

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
Programa de Pós-Graduação em Gestão & Organização do Conhecimento

MÁRIO LUCIO PEREIRA JUNIOR

**A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS DIANTE DOS NOVOS PARADIGMAS
INFORMACIONAIS E DA TECNOLOGIA BIM COM A CONTRIBUIÇÃO DA
GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Belo Horizonte

2019

MÁRIO LUCIO PEREIRA JUNIOR

**A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS DIANTE DOS NOVOS PARADIGMAS
INFORMACIONAIS E DA TECNOLOGIA BIM COM A CONTRIBUIÇÃO DA
GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Versão final

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão & Organização do Conhecimento da Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Gestão & Organização do Conhecimento.

Linha de Pesquisa: Gestão & Tecnologia da Informação e Comunicação

Área de concentração: Representação do Conhecimento

Orientadora: Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho

BELO HORIZONTE

2019

Pereira Junior, Mário Lucio.

P436p

A produção de edifícios diante dos novos paradigmas informacionais e da tecnologia BIM com a contribuição da gestão e organização do conhecimento [recurso eletrônico] / Mário Lucio Pereira Junior. – 2019.

1 recurso online (185 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Renata Maria Abrantes Baracho

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação.

Referências: f.168-185.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Ciência da Informação – Teses. 2. Gestão do conhecimento – Teses. 3. Modelagem de informação da construção – Teses. 4. Teoria das estruturas – Teses. I. Título. II. Baracho, Renata Maria Abrantes. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação.

CDU: 659.2:69



FOLHA DE APROVAÇÃO

A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS DIANTE DOS NOVOS PARADIGMAS
INFORMACIONAIS E DA TECNOLOGIA BIM COM A CONTRIBUIÇÃO DA
GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

MÁRIO LUCIO PEREIRA JUNIOR

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO, como requisito para obtenção do grau de Doutor em GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO, área de concentração CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, linha de pesquisa Gestão e Tecnologia.

Aprovada em 02 de julho de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Renata Maria Abrantes Baracho Porto (Orientadora)
Escola de Arquitetura/UFMG

Prof(a). Alexandre Monteiro de Menezes
Escola de Arquitetura/UFMG

Prof(a). Anna Christina Miana
PUC-Minas

Prof(a). Otavio Luiz do Nascimento
IBMEC

Prof(a). Ayrton Hugo de Andrade e Santos
PUC-Minas

Prof(a). Marcelo Franco Porto
Engenharia/UFMG

Belo Horizonte, 2 de julho de 2019.



ATA DA DEFESA DE TESE DO ALUNO MÁRIO LUCIO PEREIRA JUNIOR

Realizou-se, no dia 02 de julho de 2019, às 09:00 horas, Sala 1000 - ECI/UFMG, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de tese, intitulada *A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS DIANTE DOS NOVOS PARADIGMAS INFORMACIONAIS E DA TECNOLOGIA BIM COM A CONTRIBUIÇÃO DA GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO*, apresentada por MÁRIO LUCIO PEREIRA JUNIOR, número de registro 2015665883, graduado no curso de ARQUITETURA E URBANISMO, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Renata Maria Abrantes Baracho Porto - Escola de Arquitetura/UFMG (Orientadora), Prof(a). Alexandre Monteiro de Menezes - Escola de Arquitetura/UFMG, Prof(a). Anna Christina Miana - PUC-Minas, Prof(a). Otavio Luiz do Nascimento - IBMEC, Prof(a). Ayrton Hugo de Andrade e Santos - PUC-Minas, Prof(a). Marcelo Franco Porto - Engenharia/UFMG.

A Comissão considerou a tese:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 02 de julho de 2019.


Prof(a). Renata Maria A. Baracho Porto


Prof(a). Alexandre Monteiro de Menezes


Prof(a). Anna Christina Miana


Prof(a). Otavio Luiz do Nascimento


Prof(a). Ayrton Hugo de A. e Santos


Prof(a). Marcelo Franco Porto

para Clareana, com amor.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Renata Baracho, orientadora e amiga, pela confiança, paciência, estímulo e dedicação.

Aos Professores da Banca Examinadora de Defesa, por terem aceito o convite para avaliação deste trabalho e pelas valiosas contribuições feitas à pesquisa.

Aos Professores e toda equipe do PPGGOC, do PPGCI e da Escola de Ciência da Informação que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dagobert Soergel, pelas valiosas contribuições ao longo do percurso.

À Pontifícia Universidade Católica, especialmente: à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação; à Pró-reitoria de Recursos Humanos e ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

A todos os amigos da PUC Minas e da Universidade FUMEC.

Aos meus alunos, companheiros de trabalho e aprendizagem, que participaram ativamente do processo de construção dos meus conhecimentos.

A minha família e a meus amigos.

A meus pais, Graça e Mário, pelo amor, dedicação, sabedoria, exemplo e formação.

A minhas irmãs, Letícia e Lane, pelo amor e companheirismo.

À Clareana, presente, obstinada, paciente e companheira, pelo amor.

Por fim, a todos que me incentivaram e contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Que as coisas continuem como antes, eis a
catástrofe!

Walter Benjamin 1892 - 1940

RESUMO

As atividades de Arquitetura e Engenharia se caracterizam por sua natureza essencialmente propositiva. Esses profissionais passam grande parte de seu tempo em atividades que contêm tomada de decisão e objetivam a transformação de uma realidade através de um plano e construção: a produção de um edifício. A tomada de decisão é uma etapa seguinte à criação de significados e à construção do conhecimento. Para cada tomada de decisão é necessária a geração de conhecimento. Assim, na produção de um edifício, o trabalho com o conhecimento é uma característica inerente. Mais recentemente, essa atividade passou a ter um novo paradigma que envolve três pontos: a introdução de nova tecnologia da Internet das Coisas; a mudança na configuração do trabalho para um arranjo colaborativo e simultâneo; e a introdução de novos instrumentos de criação, representação e documentação do edifício ou Modelagem da Informação da Construção. Como objetos do presente trabalho estão os novos paradigmas da Arquitetura e da produção do edifício, a disseminação da Gestão e Organização do Conhecimento nas diversas áreas de atividade humana e os novos desafios da educação formal em Arquitetura e Engenharia. O problema de pesquisa foi: como melhorar a produção de edifícios diante dos novos paradigmas informacionais, que envolvem Modelagem de Informação da Construção (BIM), projeto colaborativo e simultâneo, internet das coisas, edifícios inteligentes e cidades inteligentes, com a contribuição da Gestão e Organização do Conhecimento? O objetivo geral foi propor diretrizes para produção de edifícios, considerando seu novo paradigma como fenômeno informacional, no contexto da Arquitetura, Engenharia e Construção. Os objetivos específicos foram: descrever e caracterizar novos paradigmas da Arquitetura e da produção do edifício e as especificidades da representação espacial; reunir e discutir os fundamentos teóricos e metodológicos sobre a Gestão e Organização do Conhecimento, notadamente a colaboração e as ontologias, aplicáveis ao domínio; comparar e desenvolver as relações entre as necessidades apresentadas pelos paradigmas da produção de edifícios e a Gestão e Organização do Conhecimento. A justificativa para a realização desta pesquisa está na necessidade de reunir estudos sobre as teorias e metodologias de Gestão e Organização do Conhecimento que contribuam com o seu desenvolvimento e atendam às necessidades recentes da produção de edifícios. Quanto à natureza, a pesquisa foi classificada como pesquisa aplicada, quanto à abordagem do problema como pesquisa qualitativa, quanto aos objetivos como pesquisa exploratória. O presente trabalho é um estudo panorâmico sobre aspectos da Ciência da Informação e da Arquitetura e Engenharia. Os referenciais teóricos foram a Gestão da Informação e do Conhecimento, Colaboração, Sistemas de Organização do Conhecimento, Ontologia, Projeto Auxiliado por Computador, Modelagem da Informação da Construção, Projeto Simultâneo, Sustentabilidade, Internet das Coisas, Edifício Inteligente, Cidades Inteligentes, Vida Inteligente. Como resultado foram elaboradas e discutidas as relações entre as questões apresentadas pelos paradigmas da produção de edifícios e a Gestão e Organização do Conhecimento, e apresentadas diretrizes comportamentais e procedurais para produção de edifícios, considerando seu novo paradigma, como fenômeno informacional. Espera-se com este trabalho contribuir com a melhoria da produção de edifícios e com o fortalecimento das relações entre as áreas, em prol de benefícios mútuos, motivados sempre pela sustentabilidade e preservação do planeta e da vida.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção. Internet das Coisas. Projeto de Edifícios. Gestão e Organização do Conhecimento. Ontologia.

ABSTRACT

The activities of Architecture and Engineering are characterized by their essentially propositional nature. These professionals spend much of their time in activities that contain decision making and aim at transforming a reality through a plan and construction: the production of buildings. Decision making is a next step to creating meaning and building knowledge. For every decision making, knowledge generation is necessary. Thus, in the production of buildings, work with knowledge is an inherent characteristic. More recently, this activity started to have a new paradigm that involves three points: the introduction of new technology Internet of Things; the change in the configuration of the work for a collaborative and simultaneous arrangement; and the introduction of new building tools, representation and documentation or Building Information Modeling. As object of the present work are the new paradigms of the Architecture and the production of buildings, the dissemination of the Knowledge Organization & Management in the diverse areas of human activity and the new challenges of the formal education in Architecture and Engineering. The research problem was: How to improve the production of buildings in the face of new informational paradigms, which involve Building Information Modeling (BIM), collaborative and simultaneous project, internet of things, smart buildings and smart cities, with the contribution of Knowledge Organization & Management? The general goal was to propose guidelines for production of buildings, considering its new paradigm as an informational phenomenon, in the context of Architecture, Engineering and Construction. The specific objectives were: to describe and characterize new architecture paradigms and the production of buildings and the specificities of spatial representation; to gather and discuss the theoretical and methodological foundations on the Knowledge Organization & Management, especially the collaboration and the ontologies, applicable to the domain; compare and develop the relationships between the needs presented by the paradigms of the production of buildings and the Knowledge Organization & Management. The justification for this research is the need to gather studies on theories and methodologies of Knowledge Organization & Management that contribute to its development and meet the recent needs of the production of buildings. As for nature, the research was classified as applied research, regarding the approach of the problem as a qualitative research, regarding the objectives as exploratory research. The present work is a panoramic study on aspects of Information Science and Architecture and Engineering. The theoretical references were Information and Knowledge Management, Collaboration, Knowledge Organization Systems, Ontology, Computer Aided Design, Building Information Modeling, Simultaneous Design, Sustainability, Internet of Things, Smart Building, Smart Cities, Smart Life. As a result, the relations between the questions presented by the paradigms of the production of buildings and the Knowledge Organization & Management were elaborated and discussed, and behavioral and procedural guidelines were presented for production of buildings, considering its new paradigm, as an informational phenomenon. This work is expected to contribute to the improvement of the production of buildings and the strengthening of relations between the areas, in favor of mutual benefits, always motivated by sustainability and preservation of the planet and life.

Keywords: Building Information Modeling. Internet of Things. Buildings Design. Knowledge Organization & Management. Ontology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Base de dados CAD segundo AsBEA	45
FIGURA 2 - Fluxo da informação com o paradigma tradicional de projetos	48
FIGURA 3 - Fluxo da informação com o paradigma do projeto simultâneo	49
FIGURA 4 - Evolução da representação do edifício	50
FIGURA 5 - Uma perspectiva integradora da gestão da informação e do conhecimento.....	72
FIGURA 6 - Modelo de colaboração baseado em conjunto	74
FIGURA 7 - Pessoas	134
FIGURA 8 - Infraestrutura	135
FIGURA 9 - Governança.....	136
FIGURA 10 - Edifício Smart City / S / Vida Inteligente	137
FIGURA 11 - Perspectiva integradora entre a AEC e a GOC.....	142
FIGURA 12 - Objetivos da representação do edifício.....	143
FIGURA 13 - Multidisplinaridade.....	145
FIGURA 14 - Pluridisciplinaridade.....	146
FIGURA 15 - Interdisciplinaridade.....	147
FIGURA 16 - Disciplinas x conteúdos transdisciplinares.....	148
FIGURA 17 - Foco nas pessoas	150
FIGURA 18 – BIM e aproximação entre projeto, obra e gestão do edifício	151
FIGURA 19 - Aproximação saber / processos / pessoas	152
FIGURA 20 - Olhar para os da mesma espécie	154
FIGURA 21 - Olhar para outros tipos ou conjuntos	155
FIGURA 22 - Ferramentas BIM: evolução.....	158
FIGURA 23 - Diretrizes para produção do edifício	164

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Artigos publicados ao longo do desenvolvimento do trabalho.....	25
QUADRO 2 - Sistema de nomenclatura de diretórios, arquivos e layers - AsBEA	46
QUADRO 3 - Quadro sinóptico que resume os pontos de vista sobre ontologias	78
QUADRO 4 - Resultados das buscas	99
QUADRO 5 - Títulos por ano de publicação	100

LISTA DE ABREVIATURAS

AAT – Art & Architecture Thesaurus – Tesouro de Arte e Arquitetura

ABEA – Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura e Urbanismo

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC – *Architecture, Engineering and Construction* - Arquitetura, Engenharia e Construção

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM – *Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção

CAD – *Computer Aided Design* - Desenho Assistido por Computador

CAM – *Computer Aided Manufacturing* - Manufatura Auxiliada por Computador

CI – Ciência da Informação

CIM – *City Information Modeling* - Modelagem da Informação da Cidade

FM – *Facility Management* - Gestão de facilidade ou gestão operacional do edifício

GIC – Gestão da Informação e do Conhecimento

GIS - *Geographic Information System* - Sistema de Informação Geográfica

GOC – Gestão e Organização do Conhecimento

IFC - Industry Foundation Classes

IoT – *Internet of Things* - Internet das Coisas

I-School – *Information Schools* - Escolas de Informação

KOS – *Knowledge Organization Systems* - Sistemas de Organização do Conhecimento

MEC – Ministério da Educação

NURBS – *Non Uniform Rational Basis Spline*

TI – Tecnologia da Informação

UIA - *Union Internationale des Architectes* - União Internacional dos Arquitetos

UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Problema.....	18
1.2	Objetivos.....	20
1.3	Justificativa.....	20
1.4	Metodologia.....	23
1.5	Estrutura da tese.....	23
2	NOVO PARADIGMA DA ARQUITETURA E DA PRODUÇÃO DO EDIFÍCIO	26
2.1	Arquitetura, projeto e desenho	26
2.2	Arquitetura e a representação digital	37
2.3	Projeto Auxiliado por Computador - CAD	41
2.4	O paradigma tradicional de projeto e o projeto simultâneo	46
2.5	Modelagem da Informação da Construção e a Representação do Conhecimento	49
2.6	Sustentabilidade.....	58
2.7	Internet das Coisas - IoT	62
2.8	Cidades Inteligentes ou <i>Smart Cities</i>	63
2.9	Edifícios Inteligentes ou <i>Smart Building</i>	65
2.10	Vida inteligente ou <i>Smart Life</i>	68
3	GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	70
3.1	Documentação	70
3.2	Gestão da Informação e do Conhecimento - GIC	71
3.3	Colaboração	73
3.4	Sistemas de Organização do Conhecimento e Ontologia.....	76
4	A CONTRIBUIÇÃO DA GOC NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS	80
4.1	GIC e a Produção de Edifícios	80
4.2	GIC, BIM e Colaboração	85

4.3	Ontologia e BIM.....	96
4.3.1	Conhecimento e Colaboração	100
4.3.2	Interoperabilidade.....	103
4.3.3	Especificação de materiais, custo e acesso a componentes de BIM	105
4.3.4	Ontologias gerais.....	107
4.4	Ontologia, IoT e BIM.....	109
4.5	Ontologia e ambiguidade.....	116
4.6	BIM e Recuperação de Informação para IoT em Edifícios	119
4.7	Uma proposta para desenvolvimento de uma ontologia abrangente para Cidades Inteligentes / Edifícios Inteligentes / Vida Inteligente.....	123
4.7.1	O ecossistema interdependente	124
4.7.2	O centro são as pessoas	125
4.7.3	Sistemas de organização do conhecimento (KOS).....	127
4.7.4	Modelos.....	130
4.7.5	Primeiros pensamentos para um kos abrangente do ecossistema interdependente cidade inteligente – edifício inteligente – vida inteligente	132
4.7.6	Proposta: por uma ontologia ou KOS abrangente dirigida à comunidade	138
5	DIRETRIZES PARA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS	140
5.1	Perspectiva integradora entre a Arquitetura, Engenharia e Construção e a Gestão e Organização do Conhecimento	140
5.2	Campo ampliado para todo o ecossistema interdependente	142
5.3	Gestão especializada	143
5.4	Mudança curricular	144
5.5	Foco nas pessoas	149
5.6	Olhar para o outro	152
5.7	Retorno da Materialidade	156
5.8	Evolução das ferramentas BIM para além do construtivo	157
5.9	Mudar o foco no desenho	159
5.10	Sustentabilidade como justificativa final.....	160

5.11	Construção coletiva	162
6	CONCLUSÕES.....	163
	REFERÊNCIAS	168

1 INTRODUÇÃO

As últimas revoluções tecnológico-sociais¹ - da informática, da informação e do conhecimento - delinearão uma nova estrutura econômica e social, uma nova forma de pensar, conviver, trabalhar e criar, e novas relações entre o homem, a máquina, o trabalho e o conhecimento. Essa realidade apresenta reflexos nos mais variados campos da atividade humana, especialmente na produção da Arquitetura. O pensar e o produzir o objeto arquitetônico necessitam de profundas mudanças, afetando diretamente o trabalho de Arquitetos e Engenheiros e toda a indústria de Arquitetura, Engenharia Civil e Construção (AEC - *Architecture, Engineering and Construction*).

Com o passar de sua história, o Homem passou a viver, morar, trabalhar e realizar as diversas tarefas do seu cotidiano em abrigos artificiais por ele mesmo construídos. Assim, historicamente criou-se um ramo de atividade que será designado nesta pesquisa de Produção de Edifícios. Esta produção envolve tanto as fases preliminares ou projetuais, passando pela elaboração física do objeto ou construção, chegando à fase de utilização.

Vale ressaltar que este trabalho abordará a produção de edifícios como um recorte da indústria de AEC e das áreas de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, que inclui projeto e construção de espaços destinados às atividades humanas. O campo de AEC cobre muitas outras subáreas, como por exemplo, planejamento urbano e regional, paisagismo, arquitetura de interiores, infraestrutura de transporte, engenharia hidráulica e geotecnia, entre outras.

As atividades de Arquitetura e Urbanismo e a Engenharia Civil se caracterizam por seu caráter essencialmente propositivo. Este fato diferencia estas áreas das demais que também compartilham o mesmo objeto de trabalho que é o espaço construído. Assim, estes profissionais envolvidos na indústria de AEC passam grande parte de seu tempo em atividades que contêm tomada de decisão, para apresentar à sociedade uma resposta espacial, considerando seus componentes ambientais, tecnológicos, estéticos, sociais e econômicos, para uma situação reconhecidamente insatisfatória que pode ser alterada com uma construção. Este largo conjunto de tomadas de decisão objetivam a transformação de uma realidade através de um plano e construção: a produção de um edifício. Tomada de decisão faz parte e é fundamental em AEC uma vez que a Arquitetura se caracteriza pelo caráter propositivo do trabalho dos profissionais. É, portanto, uma etapa nativa no processo

¹ Aqui chamadas assim pois toda revolução tecnológica tem implicações sociais e tecnologia é uma atividade humana, de origem intelectual e que leva à uma reorganização da vida social, produtiva e econômica.

de produção de edifícios. A abelha constrói a colmeia por instinto. Para o homem, a construção é um fenômeno intelectual, cognitivo e decisório.

A tomada de decisão é uma etapa seguinte à criação de significados e a construção do conhecimento (CHOO, 2003). Para cada tomada de decisão é necessário a geração de conhecimento. Assim, na produção de um edifício, o trabalho com o conhecimento sempre foi uma característica inerente. Com o avanço da sociedade e o aumento da complexidade das demandas e da disponibilidade de tecnologia, este trabalho com o conhecimento está cada vez mais sofisticado e complexo. Já não bastam mais, na formação dos profissionais, a apresentação de conteúdos particulares de sua área, e uma expansão de horizontes torna-se necessária e primordial, apontando os olhares para outras áreas profissionais que dominam o trabalho com o conhecimento, como a Ciência da Informação (CI). Observa-se, portanto, a importância da aproximação de duas áreas aparentemente distintas, a AEC e a CI.

A atividade de produção de edifícios sofreu diversas alterações ao longo da história. No passado, foi transformada a partir da introdução da tecnologia em substituição ao empirismo e da especialização profissional crescente. Do construtor artesão passou-se a uma indústria de AEC. É possível perceber que essas mudanças não foram adequadamente absorvidas pela sociedade (MELHADO; AGOPYAN, 1995). Dentro do enfoque dos autores, “a conceituação da atividade de projeto, distorcido o papel do mesmo pelas mudanças ocorridas ao longo dos tempos, apresenta-se hoje incoerente e inadequada, com reflexos negativos sobre a qualidade”.

Mais recentemente, essa atividade passa a ter um novo paradigma que envolve três pontos a serem destacados. Primeiro, a introdução de novas tecnologias, ponto bastante amplo que inclui desde novos materiais, insumos e técnicas de construção, mais industrializados, pré-fabricados ou pré-moldados, e mais eletrônicos, como janelas inteligentes - que reconhecem o caminho do sol, possuem sensores de luminosidade ou recebem comandos de aparelhos móveis - fechaduras inteligentes, entre outros, muitas vezes conectados, configurando um novo campo da Internet das coisas IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas). Segundo, a mudança na configuração do trabalho do elenco de especialistas envolvidos no empreendimento, que compõem a estrutura organizacional para a produção de um determinado edifício, com uma gradual substituição de um arranjo tradicional de especialização e linearidade do trabalho pelo arranjo interdisciplinar colaborativo e simultâneo. Terceiro, a introdução de novos instrumentos de criação, representação e documentação do edifício, que envolve a tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção).

O trabalho com a informação e o conhecimento apresenta-se como uma habilidade cada vez mais demandada para as organizações na sociedade atual, elemento fundamental para a tomada de decisão, imposta pela necessidade de produzir produtos e serviços com maior eficiência em busca da qualidade, competitividade e sustentabilidade. Esta mesma sociedade está também determinada pelas tecnologias de informação e pelas novas formas de representação do mundo real e imaginário. Entretanto, a presença destas tecnologias na produção de edifícios precisa significar alterações no fazer.

O conhecimento é matéria-prima para tomada de decisão e consequente desenvolvimento da indústria e em última análise da humanidade. Ele deve ser preservado, armazenado, organizado, recuperado e disponibilizado. A Ciência da Informação se ocupa de vários assuntos e um deles é a área de GOC (Gestão e Organização do Conhecimento).

As técnicas, habilidades e formas sistemáticas de manipulação, organização e gestão do conhecimento, produzido e disseminado nos mais diversos ambientes, são instrumentos usados na representação do conteúdo de documentos para fins de planejamento, armazenamento, organização, recuperação, disseminação e acesso, se utilizando dos recursos da tecnologia e gestão, estudo sobre os quais se dedica a GOC. O resultado de um KOS (*Knowledge Organization Systems* - Sistemas de Organização do Conhecimento) é um modelo do conhecimento, ou seja, descrições simplificadas da realidade de um dado domínio (TORRES; ALMEIDA; SIMÕES, 2017). O projeto e a construção de edifícios apresentam-se como um domínio do conhecimento que se transformou nos últimos tempos e que necessita de Gestão e Organização do Conhecimento produzido. Se dedica ao estudo da produção de edifícios envolvendo todas as etapas, trabalhando com o conhecimento e envolvendo todos os profissionais necessários para esta produção

Os recursos de informática, as novas tecnologias de informação e comunicação, a nova maneira de enfrentar o fenômeno da informação e do conhecimento e os novos paradigmas da produção de edifícios, presentes na sociedade contemporânea, estão sendo incorporados, de forma mais lenta e gradativa, na educação formal, no sentido de assimilar as novas concepções. O ambiente atual de desenvolvimento tecnológico e científico vem criando, nos educadores, a necessidade de adotar novos modelos de ensino que atendam às profundas modificações exigidas pela sociedade.

O objeto do presente trabalho está no cruzamento de três temas de pesquisa:

- 1- novos paradigmas da arquitetura e do projeto, construção e operação do edifício;
- 2- a disseminação da gestão e organização do conhecimento nas diversas áreas de atividade humana;
- 3- os novos desafios da educação formal em Arquitetura e Engenharia para atender às duas demandas anteriores.

O contexto desta pesquisa envolve diversos aspectos, distribuídos em várias áreas do conhecimento e da produção como: projetos de AEC (Arquitetura, Engenharia Civil e Construção); administração e gestão de projetos e obras de edifícios; computação gráfica e sistemas e softwares para projetos e obras; internet das coisas IoT; edifícios inteligentes, cidades inteligentes, vida inteligente; gestão e organização do conhecimento, gestão da informação e do conhecimento, trabalho colaborativo, representação do conhecimento, sistemas de organização do conhecimento, ontologias.

As práticas de GOC (Gestão e Organização do Conhecimento) apresentam-se como possibilidades para o desenvolvimento do projeto e construção de edifícios diante do novo paradigma, considerando essa nova realidade e suas dificuldades como um problema informacional. Entretanto, esse estudo não tem por objetivo responder a todas as questões que envolvem a gestão e organização do conhecimento no domínio de AEC.

Este trabalho vem da inquietude que acompanha o exercício profissional e acadêmico do uso de novas tecnologias para produção do edifício e falta de estrutura e formação para adequada gestão e organização do conhecimento, fundamental para correta tomada de decisão, e resultou em um problema que indicou a necessidade de pesquisa científica.

Pretende-se trabalhar nas interfaces entre a Ciência da Informação, especificamente a Gestão e Organização do Conhecimento, e o domínio AEC, especificamente o projeto e a construção de edifícios, dentro do modelo de desenvolvimento em rede: conectar tudo. O Tema da pesquisa relaciona-se com o modo como as organizações em AEC usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.

Este trabalho exploratório pretende ampliar a perspectiva de análise da produção atual de edifícios sob novo paradigma informacional, através do encadeamento do trabalho de diversos autores, e apontar ou evidenciar novas particularidades do tema. O projeto de edifícios é visto como um fenômeno informacional. As questões ligadas ao novo paradigma na produção de edifícios, e conseqüentemente produção de cidades, estão relacionadas ao novo paradigma informacional no qual vivemos, tanto de gestão do conhecimento (GIC - Gestão da Informação e do Conhecimento) quanto de organização do conhecimento (KOS). Representa um estudo sobre a informação e o conhecimento e seus fenômenos no âmbito da Ciência da Informação aplicado à Arquitetura e Urbanismo e à produção de edifícios e cidades. Discute a formação de profissionais com habilidades específicas para manipulação, organização e gestão do conhecimento produzido e disseminado necessárias para o novo ambiente em AEC.

Para Saracevic (1996, p.41) os problemas propostos é que definem um campo e a CI (Ciência da Informação) é um que envolve tanto pesquisa científica como prática

profissional. Este trabalho apoia-se na aproximação dos problemas contemporâneos da prática profissional em AEC e os métodos para solução de problemas escolhidos pela CI. A CI é interdisciplinar por natureza, está inevitavelmente ligada à tecnologia da informação e é participante ativa e deliberada na evolução da sociedade da informação (SARACEVIC, 1996, p.41).

Segundo Saracevic (1996, p.45), foi nos anos 1960 que surgiu o conceito de CI como um campo.

"CI é a disciplina que investiga as propriedades e o comportamento da informação, as forças que governam seu fluxo, e os meios de processá-la para otimizar sua acessibilidade e uso. A CI está ligada ao corpo de conhecimentos relativos à origem, coleta, organização, estocagem, recuperação, interpretação, transmissão, transformação e uso de informação... Ela tem tanto um componente de ciência pura, através da pesquisa dos fundamentos, sem atentar para sua aplicação, quanto um componente de ciência aplicada, ao desenvolver produtos e serviços." (BORKO, 1968)

Um sistema de conhecimento é composto pelas pessoas que são processadoras de informações, os documentos que são suportes de informações e os tópicos que são representações. O tempo é a variável comum e importa o ciclo de vida e a dinâmica de interação entre eles (KOCHEN, 1974)

Saracevic (1996, p.60) argumenta que a CI tem a missão de tornar o trabalho com o conhecimento mais acessível ao demais campos, que apesar da aplicação da TI (Tecnologia da Informação) na solução dos problemas informacionais existir a despeito da existência da CI, esta apresenta contribuições que influenciam o modo como a informação é manipulada e permite uma maior compreensão da questão, desenvolvendo um volume organizado de conhecimentos e competências profissionais ligados às questões informacionais.

