram para atender caminhos diferentes, um visa a escala local e o outro a malha urbana, ambos com diferentes propositos, formatos de arquivos e fluxos de trabalhos, oque se torna em algum momento conflitante, seja pela dinamica do padrão IFC ou shapefile e difentes niveis de detalhamento que não se acompanham entre os softwares.

No Brasil por vez a disseminação de BIM e GIS tende a ser auxiliada pelas legislações de implementação nacional de BIM, que visam o uso do BIM seja em planejamento, projetos e execução, seja pelo setor publico ou privado, oque achama atenção para novos estudos, novos objetivos e novos setores a passarem a aguçar o interesse pelas praticas integradas de BIM e GIS na infraestrutura Urbana.

Diante da análise do resultado da RS ss estratégias de integração de BIM e GIS para infraestrutura estão em fase inicial e experimental, na medida que novos setores identificarem seus respectivos potencias e na medida que a industria 4.0, seguida das respectivas legislações e maneiras de se construir comecem impor e planejar, enxergar as oportunidades novos metodos serão desenvolvidos, novos testes e novas ferramentas surjam aquecendo diversos outros setores da infraestrutura e amadurecendo os que ainda estão em fase de implementação.

O mercado da construção civil esta se aquecendo de novas praticas, padrões, normas e certificações, por ser um mercado enorme ele conta com uma grande vantagem para

disseminação da integração de BIM e gis, que é o fator de gerar novos padrões e métodos que podem gerar novas oportunidades no mercado.

Os Retornos sobre o Investimento no nível do projeto incluem redução de resíduos e riscos, melhoria na qualidade do deGISn, melhoria na segurança, redução de erros e entrega do projeto melhorada e pontual através do uso eficiente de recursos e planos de ação estratégicos. As empresas AEC podem decidir sobre o escopo das soluções integradas de GIS e BIM que desejam usar, com base nas intervenções direcionadas necessárias no ciclo de vida do projeto para monitorar os custos do projeto e medir os retornos (MANGON, et al., 2020).

Diante da análise, Bim e Gis podem ajudar os planejadores das cidades a tomar decisões mais certas e que afetem mais facilmente o fluxo de trabalho, portanto inserir projetos digitais em geografias do mundo real, se torna uma ferramenta mais robusta, nas decisões de planejamento, prevenção, gestão, oque irá contribuir e influenciar em muitas avaliações de impacto social, economico e ambietnal, sendo pilares principais dos maiore atrasos em grande cidades pela falta de acesso e novas praticas e ferramentas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(教授; 准教授, 2015)教授日本大学生産工学部創生デザイン学科; 准教授日本大学生産工学部創生デザイン学科. 日本建築学会技術報告集 第 21 卷 第 47 号, 355-360, 2015 年 2 月. **AIJ J. Technol. Des.**, [s. l.], v. 21, n. 47, p. 355–360, 2015.

3DGEOINFO CONFERENCE 2020 - PREFACE1. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 4/W1, p. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-1-2020>

AMIREBRAHIMI, Sam *et al.* A data model for integrating GIS and BIM for assessment and 3D visualisation of flood damage to building. **CEUR Workshop Proceedings**, [s. l.], v. 1323, n. June 2016, p. 78–89, 2015.

ASGARI SIAHBOOMY, Mehdi *et al.* A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data. **Architectural Engineering and DeGISn Management**, [s. l.], v. 0, n. 0, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1881880>

ATYABI, S.; KIAVARZ MOGHADDAM, M.; RAJABIFARD, A. Optimization of emergency evacuation in fire building by integrated bim and gis. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, v. 42, n. 4/W18, p. 131–139, 2019.

AZEVEDO, Diogo Martins *et al.* Development of Bim (Building Information Modeling) Concept Applied to Projects of Substations Integrated With the Geographic Intelligence System (GIS). **Wseas Transactions on Power Systems**, [s. l.], v. 16, p. 1–7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.37394/232016.2021.16.1>

BARAZZETTI, L. Duality between BIM and GIS: An example related to the medieval bridge Azzone Visconti. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], v. 364, n. 1, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012084>

BRUNO, N. *et al.* Integration of historical GIS data in a HBIM system. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, [s. l.], v. 43, n. B4, p. 427–434, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-427-2020>

CHENG, Jack C. P.; DENG, Yichuan. Computing in Civil Engineering 2015. **Computing in Civil Engineering 2015**, [s. l.], p. 667–674, 2015. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479247.083>

COUMANS, Frédérique. Combining BIM and GIS for a sustainable society: Community-scale assessment of energy performance. **GIM International**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 29–31, 2018.

DEL GIUDICE, M.; OSELLO, A.; PATTI, E. BIM and GIS for district modeling. **eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction - Proceedings of the 10th European Conference on Product and Process Modelling, ECPPM 2014**, [s. l.], n. June 2015, p. 851–854, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/b17396-136>

DENG, Yichuan *et al.* Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 145, n. 4, p. 04019016, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001633](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001633)

FLOSOS, G. S.; RUFF, P.; ELLUL, C. IMPACT of INFORMATION MANAGEMENT during DEGISN & CONSTRUCTION on DOWNSTREAM BIM-GIS INTEROPERABILITY for RAIL INFRASTRUCTURE. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 6, n. 4/W1, p. 61–68, 2020.

Integration of BIM and GIS for Indoor and Outdoor Combined Route Planning Kuan-Hsun Cho. p. 5712121, [s.d.].