O presente trabalho é um estudo panorâmico sobre aspectos da ciência da informação (CI) e da produção de edifícios, apontando recentes contribuições em quatro de suas possíveis interseções: Gestão da informação e do conhecimento (GIC), Colaboração, Ontologia, KOS.

A pesquisa busca possibilitar avanços em um campo estratégico para a sociedade, a AEC ou Construção Civil, que está diretamente relacionada a dois campos igualmente importantes: desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente.

1.1 Problema

Um problema emerge quando os conhecimentos disponíveis sobre determinado tema não são suficientes para explicar um fenômeno (GIL, 2008, p.12). Considerando que os novos paradigmas da produção de edifícios são fenômenos informacionais, a Ciência da

Informação, mais especificamente a GOC, pode ajudar a esclarecer as características e a dinâmica deste fenômeno. Arquitetos, Engenheiros e profissionais envolvidos em AEC estão diante de um novo modelo de produção que deve ser tratado como fenômeno informacional e torna-se importante preparar os profissionais em AEC para o novo paradigma e os novos tempos: a era do conhecimento.

Para entender o problema deve-se considerar os seguintes pressupostos:

- A necessidade da mudança na maneira de pensar o projeto, a construção e a operação de edifícios.
- O uso de outro tipo de tecnologia que passa a priorizar a informação.
- Os existência de softwares atuais para AEC que apresentam possibilidade de GOC.
- A complexidade de implementação da tecnologia pelos profissionais, Arquitetos e Engenheiros.
- A ausência de formação em GOC dos profissionais em AEC.
- A existência de uma demanda de se apropriar dos conceitos de GOC para produção do edifício.
- A possibilidade de se reunir num único corpo teórico AEC e GOC.

O tratamento integrado das bases de dados heterogêneos na AEC é complexo pois que tem como grande problema a ausência de padronização.

Nesta pesquisa foram relacionados instrumentos de GOC tecnologias de AEC.

- GIC – colaboração, projeto simultâneo, BIM
- IoT – gestão de novas informações
- Ontologia, KOS – interoperabilidade entre sistemas

Este trabalho apresenta o seguinte problema de pesquisa: Como melhorar a produção de edifícios diante dos novos paradigmas informacionais, que envolvem Modelagem de Informação da Construção (BIM), projeto colaborativo e simultâneo, internet das coisas, edifícios inteligentes e cidades inteligentes, com a contribuição da Gestão e Organização do Conhecimento?

Para Quivy e Campenhoudt (2005, p.13) a problemática “equivale a elaborar uma nova forma de encarar um problema e propor uma resposta original à pergunta de partida”. O presente trabalho segue a orientação de que a dificuldade de trabalho e aprendizagem na produção de edifícios hoje, com a utilização de Modelagem de Informação da Construção e novas tecnologias, de forma interdisciplinar, é um fenômeno informacional, portanto, de interesse da Ciência da Informação, ligado à dificuldade, enfrentada por Arquitetos e Engenheiros e demais profissionais, de lidar com a Gestão e Organização do Conhecimento e com o trabalho colaborativo, em função da falta de uma formação acadêmica adequada.

Como pontos centrais no desenvolvimento de produtos na produção de edifícios estão a utilização generalizada da tecnologia da informação e a necessidade de práticas de Gestão e Organização do Conhecimento.

Neste trabalho os novos paradigmas da produção de edifícios são fenômenos informacionais e a aplicação dos conceitos, estratégias e práticas da Gestão e Organização do Conhecimento (GOC), de GIC, KOS e trabalho colaborativo podem facilitar os processos de trabalho e aprendizagem na produção de edifícios, impactando nas estratégias a serem utilizadas nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, e, conseqüentemente, melhorar a formação dos profissionais.

1.2 Objetivos

Este estudo propõe atender ao objetivo geral e aos objetivos específicos listados a seguir.

O objetivo geral consiste em propor diretrizes para produção de edifícios, considerando seu novo paradigma como fenômeno informacional, no contexto da Arquitetura, Engenharia Civil e Construção.

Os objetivos específicos deste trabalho estão listados a seguir:

- Descrever e caracterizar novos paradigmas da arquitetura e do projeto, construção e operação do edifício, e as especificidades da representação espacial.
- Reunir e discutir os fundamentos teóricos e metodológicos sobre a GOC, notadamente a colaboração em GIC e as ontologias em KOS, aplicáveis ao domínio da Arquitetura, Engenharia Civil e Construção.
- Comparar e desenvolver as relações entre as necessidades apresentadas pelos paradigmas da produção de edifícios e a Gestão e Organização do Conhecimento.

1.3 Justificativa

A justificativa para a realização desta pesquisa está na necessidade de reunir estudos sobre as teorias e metodologias de GOC, contribuindo com o seu desenvolvimento e atendendo às necessidades recentes da produção de edifícios no domínio de AEC.

Insere-se no PPG-GOC a partir da orientação de caráter aplicado e multidisciplinar do programa, trazendo as demandas informacionais de uma área específica e carente de instrumentos para gestão do conhecimento. O Programa, em seu sítio na WEB, apresenta a busca por compreender e promover a pesquisa considerando três interesses contemporâneos: a conexão e interação entre equipamentos e artefatos via rede e internet das coisas; a urgência de tornar útil o gigantesco número de fontes de informação e conhecimento

heterogêneas; e finalmente a necessidade de aprimoramento da gestão do conhecimento no âmbito das organizações, e promover melhorias no projeto, modelagem e gestão de sistemas de informação (PPG-GOC²). Esses interesses vêm ao encontro das aflições vividas pelos profissionais de AEC. O edifício e a cidade já não são feitos apenas de materiais e artefatos inertes em termos de informações. Várias partes deles, e um número cada vez maior, produzem, compartilham e utilizam informações e o problema da interoperabilidade aparece. Também é possível observar o aumento da complexidade dos projetos, da quantidade e diversidade de profissionais envolvidos, trazendo explosão das fontes e receptores de informação. Finalmente, as organizações em AEC apresentam-se com carência de evolução da gestão do conhecimento.

A informação é uma das mais importantes matérias-primas para uma sociedade sustentável e o conhecimento o principal mecanismo. A área de AEC está carente de desenvolvimento e melhorias do uso e das necessidades de informação, considerando as novas aplicações de tecnologias informacionais. Assim, a CI tem uma responsabilidade social de auxiliar na busca de soluções para o problema de acesso ao conhecimento para aqueles que dele necessitam considerando-a como área dedicada à pesquisa e à prática profissional orientadas para solução dos problemas de comunicação e conhecimento nos contextos social, institucional e individual (SARACEVIC,1996).

No contexto da GOC, estudos sobre GIC, KOS e ontologia podem oferecer soluções efetivas aos usuários da indústria de AEC, por intermédio da estruturação, organização e gestão do conhecimento para utilização de BIM, IoT e *smart building / cities / life*.

Para Almeida et al (2017) estudiosos de diferentes áreas têm constituído para o movimento denominado *i-School (Information Schools)*, cujo interesse está em estudar o fenômeno da informação “com ênfase na interdisciplinaridade e sob diferentes abordagens para atender às demandas da sociedade, unindo três importantes elementos: informação, tecnologia e pessoas”. No âmbito desta pesquisa, a intensão foi pesquisar sobre a interação entre as pessoas, todos os profissionais envolvidos na cadeia produtiva de edifícios - arquitetos, engenheiros, construtores, fornecedores, clientes, usuários, cidadãos - e a tecnologia presente no novo momento pelo qual vive a AEC - BIM, IoT, KOS, Ontologias - através da satisfação das necessidades de informação desta população. A principal preocupação e estímulo para esta pesquisa foi a importância da necessidade informacional das pessoas na nova indústria de AEC, na tentativa de melhorar os serviços de informação para elas disponibilizado.

² <http://ppggoc.eci.ufmg.br/programa/bem-vindo-ao-futuro/>

Destaca-se que os novos paradigmas informacionais da produção de edifícios apresentam a tecnologia como infraestrutura informacional e onde convivem relações de interação entre humano-humano, entre profissionais, humano-informação e humano-máquina.

Em relação à dimensão pessoal, registra-se que o doutorando é graduado em Arquitetura e Urbanismo, mestre em Engenharia de Produção - área de concentração mídia e conhecimento – e professor de Arquitetura e Urbanismo na PUC Minas e na Universidade FUMEC. Atua nas áreas de projeto de Arquitetura, representação digital, design digital e BIM. Vivencia a dificuldade de trabalho e aprendizagem relacionados aos novos paradigmas da produção de edifícios. Este trabalho proposto também se alinha com a participação em pesquisas desenvolvidas nos últimos anos³.

3

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva; PALHARES, Sérgio Ricardo **O uso de tecnologia digital contemporânea como facilitador da motivação dos estudantes nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil**, 2018. (Relatório de pesquisa)

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva; PALHARES, Sérgio Ricardo **A tecnologia BIM (modelagem de informação da construção) e aprendizagem integrada de projetos de edifícios**, 2017. (Relatório de pesquisa)

MENEZES, Alexandre Monteiro; VIANA, Maria de Lourdes Silva ; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio ; PALHARES, Sérgio Ricardo . **Projeto Simultâneo: a adequação (ou não) da formação profissional ao mercado da construção civil**. 2016. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva; PALHARES, Sérgio Ricardo. **Tecnologia BIM e Engenharia Simultânea: Uma Experiência de Ensino em Projeto de Edificações**. 2014. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva; PALHARES, Sérgio Ricardo. **CAD e BIM: Evolução ou Revolução?**. 2013. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; VIANA, Maria de Lourdes Silva; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio ; PALHARES, Sérgio Ricardo. **O Impacto da Tecnologia BIM no Ensino e na Prática de Projetos de Edificações**. 2012. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva ; PALHARES, Sérgio Ricardo. **O suporte da tecnologia BIM às teorias contemporâneas no ensino de projeto de edificações**. 2011. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva; PALHARES, Sérgio Ricardo. **Comunicação gráfica entre profissionais parceiros e suas consequências na etapa de construção de edifícios**. 2010. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva ; PALHARES, Sérgio Ricardo. **Comunicação Gráfica entre Profissionais Parceiros no Projeto de Edifícios, na Era Digital**. 2009. (Relatório de pesquisa).

MENEZES, Alexandre Monteiro; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; VIANA, Maria de Lourdes Silva . **Relação e comunicação entre o projeto de arquitetura e o projeto de estruturas na construção de edifícios, diante das novas tecnologias informáticas**. 2008. (Relatório de pesquisa).

SILVA, Margarete Maria de Araújo; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. **Detalhamento Construtivo de Alvenarias com Utilização de Modelagem Tridimensional Informatizada**. 2000. (Relatório de pesquisa).

Pierre Lévy (1998) fala da necessidade de investimentos: “Quando colocados diante de um novo fundo, situados pela mudança técnica numa perspectiva inédita, problemas muito antigos vêem seu significado alterar-se e precisam ser repensados com novos investimentos.” (LÉVY, 1998, p.9).

1.4 Metodologia

A pesquisa pode ser classificada, de acordo com o exposto por Gil (2010) sobre metodologia de pesquisa científica, como descrito a seguir.

Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como **pesquisa aplicada**, que se caracteriza por seu interesse prático e com resultados possíveis de serem aplicados imediatamente na solução de problemas da realidade. Ao investigar as interfaces entre a ciência da informação e os novos paradigmas do projeto de edifícios, foram gerados conhecimentos para aplicações práticas diretas com a utilização de práticas da Ciência da Informação para o domínio AEC.

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa pode ser classificada como **pesquisa qualitativa**, visto que o trabalho com a relação entre a Ciência da Informação e os novos paradigmas do projeto de edifícios não pode ser traduzido em números, analisando conceitos e relações. Caracteriza-se pela qualificação dos dados coletados durante a análise do problema, quando se lida com variáveis de difícil quantificação.

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como **pesquisa exploratória**, que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com um problema, para torná-lo mais explícito (GIL, 2010). Objetivou propiciar uma maior intimidade e domínio do tema, e envolveu substancialmente levantamento bibliográfico e análise de conceitos, teorias, relações e exemplos. Desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias foram os propósitos mais importantes, para possibilitar um panorama acerca do fato (Gil, 2008, p.27). Considerando que o tema escolhido é bastante abrangente, busca-se esclarecimentos e delimitação. O produto deste processo passa a ser um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizado.

1.5 Estrutura da tese

A presente tese está estruturada em 6 capítulos, organizados da seguinte maneira: no capítulo 1 é apresentada a introdução, incluindo antecedentes, a delimitação do problema, os objetivos, a justificativa, a metodologia empregada e a estrutura da tese.

No capítulo 2 são apresentados os elementos e tecnologias do novo paradigma da arquitetura e do projeto, construção e operação do edifício, ou seja, o domínio de AEC,

seus aspectos, modelos, desafios e perspectivas. Busca-se compreender os significados e as diferenças entre os termos, e a importância de cada um no objetivo final.

No capítulo 3 é exposto os instrumentos e conceitos que envolvem a GOC enfocando alguns aspectos relevantes sobre os que serão aplicados ao domínio de AEC.

No capítulo 4 são elaboradas e discutidas as relações entre os elementos, parte importante da metodologia de pesquisa adotada.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos na pesquisa e as diretrizes propostas para produção de edifícios, considerando seu novo paradigma, como fenômeno informacional, no contexto da AEC.

Finalmente, no capítulo 6 são apontados comentários finais e destacados os principais aspectos e contribuições com propósito de conclusão do trabalho.

Parte desta tese está fundamentada na pesquisa de mestrado realizada por Pereira Junior (2001) e em pesquisas e publicações do autor.

O presente trabalho foi publicado em sete artigos e oito publicações ao longo de seu desenvolvimento, conforme lista que segue, apresentados no QUADRO 1:

- PEREIRA JUNIOR; BARACHO, 2015.
- PEREIRA JUNIOR; BARACHO; PORTO, 2016.
- PEREIRA JUNIOR; BARACHO; ALMEIDA, 2016.
- BARACHO; PEREIRA JUNIOR; ALMEIDA, 2017.
- BARACHO; TEIXEIRA; PEREIRA JUNIOR, 2017.
- BARACHO; CUNHA; PEREIRA JUNIOR, 2018a.
- BARACHO; CUNHA; PEREIRA JUNIOR, 2018b.
- BARACHO; SOERGEL; PEREIRA JUNIOR; HENRIQUES, 2019.

QUADRO 1 – Artigos publicados ao longo do desenvolvimento do trabalho

Publicação	Título	Autores	Meio	Ano	Temas
4o. Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação	Relações entre a Gestão da Informação e do Conhecimento e uso de Sistemas BIM por Arquitetos e Engenheiros	PEREIRA JUNIOR, M. L.; BARACHO, R. M. A.	Anais	2015	GIC BIM
XVII ENANCIB 2016	A gestão da informação e do conhecimento, o trabalho colaborativo e o uso da tecnologia BIM por arquitetos e engenheiros	PEREIRA JUNIOR, M. L.; BARACHO, R. M. A.; PORTO, M. F.	Anais	2016	GIC BIM Colaboração
XVII ENANCIB 2016	Ontologia no suporte a modelagem da informação da construção (BIM): um estudo exploratório sobre a inter-relação entre as tecnologias envolvidas	PEREIRA JUNIOR, M. L.; BARACHO, R. M. A.; ALMEIDA, M. B.	Anais	2016	Ontologia KOS BIM
Ontobras 2017	Ontologia, Internet das Coisas e Modelagem da Informação da Construção (BIM): Estudo Exploratório e a Inter-relação entre as Tecnologias	BARACHO, R. M. A.; PEREIRA JUNIOR, M. L.; ALMEIDA, M. B.	Proceedings	2017	Ontologia KOS IoT BIM
Ciência da Informação - Ibict	Ontologias como suporte a modelagem da informação na arquitetura, engenharia e construção	BARACHO, R. M. A.; TEIXEIRA, L. M. D.; PEREIRA JUNIOR, M. L.	Periódico	2017	Ontologia KOS IoT BIM
IMCIC 2018 - 9th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics	Information modeling and information retrieval for the Internet of Things (IoT) in Buildings	BARACHO, R. M. A.; CUNHA, I. B. A.; PEREIRA JUNIOR, M. L.	Proceeding, Journal	2018	Recuperação da informação KOS IoT BIM
JSCI 2018 - Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics					
IMCIC 2019 - 10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics	Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities / Smart Buildings / Smart Life	BARACHO, R.M.A.; SOERGEL, D.; PEREIRA JUNIOR, M. L.; HENRIQUES, M. A. A	Proceedings	2019	Ontologia KOS BIM Smart buildings Smart Cities Smart Life

Fonte: Elaborado pelo autor.

2 NOVO PARADIGMA DA ARQUITETURA E DA PRODUÇÃO DO EDIFÍCIO

Neste capítulo buscou-se reunir subsídios teóricos que permitam a compreensão do domínio de AEC, principalmente no que se refere ao projeto, representação e produção de edifícios. Objetiva-se apresentar um panorama da área, sua evolução no tempo e seus marcos históricos, principais instrumentos e metodologias, especialmente o que se refere aos elementos e tecnologias do novo paradigma do projeto e construção do edifício, incluindo aspectos, modelos, desafios e perspectivas. Para descrever e caracterizar esse novo paradigma, torna-se importante apresentar as especificidades da representação espacial, envolvendo: arquitetura, projeto e desenho, documentação do edifício, evolução da comunicação gráfica entre profissionais de projeto de edifícios, começando pelo desenho analógico, passando pela evolução da tecnologia CAD até a tecnologia BIM, a influência da informática, da informação e do conhecimento, a transposição do CAD para o BIM, a sustentabilidade, a internet das coisas IoT, o edifício inteligente, as cidades inteligentes, e a vida inteligente. Alguns conceitos precisam ser colocados em comparação a outros, como arquitetura e projeto, projeto e desenho, desenho e forma, CAD e BIM, trabalho autoral ou colaborativo, edifício, cidade ou vida inteligentes.

Paradigma pode ser entendido como um exemplo ou a representação de um padrão a ser seguido. É um conceito que define um exemplo típico ou modelo de algo. Capurro (2003, p.4) refere-se ao conceito de paradigma: “um modelo que nos permite ver uma coisa em analogia a outra”. Assim, um novo paradigma vem da crise produzida no momento que se atinge o limite da analogia, segue o período revolucionário, a revolução científica.

2.1 Arquitetura, projeto e desenho

O objeto da Arquitetura é o espaço construído e seu caráter é essencialmente propositivo. Considera-se que a linguagem arquitetônica se manifesta no objeto construído, ou seja, a Arquitetura se expressa para a sociedade enquanto construção materializada e utilizada, com todas as suas características e complexidade. A produção da Arquitetura, preocupada com a organização do espaço, o processo construtivo, a função utilitária e seu significado, envolve a criação, processo intelectual e intuitivo, e a execução da obra arquitetônica, processo tecnológico e material; inicia-se pela imaginação, a formação e construção de imagens mentais, chegando à finalização material e tridimensional. A proposição arquitetônica é, portanto, uma resposta espacial a uma demanda da sociedade, das pessoas.

Definir o que seja Arquitetura, tal como ela significa na atualidade, é como tentar fazê-lo para as demais artes, técnicas ou ciências, pois, em um mundo complexo e sujeito a mudanças tão aceleradas, a dinâmica da vida torna indispensável um constante reexame do pensamento teórico e prático. Entretanto, há um notável consenso sobre a definição dada a seguir, conforme foi sugerida já em 1940 pelo Arquiteto e Urbanista Lúcio Costa (1902-1998):

"Arquitetura é antes de mais nada construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto desde a germinação do projeto até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa, - cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada" (COSTA, 1940).

Assim, para Lucio Costa, a produção arquitetônica em um determinado local, para uma determinada sociedade e em uma determinada época está ligada diretamente, de forma dependente, a este local, estas pessoas e esta época, e principalmente, ao objetivo, às técnicas e aos recursos disponíveis.

Claro que Costa se referia ao conhecido em termos de sociedade, técnicas e objetivos em 1940, quando o movimento moderno estava mudando o fazer a Arquitetura em sua época.

Mas considerando estas definições atualmente, pode-se perceber que se está diante de outras pessoas, outra organização social, pessoas conectadas e cheias de tecnologia por todo lado. Também os objetivos da Arquitetura são outros e as técnicas disponíveis vão além das técnicas e materiais construtivos contemporâneos, e perpassam o imaterial, o *Bigdata* e a vida inteligente. Pode-se dizer que uma nova Arquitetura está em curso.

O projeto arquitetônico, por sua vez, apresenta-se como meio de ligação entre a criação e a execução da Arquitetura, tornando possível a transmissão de uma ideia, antes de sua concretização, para todos os interessados: usuários, clientes e profissionais envolvidos na sua construção, incluindo aqueles vinculados ao desenvolvimento dessa ideia, como os projetos complementares, ao trâmite legal, como aprovações nos diversos órgãos públicos e de fiscalização, e à construção material final. Pode-se dizer, portanto, que a produção arquitetônica não se inicia nem termina no projeto. Este é um dos elementos componentes do complexo processo de busca de uma determinada resposta espacial e construtiva.

Silva, Pereira Junior e Santos (2001) apontaram uma frequente e progressiva dissociação entre o projeto e a produção dos edifícios no final do século passado, trazendo um esvaziamento das questões afetas à sua própria materialidade. Muitas das decisões que deveriam estar incorporadas na fase de projeto foram transferidas para a fase de construção dos edifícios, e aspectos materiais do construir, que deveriam orientar a ideia arquitetônica do edifício, ficaram fora das considerações de projeto.

Os novos paradigmas da arquitetura e do projeto e produção de edifícios vem ao encontro da necessidade de um resgate do domínio da materialidade do edifício por parte do projeto, restabelecendo o conteúdo dos projetos baseado na construtibilidade, racionalização de processos construtivos, controle das interferências entre os sistemas prediais, gestão da qualidade e evolução tecnológica. Este resgate da materialidade não apenas no domínio do material físico, mas também da inserção de cada edifício na rede informacional que representa a cidade inteligente.

O projeto arquitetônico é uma das etapas de um projeto de edifícios, definido por uma norma brasileira da ABNT, especificamente, a NBR 13.531 e NBR 13.532.

“Conclui-se este trabalho definindo a seguinte conceituação para o termo projeto: atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução. O projeto é entendido aqui como uma parte de um processo maior, que leva à geração de produtos, no caso, edifícios. Sendo assim, para que se possa evoluir em busca da qualidade, a organização do processo de projeto dentro dos empreendimentos é fundamental. A implantação de uma nova metodologia visando a qualidade do projeto deve estar inserida em um programa mais amplo da qualidade nas empresas; a busca da qualidade do projeto não deve nunca ser uma ação isolada” (MELHADO; AGOPYAN, 1995)

O termo desenho é aqui utilizado para a representação gráfica da Arquitetura, e não como sinônimo para a forma arquitetônica. Alguns autores, ao contrário, utilizam-se do termo desenho em referência à concepção do objeto. Wong (1998, p.41) diz que “a cadeira bem desenhada não só tem uma aparência exterior agradável, mas também se mantém firme sobre o chão e proporciona conforto para quem quer que se sente nela”, referindo-se, com o termo “bem desenhada”, à forma da cadeira e não à sua representação. Optou-se por utilizar o termo forma para designar as características do objeto, não só como ele é visto, mas também suas proporções, texturas e cores. Já o termo desenho será usado como representação das formas de um objeto, real ou a construir, sobre uma superfície, papel ou tela, por meio de linhas, pontos ou manchas.

O desenho, manifestação de nosso sistema de linguagem, sempre foi tradicionalmente a principal materialização do projeto arquitetônico. Não são sinônimos

porque o projeto pode agregar outras maneiras de expressão, como maquetes, textos, vídeos, fotografias, planilhas, cálculos. O desenho apresenta-se como meio e não fim para o projeto de Arquitetura, mas necessário, utilizando uma linguagem gráfica para a expressão de uma ideia.

Novamente, os novos paradigmas da arquitetura e do projeto e produção de edifícios colocam em xeque a necessidade do desenho como materialização do projeto, o que ainda está consolidado nas leis, normas e prática vigentes. Se é possível ter um modelo virtual tridimensional completo e acessível do edifício, qual a função do desenho é a pergunta que fica.

Historicamente, pode-se identificar várias possibilidades de utilização do desenho na cultura humana: como expressão artística, como instrumento para testar intenções criativas nas mais diferentes áreas, ou como instrumento para representar, no plano, o espaço tridimensional. No projeto arquitetônico essas três possibilidades estão presentes de maneira concomitante e, nos cursos de Arquitetura, algumas disciplinas se especializaram em cada uma delas. O conteúdo Desenho Projetivo, presente ainda em muitos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, por exemplo, desenvolve basicamente o desenho como instrumento para representar o espaço tridimensional. É uma linguagem não natural que faz uso de símbolos e convenções para representar objetos da realidade, passada, presente ou futura. O desenho e o domínio da geometria estão na lista de competências e habilidades a serem desenvolvidas nos estudantes, previsto nas Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, em vigor desde 2010 (BRASIL, 2010).

Os objetos reais são elementos tridimensionais. Dentre esses objetos que compõem nosso mundo estão os objetos arquitetônicos. A Arquitetura é, portanto, essencialmente tridimensional. Para Wong (1998, p.238) “Para entender um objeto tridimensional, teremos de observá-lo de diferentes ângulos e distâncias e recompor as informações em nossas mentes para obter uma compreensão completa de sua realidade tridimensional”. Em contrapartida, é possível pensar num mundo bidimensional, essencialmente uma criação humana, como por exemplo, as artes gráficas, logotipos, logomarcas, painéis *out-doors*, e a própria escrita, elementos que para sua existência necessitam de apenas duas dimensões.

O que vem a ser, então, “desenho bidimensional” e “desenho tridimensional”? Esses termos, que são constantemente utilizados principalmente nos discursos orais, apresentam inconsistências que merecem ser discutidas. É comum a utilização do termo “desenho bidimensional” em referência às projeções ortogonais de um objeto tridimensional: plantas, cortes e elevações (MENEZES, 1998). Em contrapartida, o termo “desenho tridimensional” é muitas vezes utilizado em referência às perspectivas, cilíndricas ou cônicas,

nas quais são representadas mais de uma face do objeto, e até mesmo para vistas em tela de um modelo virtual tridimensional.

Entretanto, deve-se considerar que toda representação em papel, ou qualquer outro plano, a tela por exemplo, apresenta-se em apenas duas dimensões. Assim, todo desenho é bidimensional por natureza, em função do meio, seja representando um objeto bidimensional ou um objeto tridimensional, seja em projeção ortogonal ou cônica. Isto inclui o uso do computador, no qual a imagem que aparece no monitor de vídeo ou em meio impresso é plana, mesmo considerando que o objeto pode ser modelado tridimensionalmente, ou seja, com suas propriedades tridimensionais guardadas em sua memória. Portanto, o termo “desenho bidimensional” apresenta-se com uma caracterização redundante, excessiva, logo desnecessária. Basta dizer “desenho”. E o termo “desenho tridimensional” apresenta-se, por sua vez, como um conceito dúbio, ambíguo, retirando a força e a especificidade das palavras. Nessa análise, a verdadeira representação tridimensional é a maquete física ou uma impressão 3D.

A dispensabilidade do uso dos termos “desenho bidimensional” e “desenho tridimensional” pode ser reforçada considerando que o desenho de Arquitetura é um desenho de objetos tridimensionais executado sobre o plano. Assim, tanto as perspectivas, quanto as projeções ortogonais principais (plantas, cortes e elevações) poderiam ser chamadas de “desenho tridimensional” no sentido de “uma projeção, sobre um plano, de objetos tridimensionais”. Como não se tem, portanto, uma classificação ou diferenciação dos tipos de projeção, novamente não há contribuição no uso desse termo, bastando dizer desenho num contexto de discussão de Arquitetura, ou desenho de Arquitetura num contexto geral. Para a diferenciação dos tipos de projeção, o termo perspectiva em contraposição aos termos projeções ortogonais ou vistas principais apresentam-se como mais adequados, sem a necessidade da criação de conceitos que trazem dúvidas.