KANAK, Alper *et al.* Extending BIM to Urban Semantic Context for Data- driven Crisis Preparedness. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, [s. l.], v. 2020-October, p. 3813–3818, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SMC42975.2020.9283158>

KIAVARZ, H. *et al.* BIM-GIS oriented intelligent knowledge discovery. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, [s. l.], v. 42, n. 4/W10, p. 79–82, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W10-79-2018>

KIM, Hyunjoo *et al.* Integration of BIM and GIS: Highway cut and fill earthwork balancing. **Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings**, [s. l.], v. 2015-Janua, n. January, p. 468–474, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1061/9780784479247.058>

KIM, Jung In *et al.* Integration of BIM and GIS for formal representation of walkability for safe routes to school programs. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 1669–1675, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0791-4>

KIM, R.; PARK, S.; LEE, H. The application evaluation of autodesk storm and sanitary analysis for the low impact development deGISn in the park area. **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, v. 10, n. 10, p. 167–176, 2015.

KIM, Reeho; PARK, Sangmin; LEE, Hyundong. The application evaluation of autodesk storm and sanitary analysis for the low impact development deGISn in the park area. **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 167–176, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14257/ijmue.2015.10.10.18>

KURWI, S.; DEMIAN, P.; HASSAN, T. M. Integrating BIM and GIS in railway projects: A

critical review. **Association of Researchers in Construction Management, ARCOM - 33rd Annual Conference 2017, Proceeding**, n. September, p. 45–53, 2017.

KURWI, Sahar *et al.* Collaboration through Integrated BIM and GIS for the DeGISn Process in Rail Projects: Formalising the Requirements. **Infrastructures**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 52, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/infrastructures6040052>

KURWI, Sahar; DEMIAN, Peter; HASSAN, Tarek M. Integrating BIM and GIS in railway projects: A critical review. **Association of Researchers in Construction Management, ARCOM - 33rd Annual Conference 2017, Proceeding**, [s. l.], n. September, p. 45–53, 2017.

KUSTER, Corentin; HIPPOLYTE, Jean Laurent; REZGUI, Yacine. The UDSA ontology: An ontology to support real time urban sustainability assessment. **Advances in Engineering Software**, [s. l.], v. 140, n. November 2018, p. 102731, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2019.102731>

LIU, Xin *et al.* A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 1–21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>

LUITEN, B. *et al.* Asset information management using linked data for the life-cycle of roads. **Life-Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision - Proceedings of the 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, IALCCE 2018**, [s. l.], p. 1529–1536, 2019.

MA, Zhiliang *et al.* Data-driven decision-making for equipment maintenance. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 112, n. July 2019, p. 103103, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103103>

MARZOUK, Mohamed; OTHMAN, Ahmed. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 57, n. March, p. 102120, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102120>

MELO, H. C. *et al.* Implementation of City Information Modeling (CIM) concepts in the process of management of the sewage system in Piumhi, Brazil. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 225, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012076>

MODELING, Geotechnical Property. applied sciences Geotechnical Property Modeling and Construction Safety Zoning Based on GIS and BIM Integration. [s. l.], 2021.

MOREIRA, Lorena C.de S.; MOTA, Paula Pontes; MACHADO, Fernanda Almeida. **BIM, IoT and MR Integration Applied on Risk Maps for Construction**. [S. l.: s. n.], 2021. ISSN 23662565.v. 98 Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_62

RESENDE, Guilherme; THOMAS, Manuela; ALBORGHETTI, Nathalia. Pesquisa

Qualitativa e Quantitativa. [s. l.], n. 2013, p. 1–13, 2014.

SEBASTIAN, R. *et al.* Semantic bim and gis modelling for energy- efficient buildings integrated in a healthcare district. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [s. l.], v. 2, n. 2W1, p. 255–260, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-2-W1-255-2013>

SOARES, Patrícia Bourguignon *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science TT - Bibliometric analysis of the Brazilian scientific production on Building and Construction Technologies in the Web of . **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 175–185, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000100175&lang=pt

STRUECKER, Denise Regina; HOFFMANN, Micheline Gaia. Participação social nos serviços públicos: caracterização do estado da arte por meio da bibliometria e da revisão sistemática. **REGE - Revista de Gestão**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 371–380, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rege.2017.03.008>

SUN, Zheng; CAO, Yong Kang. Technologies for Surveying Tibetan Architectural Heritage : [s. l.], p. 663–672, 2017.

TAN, Yi *et al.* Optimizing lift operations and vessel transport schedules for disassembly of multiple offshore platforms using BIM and GIS. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 94, n. July, p. 328–339, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.012>

VILGERTSHOFER, S. *et al.* Linking BIM and GIS models in infrastructure by example of IFC and CityGML. **Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings**, [s. l.], v. 0, n. June, p. 133–140, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1061/9780784480823.017>

WANG, Mingzhu *et al.* An integrated underground utility management and decision support based on BIM and GIS. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 107, n. July, p. 102931, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102931>

WHAT, Realised; STILL, Many. 3D GIS in China. Chongqing survey institute realised what many still dream of. **GIM International**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 35–37, 2017.

WONG, K. *et al.* 3RD BIM/GIS INTEGRATION WORKSHOP and 15TH

YAMAMURA, Shinji; FAN, Liyang; SUZUKI, Yoshiyasu. Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 180, p. 1462–1472, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.309>

ZHU, Hehua; LI, Xiaojun; LIN, Xiaodong. Infrastructure Smart Service System (iS3) and its application. **Tumu Gongcheng Xuebao/China Civil Engineering Journal**, [s. l.], v. 51, n. 1, p. 1–12, 2018.