Dessa discussão, é importante concluir que a representação gráfica tradicional da Arquitetura é composta por desenhos projetivos de um objeto tridimensional, incluindo perspectivas, plantas, elevações, cortes; representam sempre um objeto com três dimensões, mesmo que uma dessas dimensões não fique explicitada no desenho, mas ela existe e pode ser imaginada. Observa-se a importância de se considerar o uso integrado de mais de uma projeção, cada uma com suas características e utilidade. Historicamente a desintegração entre os diversos tipos de projeções foi um erro. O desenho de Arquitetura é incompleto por natureza, e exige, para sua execução e entendimento, a capacidade de visualizar mentalmente a forma tridimensional, girá-la abstratamente em todas as direções, utilizando necessariamente mais de uma projeção. Exatamente a necessidade dessa abstração, que envolve a capacidade de entendimento do objeto tridimensional a partir da manipulação de

desenhos, que exige uma habilidade chamada de visão ou inteligência espacial, é que torna o processo de projeto e construção suscetível a erros, quando o processo é desenvolvido de forma tradicional. Uma das contribuições da tecnologia BIM vem no sentido da modelagem e da análise ou leitura do objeto virtualmente em 3D, preciso e por inteiro, dependendo talvez um pouco menos dessa habilidade espacial por parte dos profissionais envolvidos, mesmo considerando uma tela como interface de saída.

Portanto, a questão fundamental que envolve a representação gráfica da Arquitetura, e de muitas outras áreas de aplicação do desenho, é o fato dos objetos serem tridimensionais e o meio de representação ser bidimensional: o plano do papel ou tela. Isso exige um grau de abstração dos envolvidos na comunicação, pois utiliza o conceito de projeção para formalizar essa representação. E mesmo com os recursos da modelagem tridimensional virtual o problema não foi eliminado. Apesar de o computador permitir a criação de um modelo tridimensional, os recursos mais utilizados de apresentação desse modelo para o homem ainda são bidimensionais: a tela plana do monitor de vídeo ou o papel da impressora. O trabalho continua em apresentações planas, apesar de o modelo possuir os atributos que teria no mundo real. Contudo, com a modelagem da informação da construção o problema pode ser fortemente minimizado com a associação de parâmetros e propriedades informacionais e relacionais das entidades construtivas, presentes e disponíveis na tecnologia BIM. As interferências entre os sistemas prediais podem ser, por exemplo, trabalhadas e gerenciadas via *software*, sem a necessidade de uma visualização humana para descobrir conflitos.

Piaget (1993) abordou o estudo da representação do espaço na criança e classificou os espaços em topológico, euclidiano e projetivo, constatando que o espaço infantil começa por intuições topológicas elementares para posteriormente tornar-se euclidiano e projetivo. As noções espaciais fundamentais na criança são topológicas, ou seja, baseiam-se nas correspondências qualitativas bi contínuas que recorrem aos conceitos elementares de vizinhança, separação, envolvimento, ordem, ignorando a conservação das distâncias e as relações projetivas. A construção do espaço se dá inicialmente pela percepção, considerando os objetos em si mesmos.

O passo seguinte no desenvolvimento da criança envolve o modo de coordenação dos objetos entre si. O espaço topológico inicial é interior a cada objeto, exprimindo propriedades intrínsecas, em oposição às relações espaciais entre diversos objetos, presentes no espaço projetivo e euclidiano onde se pode situar os objetos e suas configurações uns em relação aos outros, segundo sistema de conjuntos: projeções, perspectivas, coordenadas, eixos. Por isto, as estruturas projetivas e euclidianas são mais

complexas e de elaboração mais tardia. Segundo o autor, o espaço projetivo e o espaço euclidiano são elaborados independentemente um do outro a partir do espaço topológico.

No espaço euclidiano, os objetos deixam de ser considerados em si mesmos e trabalha-se as coordenações entre os objetos como tais, a partir de relações métricas segundo um sistema de coordenadas de referência. Os eixos de coordenadas organizam o espaço, criando um contexto espacial do qual fazem parte os objetos.

No espaço projetivo, os objetos deixam de ser considerados em si mesmos e passam a ser analisados relativamente a um ponto de vista, envolvendo a coordenação entre os objetos espaciais e entre eles e o observador, ou coordenação dos pontos de vista. No espaço euclidiano a referência é o sistema de coordenadas e as formas são percebidas como elas são, enquanto no espaço projetivo a referência é um conjunto de planos de projeção e as formas são percebidas em relação a um ponto de vista, projetadas sobre um plano e sofrendo modificações em relação à forma do objeto a ser representado.

Os tipos de projeção são determinados pelos diversos arranjos possíveis da relação entre o objeto, o ponto de vista e o plano de projeção, compondo o universo da geometria projetiva. As projeções se dividem em dois grupos, projeções cônicas e cilíndricas, definidas pela posição do ponto de vista, ou centro de projeção, em relação ao espaço ocupado pelo objeto e pelo plano de projeção. Num sistema de projeções cônicas tem-se o ponto de vista real ou próprio, ou seja, situado em um ponto com um grau de proximidade com o objeto, gerando retas projetantes (raios de projeção) divergentes, enquanto num sistema de projeções cilíndricas tem-se o ponto de vista virtual ou impróprio, situado no infinito, gerando retas projetantes paralelas.

As projeções cônicas são sempre chamadas de perspectivas, inclusive nos *softwares* de modelagem tridimensional ou BIM, e as variações decorrem do posicionamento do objeto com relação ao plano de projeção ou quadro. Na perspectiva cônica, o objeto tem sua forma determinada e legível com apenas uma projeção, ou seja, com apenas um ponto de vista pode-se perceber a forma geral do objeto, como na fotografia, facilitando o entendimento do objeto através de uma visão de conjunto, principalmente para um público leigo. Contudo, as formas, faces e arestas, sofrem deformações na representação. Na realidade, poucas são as arestas que mantêm a verdadeira grandeza, apenas aquelas que pertencem ao plano de projeção, bem como poucas são as direções que mantêm suas arestas paralelas na perspectiva. Privilegia, portanto, as características visuais em detrimento das geométricas.

As projeções cilíndricas geram sempre vistas paralelas, nomenclatura usada nos *softwares* gráficos, ou seja, arestas paralelas no espaço permanecem paralelas nas projeções, ao contrário das projeções cônicas nas quais algumas arestas paralelas no espaço

apresentam-se convergentes para um ponto, chamado ponto de fuga. As projeções cilíndricas sofrem uma primeira divisão segundo a relação entre observador e plano de projeção. Nas projeções cilíndricas oblíquas, a direção das retas projetantes, ou seja, das retas visuais do observador é oblíqua ao quadro, gerando as perspectivas chamadas de cavaleira – sobre plano de projeção vertical – e militar – sobre plano de projeção horizontal. Já nas projeções cilíndricas ortogonais, a direção das retas projetantes é ortogonal ao quadro. Estas últimas, por sua vez, são divididas em função do posicionamento do objeto em relação ao plano de projeção. Quando o objeto é posicionado de forma a não apresentar nenhuma das três faces principais paralelas ao quadro (plano de projeção), todas se apresentam visíveis, tornando a figura inteligível com apenas uma projeção. Por isto são chamadas também de perspectivas – axonométricas ortogonais, divididas em trimétrica, dimétrica e isométricas, estas últimas muito comuns de serem configuradas nos *softwares* de modelagem 3D. Entretanto, quando o objeto é posicionado de forma a apresentar uma das faces paralelas ao quadro, as outras duas faces principais não aparecem. Nesse caso tem-se as vistas ortogonais principais do objeto, ou vistas superior, frontal, laterais esquerda e direita, posterior e inferior, estudadas na disciplina de desenho projetivo, tendo como base teórica a geometria descritiva, que dão origem aos desenhos técnicos – desenho arquitetônico, mecânico, topográfico, entre outros – nos quais recebem outros nomes como plantas, elevações ou fachadas. Nesses casos, a forma dos objetos não se apresenta com legibilidade completa observando-se apenas uma projeção, fato que gerou a geometria de Gaspar Monge, que prevê no mínimo duas projeções ortogonais entre si para descrever com precisão os objetos.

Essas projeções cilíndricas ortogonais do desenho projetivo, por considerar o ponto de vista no infinito e por consequência raios projetantes paralelos entre si e perpendiculares ao plano de projeção, apresentam as faces e arestas do objeto que estão paralelas ao plano de projeção em verdadeira grandeza, ou seja, as medidas e os ângulos iguais à figura de origem. Essa é a característica que confere a esse tipo de projeção a facilidade de execução, bem como seu potencial de utilização em obra, devido à utilização direta das medidas de distâncias e ângulos e a dedução das deformações pelo método geométrico. Entretanto, as faces e arestas perpendiculares ao plano de projeção são reduzidas, respectivamente a uma reta e um ponto, o que diminui a compreensão da forma geral do objeto e exige o trabalho concomitante com mais de uma projeção. Para o entendimento do volume do objeto, tem-se que coordenar as informações extraídas em duas ou até mais projeções ortogonais. Portanto, são desenhos de fácil escrita ou execução, mas de difícil leitura, que necessita de habilidades na coordenação das relações projetivas em mais de um ponto de vista. Privilegia, assim, as características geométricas do objeto, em detrimento das características visuais; é uma maneira de decompor e entender o objeto.

O estudo das formas dos objetos tridimensionais, conteúdo das mais variadas áreas de conhecimento humano, entre elas a Arquitetura, vive esse conflito entre a forma conhecida, e suas características geométricas, e a forma percebida e o comportamento perspectivo. Na realidade, o trabalho em Arquitetura utiliza-se dos dois processos. A separação dos conteúdos é uma formalidade disciplinar das escolas (ROSA, 1998). Esses conteúdos são de fato integrados. Não deveria haver a separação formal entre as disciplinas que abordam as projeções cônicas e cilíndricas ortogonais. Existe uma interdependência entre os dois tipos de projeção, não só envolvendo a questão puramente geométrica, mas também o uso e a metodologia aplicada. A metodologia de projeto de Arquitetura prevê o uso concomitante dos dois tipos de projeção. Nas projeções ortogonais trabalha-se com maior facilidade as características dimensionais, funcionais e geométricas da arquitetura, enquanto nas perspectivas cônicas, as características intuitivas, estéticas e volumétricas. Qual a ordem: nenhuma, ou seja, ao mesmo tempo. Esta tem sido uma das dificuldades no ensino de projeto de Arquitetura. É difícil, com os instrumentos tradicionais de desenho, executar concomitantemente desenhos diferentes. A tendência dos alunos é querer terminar uma das projeções por completo para depois iniciar a outra.

Esse problema deixa de existir com a utilização da modelagem tridimensional informatizada. Os programas gráficos tridimensionais permitem que se faça a modelagem em três dimensões do objeto e se tenha ao mesmo tempo visualização em projeções ortogonais - plantas, elevações e isometrias – e projeções cônicas, bastando para isto ajustar a posição da câmera/observador, além da divisão da tela em várias vistas, potencializada pelo aumento do tamanho e do número de monitores de vídeo utilizados. O computador serve como um instrumento de integração projetiva. O resultado visual que se deseja é apenas uma questão de posição de câmera. Não existe mais a construção apenas ortogonal, fácil de escrever, mas difícil de ler, nem tampouco a construção apenas cônica, difícil de escrever, mas fácil de ler. A construção é única, podendo-se usar ambas as projeções tanto para escrever, construir o modelo (usa-se a que for mais fácil, dependendo do momento) como para ler, visualizar o modelo.

Portanto, não faz mais sentido discutir se o ensino de desenho ou de computação gráfica aplicados à Arquitetura devem começar pelas projeções ortogonais ou pelas perspectivas e modelos tridimensionais, porque na sua utilização de forma plena, a modelagem tridimensional é integrada à modelagem de plantas e cortes. Dizer que o ensino da representação gráfica da Arquitetura usando o computador deve iniciar-se pela representação tridimensional e não em projeção ortogonal significa usar uma abordagem antiga, transcrevendo um problema vinculado ao desenho manual, onde as projeções eram feitas em desenhos separados e independentes (não entrelaçados). No computador, a

modelagem tridimensional permite a geração de “desenhos dinâmicos e integrados”. Na realidade não são desenhos, mas sim vistas de um objeto virtualmente construído e que se apresenta polimórfico. A questão caminhou para qual abordagem usar para a modelagem tridimensional: se aditiva ou subtrativa, se com formas primitivas (massas) ou elementos arquitetônicos como paredes e janelas, e, portanto, definir o perfil do programa (*software*) a ser adotado, e chegou à utilização da tecnologia BIM

Pode-se perguntar: qual a importância das projeções ortogonais para a criação arquitetônica com a disseminação da tecnologia BIM e essa possibilidade de trabalho num ambiente virtual inteiramente tridimensional, no qual a visualização em perspectiva é imediata? Facilitar a construção do modelo virtual, através de suas medidas, de distâncias e ângulos em verdadeira grandeza, da mesma forma que facilitam a construção do objeto real, em obra. Para a execução precisa e geométrica das perspectivas no papel, pelos métodos tradicionais, o uso das projeções ortogonais sempre foi necessário. Os diversos métodos para construção de perspectivas se utilizam direta ou indiretamente das vistas ortogonais. Entretanto, na elaboração do croqui, das perspectivas à mão livre, normalmente durante a fase de criação do projeto, elas não são diretamente necessárias. Considerando que a modelagem tridimensional informatizada substituiu os métodos tradicionais de perspectiva, e que o croqui vem confirmando sua importância como meio de resposta rápida e expressiva para o arquiteto, a utilidade do domínio das projeções ortogonais no projeto de Arquitetura se altera, passando para o auxílio da própria modelagem tridimensional. O conhecimento e a competência sobre as projeções ortogonais adquirem uma outra importância na representação gráfica da Arquitetura com o advento da modelagem tridimensional e da tecnologia BIM.

Da mesma maneira, qual é então a importância das projeções cônicas na tecnologia BIM? Poder de visualização, ilustração, como sempre foi. Contudo, sem a necessidade de processos geométricos complexos e de difícil aprendizagem para sua elaboração. No computador tem-se a leitura dos pontos de fuga, eles são reconhecíveis, mas não estão demarcados porque não são usados para a escrita da modelagem.

Portanto, um retorno à análise sobre os objetivos do desenho (ou de cada tipo de desenho) para a Arquitetura torna-se importante no sentido de identificar e compreender, a partir desses objetivos, as características de cada momento do processo de projeto e quais os tipos de representação disponíveis naquele tempo são mais adequados, além de investigar diferentes abordagens para uma metodologia do ensino de desenho e as possibilidades de informatização (relação entre métodos tradicionais e informatizados).

Para Amorim (2000, p.91) “a representação gráfica sempre esteve submetida à intenção do projetista, tanto como veículo de comunicação, quanto como meio de interação do indivíduo com sua ideia”. A forma de representação dos objetos historicamente acompanha

as tecnologias disponíveis para a transmissão da informação; a evolução da linguagem gráfica acompanhou a disponibilidade de materiais e instrumentos. Portanto, a tecnologia BIM formaliza uma nova linguagem de projeto, retomando a questão do objeto real e da sua representação gráfica e não gráfica, remetendo a um processo de projeto mais próximo da forma natural e material, do processo mental de concepção tridimensional e paramétrica, mesmo que materializados em determinados momentos sob a forma de projeções ortogonais.

Da mesma forma que a geometria descritiva, permitindo a resolução de problemas espaciais no plano, transformou o desenho técnico, dando-lhe um embasamento teórico e científico, a computação gráfica, mediante a capacidade de desenvolver modelos tridimensionais cada vez mais precisos, capazes de simular os objetos reais com todos os detalhes geométricos, ampliou as possibilidades (AMORIM, 2000). Já a tecnologia BIM revolucionou a representação do edifício, reinventando com a possibilidade de trabalhar com a informação para além da geometria e devolvendo a materialidade ao processo.

A manipulação, pelo homem e pela máquina, de modelos cada vez mais reais, não só nas suas três dimensões geométricas, mas também nas dimensões não geométricas como tempo, custo, análises, sustentabilidade, gestão e manutenção, permite um melhor tratamento do objeto em estudo, pela variedade de análises possíveis. Além disso, em face à variedade de recursos, facilitam a compreensão do problema e, por conseguinte, da própria solução, na medida em que as pessoas aprendem com mais facilidade por meio de exemplos concretos ao invés de abstratos.

Resumindo, a representação do espaço a ser construído é, portanto, instrumento para a construção do edifício. O projeto arquitetônico apresenta-se como um meio de ligação entre os diversos processos que envolvem a criação do edifício, bem como entre eles e a execução da obra. É o meio de comunicação escrita ou registrada entre arquitetos, engenheiros e os demais profissionais envolvidos na concepção e na execução da obra. Os profissionais de AEC, assim como qualquer outro profissional, precisam de ferramentas para exercer seu ofício. O desenho, aqui entendido como representação gráfica de um objeto, é a maneira mais usual de materialização do projeto, utilizando uma linguagem gráfica para a expressão de uma intenção. A função do desenho é a comunicação da ideia arquitetônica. Com o passar do tempo, o desenho em AEC evoluiu do desenho técnico em papel para o desenho informatizado, com a utilização de softwares de projeto auxiliado por computador (CAD), inicialmente em duas dimensões. Mais tarde, estes programas passaram a adotar o modelo tridimensional virtual como possibilidade, e os projetos passaram a ser também representados em três dimensões. Mas, até então, a geometria era a informação mais relevante. A seguir, diversas informações não geométricas passaram a fazer parte dos modelos até chegar-se à tecnologia BIM.

Para Baratto (2016) a representação do espaço e do objeto construído ocupa grande parte do tempo gasto e constitui grande parte do material produzido pelos arquitetos. Assim, para transformar as ideias em obras construídas é necessária uma lista enorme de ferramentas que está em contínua expansão.

2.2 Arquitetura e a representação digital

A seguir são apresentadas considerações acerca da representação digital do Edifício. Em artigo publicado com a intenção de discutir o uso da informática na representação gráfica da Arquitetura até o final do século passado (PEREIRA JUNIOR, 1998), foi possível identificar e analisar três objetivos da representação do Edifício, em etapas distintas do projeto, com vistas a atingir públicos diferentes: como auxiliar na criação arquitetônica ou tomada de decisão, na comunicação da criação para o cliente ou usuário e na comunicação para a execução ou obra. Não são três etapas estanques, mas que se interceptam em alguns momentos. Para corresponder a cada objetivo, a representação apresentava características muito diferenciadas, uma vez que em cada momento a mensagem deve ser transmitida de uma forma diferente para um interlocutor também diferente. Ou seja, não existe um só tipo de representação ou desenho para Arquitetura, mas diversos tipos que o arquiteto utiliza em função dos seus objetivos. Àquela época, o uso da informática e da modelagem digital, 2D ou 3D, como uma nova ferramenta ou uma nova técnica, também se inseria de forma específica em cada objetivo. Usar a informática da mesma maneira em todas as fases significa abandonar o raciocínio de para que e para quem se representa. Atualmente, o uso da tecnologia BIM, também como uma nova ferramenta ou uma nova técnica, se insere de forma específica em cada um dos três objetivos e cria uma ênfase em um quarto objetivo: comunicação com o gestor ou administrador do edifício em uso, após a conclusão da obra, entrega do imóvel e sua ocupação.

Na criação arquitetônica o costume tradicional é trabalhar com desenhos esquemáticos, diagramas, maquetes processuais, esboços e desenhos à mão livre ou croqui. O motivo dessa escolha é a busca da agilidade ou rapidez. Deve-se alimentar o cérebro com respostas rápidas. O desenho é usado como representação de uma ideia para teste pelo próprio criador, no sentido de averiguar as alternativas escolhidas. Deve-se considerar que a criação e a metodologia de projeto são processos de caráter individual e dependentes do meio. Esse talvez seja o fato gerador da dificuldade encontrada pelos arquitetos na utilização de uma nova ferramenta tecnológica de trabalho, nem sempre adaptado às suas características próprias.

Nessa etapa de criação, a representação é utilizada como meio de investigação e simulação das intenções criativas. Se a criação é um processo mental, representa-se para

testar e averiguar o objeto imaginado. O desenho ou modelo realimenta a criação, como uma memória. Nesse momento, o esboço ou croqui é sempre mais rápido do que qualquer representação informatizada e pode e deve ser utilizado. Ele é cada vez mais valorizado, e a sua importância no processo criativo cada vez mais reconhecida. Portanto, não se deve imaginar as novas tecnologias substituindo todos os processos tradicionais, mas somando ou até multiplicando possibilidades. Também não se deve utilizá-las como o trabalho a lápis. Querer fazer um croqui no computador, simulando o lápis no papel à mão livre, não parece ser uma solução revolucionária. Todavia, imaginando as possibilidades de modelagem tridimensional, modelagem de massa, de edição e alteração desse modelo como cortar, esticar, mover, rotacionar, torcer, etc.; da simulação da iluminação e dos materiais; da visualização de ângulos diferentes, com mais rapidez do que seriam feitos à mão livre, então se estará contribuindo de forma inovadora para a criatividade. O computador é útil a partir do momento que aumenta o potencial de investigação e permite uma simulação mais eficaz do que será aquela Arquitetura.

A modelagem tridimensional virtual possibilitou diminuir a dependência do domínio do desenho e destreza gráfica para conduzir o raciocínio criativo. Pode facilitar a criação àqueles com menor aptidão para a representação manual em papel, porém com capacidade criativa. No computador trabalha-se num processo de concretização de formas volumétricas, superando as dificuldades da abstração. Além disso, outra grande conquista foi a independência da escala, pois os objetos podem ser modelados virtualmente com suas dimensões reais. O fator de escala é aplicado na exibição e não na modelagem. Trabalha-se com um nível de detalhes muito superior, vendo o todo e logo depois o detalhe, apenas alterando a aproximação da câmera. Os programas mais adequados para a criação eram os que permitem uma modelagem tridimensional rápida e flexível, com possibilidades de criar, modificar e posicionar elementos sólidos. Era importante a facilidade de transformar objetos bidimensionais em tridimensionais e vice-versa, pois era fundamental o trabalho volumétrico concomitante com o trabalho em planta. Com a tecnologia BIM, a modelagem de massa apresenta-se como solução. Após a etapa de modelagem livre, massas, na tecnologia BIM é possível converter faces ou volumes, mesmo orgânicos e curvos, em elementos construtivos com suas propriedades próximo do real, como paredes pisos e coberturas. Assim, tem-se a aproximação com a materialidade. E, como será considerado mais à frente neste trabalho, porte-se para o trabalho colaborativo com os demais profissionais envolvidos em toda a concepção do edifício.

Os problemas envolvidos no desenho utilizado para comunicar a ideia arquitetônica ao cliente ou usuário decorrem das características do público que normalmente não domina a linguagem técnica do desenho. Existe a dependência de sua abstração e corre-

se o risco de obter um baixo índice de comunicabilidade. A representação sempre buscou ser a mais ilustrativa possível, aproximando-se ao máximo do fotorrealismo. A criação de imagens em perspectiva, foto realísticas e animadas, podem facilitar a leitura do projeto pelo usuário.

O objetivo da representação é “oferecer ao público não especializado uma visão mais palpável do que virá a ser a arquitetura” (BARATTO, 2016), e para isto, para as representações é utilizado um espectro bastante amplo de linguagens, técnicas e instrumentos.

A modelagem tridimensional foi num primeiro momento usada para apresentação para o usuário. A representação cônica apresenta-se como ideal, uma vez que exige um menor grau de abstração que as projeções cilíndricas, aproximando-se da forma percebida do objeto. Um modelo tridimensional pode ser visualizado de vários ângulos, e todas as partes do objeto podem ser examinadas. A utilização de programas com ferramentas de texturização, com a possibilidade de aplicação e simulação de materiais, mapeamento, iluminação e sombreamento, melhora o potencial de visualização e permite uma melhor aproximação do real com mais rapidez e qualidade. Por fim, a possibilidade da animação dinamiza a apresentação com um passeio pelo modelo.

A tecnologia BIM, por sua vez, convida o cliente/usuário a participar mais ativamente do processo criativo. Nela, pretende-se integrar todos os atores envolvidos no processo de produção do edifício, não só os profissionais, mas também os usuários, num movimento verdadeiramente colaborativo.

Na comunicação para a execução, é “desenho executivo” ou o “desenho técnico arquitetônico” que apresenta algumas características mais marcantes: necessita de uma maior precisão e segue normas mais rígidas, com maior grau de detalhe e utilização de símbolos gráficos, como proposto pela norma NBR6492. Como o público alvo é, a princípio, mais especializado, o desenho pode ser menos ilustrativo e deve ser mais informativo. Os programas CAD suprem bem essas exigências, possibilitando uma qualidade gráfica superior ao desenho em papel, com muita precisão e uma diminuição na probabilidade de erros.

Outra importante vantagem do CAD sobre o desenho em papel é a maior facilidade para modificações, além da eliminação do redesenho. As ferramentas de modelagem bidimensional foram importantes, pois o desenho técnico utiliza-se das projeções ortogonais devido à verdadeira grandeza que facilita a comunicação das formas e dimensões e a resolução de problemas. Os recursos de cotação, texto, atributos e símbolos podem ser automatizados.

Entretanto, a tecnologia BIM vem propor uma revolução na medida em que não separa o modelo do desenho técnico (que é feito com linha na tecnologia CAD). O desenho é consequência do modelo, uma maneira de olhar para ele. Como os objetos são polimórficos,

podem aparecer de maneira diferente dependendo da vista. Uma parede pode aparecer como um sólido, com material e textura em uma vista em perspectiva, como duas linhas apenas em uma vista em planta com baixo detalhe, e com várias linhas e hachuras nas camadas que a compõem em outra vista com alto detalhe e em escala maior, e continua sendo a mesma parede. Ou seja, temos uma reaproximação dos três objetivos do desenho, pois um mesmo modelo serve para tudo. Coloca em dúvida inclusive a necessidade de o desenho técnico continuar a existir. Mas para isto, normas, leis e práticas deverão ser modificadas.

Uma grande vantagem da tecnologia BIM, entre outras, é a aproximação das etapas, pois permite a utilização de um mesmo modelo em todas as fases do projeto, desde a definição do problema, à concepção e ao desenvolvimento da ideia, até o detalhamento final. Um mesmo modelo pode ir seguindo vários processos, passar por vários profissionais, facilitando o controle da produção do projeto, aproximando as etapas e evitando, a cada uma, a confecção de novos desenhos.

Facility Management (FM) ou gestão de facilidade, na tradução literal, é uma atividade multidisciplinar que inclui a coordenação de espaços, infraestruturas, equipamentos, pessoas e setores em um edifício ou empresa, relacionada à gestão de manutenção, de instalações, de espaços, de serviços de suporte e do próprio edifício em seu funcionamento. Em outras palavras, inclui o gerenciamento e manutenção do edifício, atividade de administração e gestão de serviços e de infraestrutura destinados a suportar a atividade fim de uma organização instalada em um ou mais locais. A tradução de *facility* por facilidade, no sentido geral, não é adequada neste caso. Mais apropriado é o uso do sentido restrito: *facility* é um edifício ou instalação que suporta uma determinada atividade. Muitas vezes no Brasil é conhecida como administração predial, administração patrimonial ou, de forma reducionista, como serviços gerais. Será usado o termo gestão operacional do edifício neste trabalho para FM.

Como a gestão operacional do edifício envolve o gerenciamento de pessoas, processos, equipamentos e espaços, ela pode ser assistida por sistemas de informação específicos. Também, ao ser considerado todo o ciclo de vida de um edifício, a adoção da tecnologia BIM na gestão operacional do edifício pode trazer benefícios assim como nas outras etapas do ciclo de vida da edificação.

Na comunicação com o gestor operacional do edifício, em uso, após a conclusão da obra, entrega do imóvel e sua ocupação, o modelo BIM apresenta-se como quarto objetivo da representação do edifício. Este quarto momento já existia em alguns casos, como um desenho em papel ou CAD elaborado após o término da obra, chamado de “*as built*”, mas sem a participação dos Arquitetos e Engenheiros após esta entrega. A tecnologia BIM

expande a atuação dos profissionais de projeto e a representação do edifício para além da obra, e passa a permear toda o ciclo de vida do edifício.

Propõe-se o fim do uso das projeções ortogonais - planta corte e fachada – no processo de produção de edifícios, como aconteceu com o desenho com linha, seja em papel ou CAD. As projeções ortogonais podem adquirir um outro papel na representação da Arquitetura. Apresentam-se como suporte no processo de modelagem de objetos em ambientes tridimensionais. Bem como em sua leitura e análise. Em grande parte dos programas gráficos, um cilindro é modelado definindo-se um círculo como base em uma vista ortogonal e uma altura em outra. Ou seja, a vista ortogonal não é mais apenas um desenho a ser produzido como fim último da representação técnica, mas também um olhar sobre o objeto virtual, não como desenho, mas como parte de um processo de modelagem cujo fim é a apresentação tridimensional e o registro das informações no modelo.

2.3 Projeto Auxiliado por Computador - CAD

Desenho assistido por computador ou CAD, do inglês *Computer Aided Design*, é o termo abrangente, que designa uma tecnologia, usado para sistemas computacionais ou *softwares* utilizados em Arquitetura, Engenharia e Indústria para desenvolvimento, resolução de problemas, representação gráfica vetorial e documentação de projetos. Teve seu início de desenvolvimento na década de 1960 e sua implantação em larga escala no Brasil durante a década de 1990.

Em um primeiro momento, CAD 2D, a tecnologia CAD implementou ferramentas para construção de entidades geométricas vetoriais planas, bidimensionais, como linhas, polígonos, círculos, arcos, curvas, e hachuras, além de ferramentas para alguma gestão da informação, como camadas (*layers*), blocos, texto, cotas, símbolos e planilhas, suficientes para a confecção de desenhos técnicos e documentação dos projetos, sempre com ênfase na precisão. Substituiu rapidamente os desenhos técnicos ortogonais feitos com esquadros e lapiseira em papel manteiga e com canetas nanquim e normógrafo em papel vegetal.

Em uma segunda fase, CAD 3D, passou a permitir a modelagem de objetos tridimensionais – cubos, esferas, cilindros, objetos por extrusão ou revolução, etc. - primeiro superfícies, depois sólidos, chegando aos objetos NURBS⁴. Sempre disponibilizando também ferramentas para edição. Os profissionais passaram a trabalhar com o que se chamou de maquete eletrônica, ou simulação volumétrica em ambiente computacional de um objeto arquitetônico ou urbanístico, utilizando modelagem tridimensional. Este modelo pode ter

⁴ Non Uniform Rational Basis Spline (NURBS) é um modelo matemático usado regularmente em programas gráficos para gerar e representar curvas e superfícies

níveis diferenciados de detalhamento, qualidade gráfica e produção, que vai desde um modelo esquemático volumétrico até uma apresentação foto realística e com animação.

Importante observar que os sistemas CAD evoluíram ao longo do tempo, passando a implementar cada vez mais ferramentas dinâmicas para entrada de dados, gestão de projetos, uso de internet e serviços em nuvem. Passaram inclusive a sombreadar outras tecnologias, como ilustração e gráficos vetoriais, e modelagem, animação renderização 3D.

A evolução da tecnologia CAD foi acompanhada pela evolução dos equipamentos de saída em papel: as impressoras. Um *plotter* é uma impressora destinada a imprimir desenhos em grandes dimensões, com elevada qualidade e precisão. Primeiramente foram destinados a impressão apenas de desenhos vetoriais, mas atualmente encontram-se em estado de evolução avançado, trabalhando impressão de imagens vetoriais ou não em grande formato com qualidade fotográfica e alta resolução.

Uma tecnologia variante é a Manufatura Assistida por Computador ou *Computer Aided Manufacturing* – CAM – que está associada ao processo de produção ou fabricação na indústria. Os sistemas CAM trabalham tendo como base modelos provenientes do sistema CAD.

Também, na linha evolutiva, surgiram tecnologias CAD específicas para cada área de atuação: Arquitetura, Mecânica, Elétrica, Hidráulica, Mapas etc. Representou uma tentativa de aproximação com as propriedades reais dos objetos para além da geometria, junto com uma automatização da modelagem, reconhecendo os parâmetros de cada objeto, que culminou, em última instância, na evolução para a tecnologia BIM.

Com a tecnologia CAD, o ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil passou por um processo de renovação na década de 1990, destacado em diversas oportunidades, entre elas os eventos convocados pela ABEA desde 1989, a Portaria MEC 1770/94 (BRASIL, 1994) e a declaração sobre a Educação de Arquitetos da UNESCO/UIA (UNESCO/UIA, 2011). A existência e utilização de um laboratório de informática fizeram parte dessa renovação. É um recurso que se tornou obrigatório nas escolas de Arquitetura; sua existência tornou-se uma condição para a abertura ou para reconhecimento e funcionamento dos cursos de Arquitetura no Brasil (MEIRA, 1999). Entretanto, uma prática corrente foi o confinamento dos laboratórios, “limitando-os a funcionar como salas de aula, ou seja, aulas oferecidas em laboratório sem previsão de tempo para as atividades de ensaio, experimentação e apoio ao desenvolvimento dos trabalhos dos alunos ao longo do curso” (MEIRA, 1999, p.3). Essa utilização dos laboratórios envolveu dois problemas: a abordagem dada às disciplinas específicas de Informática aplicada à Arquitetura e a utilização pelas outras disciplinas do curso. No primeiro aspecto, o uso da informática nos cursos de Arquitetura foi historicamente iniciado através de disciplinas específicas, chamadas normalmente de Informática Aplicada à Arquitetura, cujos

programas abordam o uso dos equipamentos e programas ligados ao exercício profissional do Arquiteto. Os laboratórios são normalmente utilizados como sala de aula. O segundo aspecto envolve o uso não limitado às disciplinas específicas. “A educação escolarizada dos arquitetos e urbanistas requer o envolvimento do estudante em atividades práticas, para que possa experimentar a expressão prática e teórica dos conhecimentos que suas competências e habilidades requerem” (MEIRA, 1999, p.3). Concluiu-se que o uso dos computadores pode ser útil em todos os aspectos do desenvolvimento das competências e habilidades do estudante de Arquitetura.

Com a portaria MEC 1770/94 (BRASIL, 1994), o ensino da Informática Aplicada à Arquitetura passou a ser obrigatório nos currículos. A tendência das escolas foi a criação de uma disciplina com esse nome, solução de curto prazo, que tem como mérito o início do ensino desses conteúdos e como viés o fato de não garantir a apropriação dessa nova tecnologia no cotidiano de todo o curso, envolvendo todas as áreas e disciplinas. A marca do segundo momento foi o processo de transição para a reformulação de metodologias de ensino para todas as disciplinas, usando o computador como instrumento de criatividade.

Entretanto, foi um grande desafio para os cursos de Arquitetura o uso do computador como ferramenta didática na abordagem dos conteúdos das disciplinas instrumentais de desenho e representação gráfica, entre elas o Desenho Projetivo, a Geometria Descritiva, o Desenho Arquitetônico e a Perspectiva. Estas abordavam a problemática fundamental da representação em Arquitetura que consiste no fato de trabalhar objetos de caráter tridimensional contando com um meio de manipulação reduzido bidimensional – o papel ou a tela - como discutido anteriormente. Nesse contexto, o objetivo principal das disciplinas instrumentais de desenho era o desenvolvimento da capacidade de abstração espacial, ou visão espacial, do aluno, dotando-o de condições propícias para o desenvolvimento da criatividade em Arquitetura.

Oliveira e Victor (2000) investigaram os currículos mínimos dos cursos de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo através da análise documental histórica e legal, especificamente relativa ao ensino da representação gráfica e as novas tecnologias. Apontaram que o currículo mínimo de Arquitetura e Urbanismo, vigente entre 1969 e 1995, caracterizava-se pela desvinculação do ensino de desenho do ensino de planejamento-projeto, “ambos, entretanto, impregnados, ao menos na teoria, dos princípios originais de interdisciplinaridade”. Na reestruturação curricular implantada a partir de 1996 (BRASIL, 1994), o desenho é alocado como Matéria de Fundamentação, passando a abranger todos os meios de expressão e representação. Entretanto, a Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo está inserida como Matéria Profissional. Para as autoras, o texto legal considerava a

representação gráfica desenvolvida por meio da informática como uma exceção, como outra matéria, estando à parte do desenho e não como parte dele.

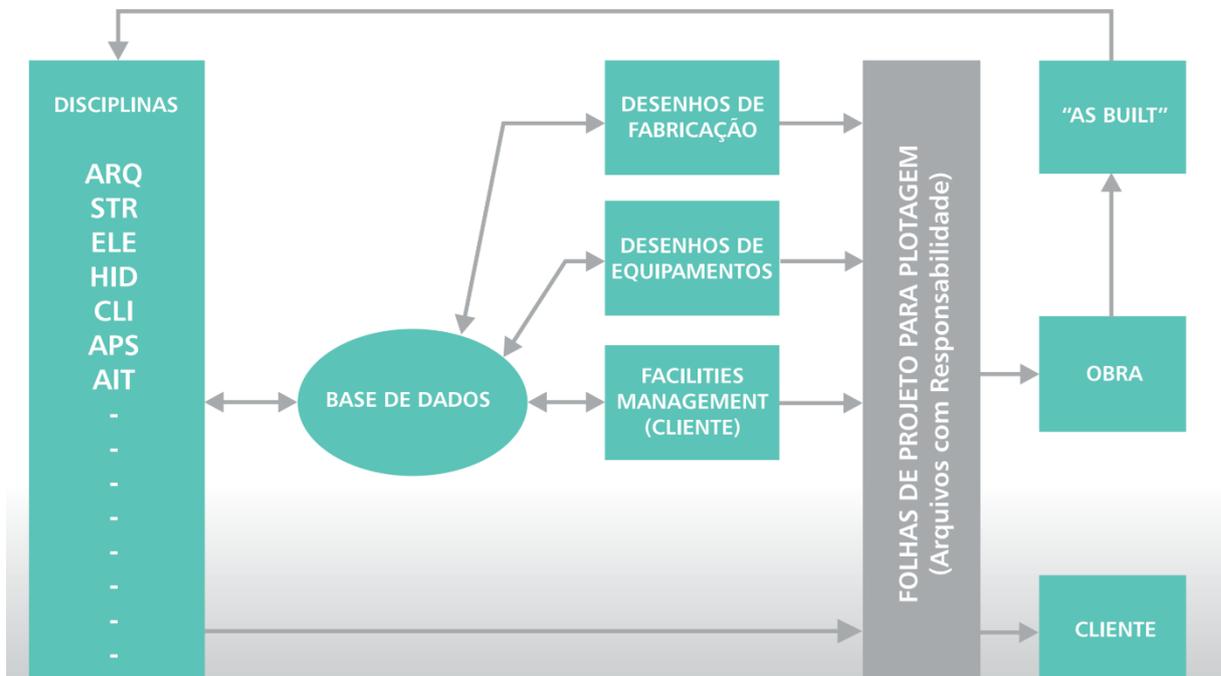
Menezes (1998) desenvolveu uma pesquisa junto às escolas de Arquitetura nas Universidades Federais Brasileiras, conhecendo laboratórios e estratégias de uso, definindo um panorama geral acerca do uso da informática no ensino de Arquitetura. Verificou, na época, a inexistência, ou o pouco uso do computador em outra disciplina diferente da informática aplicada. Também poucas escolas responderam que existe alguma disciplina com projeto de uso, refletindo uma inexistência de um projeto pedagógico (MENEZES, 1998, p.122).

No ano de 2002, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura ASBEA publicou as Diretrizes gerais para intercambialidade de projeto CAD: integração entre projetistas, construtoras e clientes (CAMBIAGHI, 2002). O texto parte do reconhecimento que a rapidez da evolução da informática na área de projetos dificultou a adequação dos processos nos escritórios de Arquitetura e a exploração de todas as potencialidades. Admite que muitos profissionais usam a tecnologia CAD apenas como instrumento para confecção de desenhos e não como ferramenta de projeto em plenitude. Considera-se a importância do reconhecimento, por parte da entidade que representa os escritórios de Arquitetura no país, da não adequação e da subutilização da tecnologia CAD, além da importância da intercambialidade. Entretanto, este reconhecimento no ano de 2002, após bastante tempo de disponibilidade e estudos sobre a tecnologia CAD, parece tardio.

O documento, na busca de integração entre profissionais, de agilidade no processo de troca de informação e aumento da confiabilidade nesta troca, com vistas a homogeneização do conhecimento, propôs uma padronização de *layers* (camadas), diretórios, arquivos e definição de responsabilidades entre todas as atividades de projeto.

Interessante observar que na proposta da AsBEA já aparecem conceitos como disciplinas, fabricação, *Facilities Management* FA, “*as built*”, conceitos estes implementados nativamente na tecnologia BIM, como princípio, e de difícil manipulação na tecnologia CAD, contando apenas com uso de ferramentas disponíveis para gestão como *Layers*, arquivos e diretórios (pastas), conforme mostrado na FIG. 1.

FIGURA 1 - Base de dados CAD segundo AsBEA



Fonte: Cambiaghi, 2002

Ressalta-se que a base de dados é necessariamente composta por um conjunto grandes de arquivos, orientados por disciplina e com padronização nos nomes de arquivos e diretórios, longe da realidade de modelo único ou modelos vinculados proposto pela tecnologia BIM.

Outra característica que chama a atenção é a presença de folhas para impressão ou plotagem e a responsabilidade individual de cada disciplina. Está consagrada a impressão dos arquivos em papel e, mesmo quando não impressos e enviados os arquivos ao cliente e à obra, estes modelos são orientados para a impressão, via PDF, para “efetiva rastreabilidade das responsabilidades” (CAMBIAGHI, 2002).

Ainda se observa a separação de arquivos de desenho (modelo) e arquivos de folha (impressão), mesmo sabendo-se que os modernos softwares CAD apresentam ferramentas para criação de folhas no mesmo arquivo que o modelo base ou central⁵.

No sistema proposto pela AsBEA a organização da informação fica dividida como mostrado no QUADRO 2, com a indicação do que cabe à nomenclatura de diretórios, arquivos e *layers* ou camadas indicar, basicamente pelo uso de 3 caracteres maiúsculos abreviados.

⁵ *Sheet File* (Bentley), *Plot Maker* - (Graphisoft), *Folhas* (Diehl Graphsoft), *Paper Space* (Autodesk)

QUADRO 2 - Sistema de nomenclatura de diretórios, arquivos e layers - AsBEA

	Diretórios	Arquivos	Layers - Camadas
Código do Projeto			
Agente Disciplina			
Fase			
Objeto Elemento Assunto			
Qualificação Diferenciação			
Anotações Represent. gráfica			
Estado do elemento			
Plano de projeção			
Localização			
Escala			
Setor Bloco Fase da obra			
Definição do usuário			
Revisão			

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que algumas informações são representadas em apenas um dos elementos, mas outras em dois ou até três, como o Agente ou Disciplina - geradores de informação dos diversos campos de conhecimento Arquitetura, Engenharia, Elétrica, Hidráulica, etc. - que aparece codificado no diretório, no arquivo e no *layer*, apresentando uma redundância de informação.

2.4 O paradigma tradicional de projeto e o projeto simultâneo

A pesquisa apresenta a proposta de Projeto Simultâneo como alternativa ao processo de projeto sequencial para construção de edifícios na construção civil e discute a mudança do fluxo de informações. Aponta a necessidade da utilização generalizada da tecnologia da informação para a realização do projeto simultâneo e evidencia a tecnologia BIM como um novo ambiente computacional capaz de suportar as interações entre vários

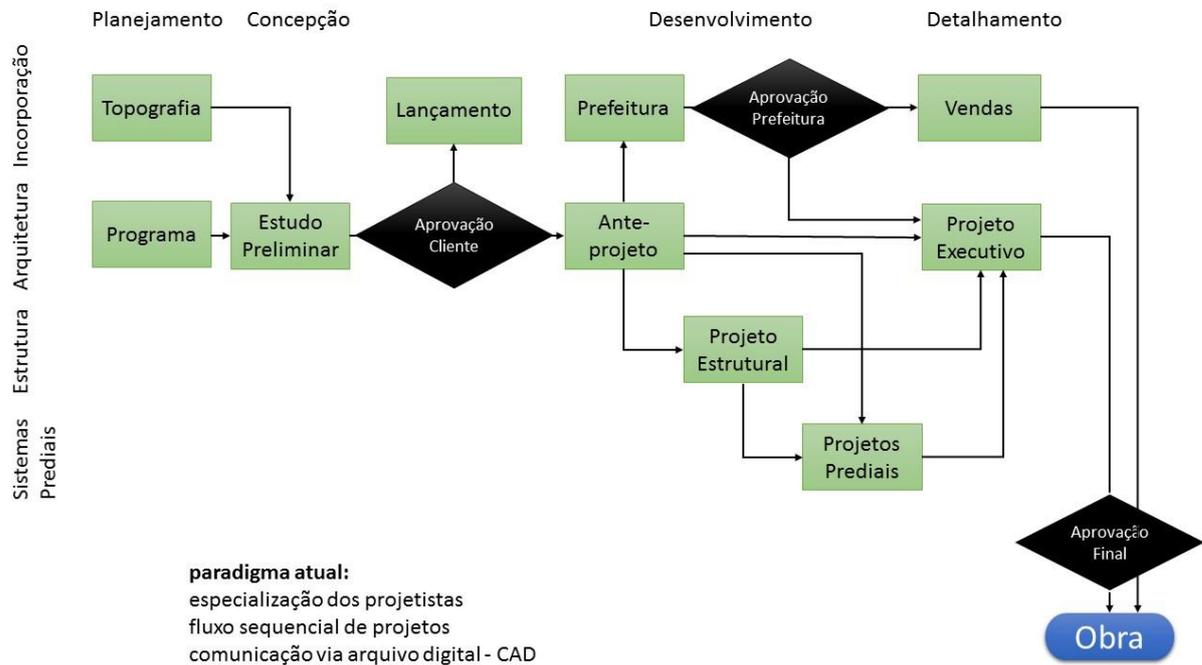
agentes envolvidos, desde o início da concepção do produto e durante todo o seu desenvolvimento.

Para a execução da construção de um edifício, considerando a complexidade do mundo contemporâneo, são necessários diversos projetos - arquitetônico, estrutural, elétrico, hidro sanitário e outros - feitos no início da obra. Esses projetos não são atividades fim, mas sim meio de ligação entre os diversos processos que envolvem a criação e a execução material final do edifício. Como estes projetos são executados a priori, o edifício, ainda na mente dos profissionais envolvidos, precisa ser representado, e esta representação do espaço a ser construído é, portanto, instrumento para a construção. É o meio de comunicação escrita ou registrada entre arquitetos, engenheiros e os demais profissionais envolvidos na concepção e na execução da obra.

Conforme dito na seção 2.1, a construção de um edifício envolve a criação, que é em processo intelectual e intuitivo, e a execução, em processo tecnológico e material. Esses processos envolvem diversos profissionais, com experiências diferentes e em disciplinas distintas, que utilizam de conhecimentos necessários para a tomada de decisão. E como envolvem diversos profissionais, com experiências e em disciplinas distintas, demandam um determinado fluxo de informações, que se transformarão em conhecimento e que, por sua vez, alimentarão as decisões tomadas por cada um. Esses diversos profissionais envolvidos podem trabalhar em sequência ou concomitantemente.

Segundo Fabricio, Baía e Melhado (1999), os processos tradicionais de projeto de edifícios estão baseados na especialização dos projetos e na integração sequencial entre as disciplinas, representando um paradigma difícil de ser vencido. Os diversos projetos - arquitetura, estruturas, instalações etc. - são executados por equipes especializadas, uni disciplinares, e de forma linear e sequencial no tempo. Para que um projeto específico possa ser desenvolvido, o anterior deverá estar finalizado e entregue. Essa visão sequencial do processo de projeto, conforme Melhado (1997), é consagrada nas práticas nos escritórios de projeto, em várias normas técnicas vigentes no país e em textos institucionais. De uma maneira geral, o projeto de arquitetura é considerado o primeiro e responsável pelas indicações a serem seguidas pelos projetos de estruturas e instalações, ditos complementares e feitos na sequência. O fluxo da informação é, portanto, linear, conforme ilustrado na FIG. 2 (PEREIRA JUNIOR; BARACHO, 2015).

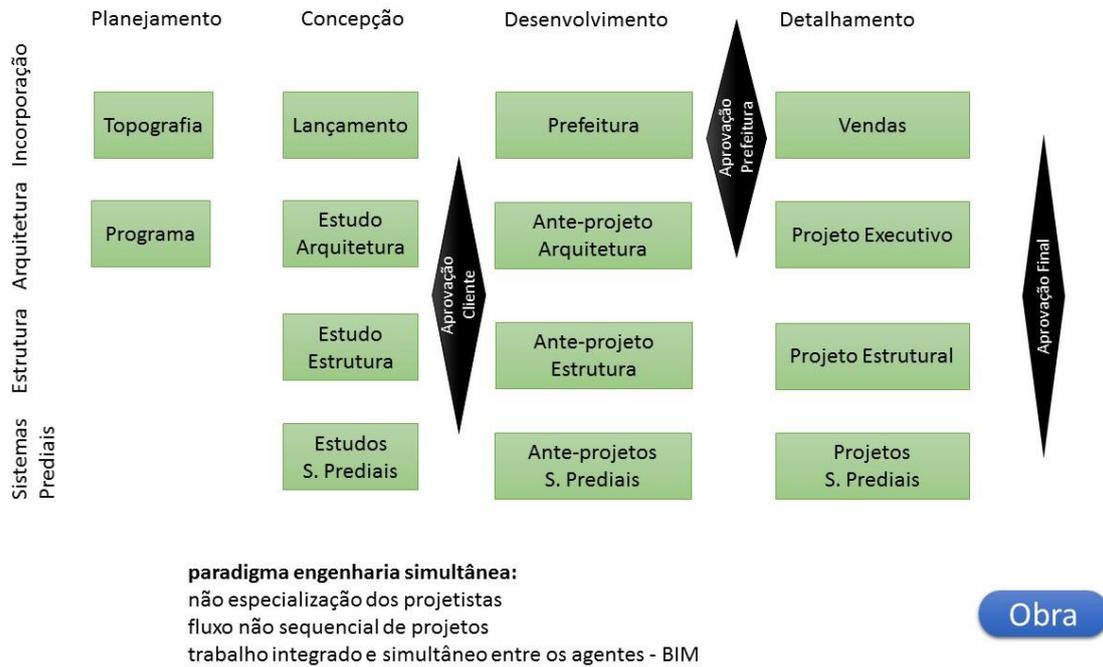
FIGURA 2 - Fluxo da informação com o paradigma tradicional de projetos



Fonte: Pereira Junior; Baracho, 2015

Para Fabrício (2002), na maneira tradicional de se construir, o projeto de arquitetura se subordina ao programa, os projetos de engenharia se subordinam ao projeto de arquitetura. O processo é sequencial e fragmentado. É apresentada neste trabalho uma alternativa ao projeto sequencial com a utilização do Projeto Simultâneo, o que representa um novo paradigma para a construção civil, em oposição ao processo tradicional de projeto. O Projeto Simultâneo contém concomitantemente todas as interfaces entre os clientes, equipe de projeto, projetistas e usuários. Nele não há uma sequência linear entre os projetos, todos são elaborados ao mesmo tempo e em conjunto por todos os profissionais envolvidos, em um trabalho integrado e simultâneo entre os agentes, sem uma especialização na tomada de decisão (FABRÍCIO, 2002). Assim, pode-se observar uma grande mudança no fluxo da informação, ilustrado na FIG. 3.

FIGURA 3 - Fluxo da informação com o paradigma do projeto simultâneo



Fonte: Pereira Junior; Baracho, 2015

Segundo Fabrício e Melhado (1998), um dos pontos centrais no desenvolvimento de produtos com Projeto Simultâneo é o uso disseminado da tecnologia da informação. Tornou-se necessário um novo ambiente computacional e informacional, capaz de suportar as interações entre vários agentes envolvidos durante o trabalho conjunto, desde o início da concepção do produto, durante todo o seu desenvolvimento, até a utilização real na obra, abrangendo todo ciclo de vida de uma edificação. A Modelagem de Informação da Construção apresenta-se como suporte conceitual e metodológico, e a tecnologia BIM como suporte computacional, para aplicação do projeto simultâneo, em oposição ao processo tradicional e sequencial de projeto, e como alternativa à tecnologia CAD.

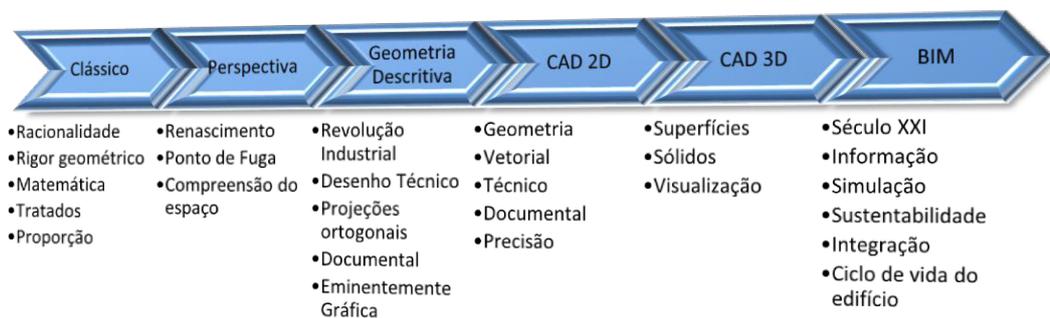
2.5 Modelagem da Informação da Construção e a Representação do Conhecimento

Os recursos da tecnologia da informação vêm sendo incorporados cada vez mais, na produção do edifício e a Modelagem de Informações da Construção apresenta-se como ferramenta cada vez mais presente. Entretanto, em sua maior parte, a produção de edifícios, ainda continua utilizando-se apenas das técnicas tradicionais. Torna-se urgente a formação de profissionais que atuam no projeto e construção de edifícios no sentido do trabalho com a informação como base fundamental da sua atividade.

A Modelagem da Informação da Construção surge em uma sequência histórica com relação à troca de informação entre os profissionais parceiros. A representação do espaço a ser construído é um instrumento para a construção do edifício. O projeto de edifícios apresenta-se como um meio de ligação entre os diversos processos que envolvem a criação do edifício, bem como entre eles e a execução da obra. É o meio de comunicação “escrita” ou registrada entre arquitetos, engenheiros e os demais profissionais envolvidos na concepção e na execução da obra, portanto um documento. A função do desenho é a comunicação da ideia arquitetônica.

A representação gráfica de um objeto, ou o desenho, tradicionalmente foi a maneira mais usual de materialização do projeto, utilizando uma linguagem gráfica para a expressão de uma ideia. A comunicação entre os profissionais envolvidos, documental por princípio, no passado era eminentemente gráfica, feita em originais em papel transparente (papel vegetal), a tinta ou a lápis, e disponibilizada através de cópias heliográficas em papel opaco, geradas a partir desses originais.

FIGURA 4 - Evolução da representação do edifício



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência temporal, o desenho na construção civil, ilustrado na FIG. 4, evoluiu do desenho técnico em papel para o desenho informatizado, com a utilização de programas de Projeto Auxiliado por Computador (CAD), inicialmente ainda desenho técnico em duas dimensões. Com o uso da tecnologia CAD, a comunicação entre profissionais passou a utilizar arquivos digitais, mas com o mesmo raciocínio anterior em termos de fluxo de informação (PEREIRA JUNIOR; BARACHO, 2015).

Em um terceiro momento, os programas CAD passaram a trabalhar também com modelos tridimensionais virtuais, e os edifícios passaram a ser representados em três dimensões. Entretanto, a geometria sempre foi a informação mais relevante.

A próxima evolução da tecnologia CAD consistiu no desenvolvimento do trabalho com as informações não geométricas, cada vez mais fazendo sistematicamente parte dos modelos CAD.

Por fim, tecnologia BIM corresponde à última evolução na comunicação entre profissionais, revolucionando no sentido de que a informação gráfica e geométrica não significa mais a principal referência, e a informação dos elementos da obra passam a ser o princípio gerador do modelo. Além disso, o ato de projetar e as rotinas de tomada de decisão não precisam mais seguir uma ordem sequencial pré-estabelecida e estática.

Modelagem da Informação da Construção ou BIM, do inglês *Building Information Modeling*, é o termo abrangente, que designa uma tecnologia, usado para sistemas computacionais ou *softwares* utilizados em arquitetura, engenharia e construção (AEC) com um novo conceito, baseado em modelo 3D inteligente e com princípios ontológicos, que fornece aos profissionais a visão e as ferramentas para planejar, projetar, construir e gerenciar com mais eficiência edifícios e infraestrutura.

A tecnologia BIM é um dos desenvolvimentos mais promissores em Arquitetura, Engenharia e Construção AEC (EASTMAN et al, 2008). Com o uso de sistemas BIM, os profissionais podem, de forma integrada, construir digitalmente um modelo virtual e preciso do edifício que, quando completo, diferentemente de modelo tridimensional CAD ou desenho bidimensional, contém diversos dados ou informações relevantes necessárias à construção, fabricação e demais atividades para realização da construção, além da geometria precisa (EASTMAN et al, 2008). Assim, o uso da tecnologia BIM significa uma nova metodologia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores, alterando e dinamizando o ciclo da informação. De acordo com Pereira Junior e Baracho (2015) a tecnologia BIM pode ser considerada uma evolução em todo o processo construtivo a medida em que permite novas possibilidades de construção, projeto, planejamento, visualização, representação, processamento, uso e recuperação da informação contida na representação geométrica e o link com os atributos do bando de dados.

Na tecnologia BIM a modelagem não só é tridimensional, mas também é paramétrica e baseada em objetos, o que possibilita a geração de objetos editáveis em suas propriedades e que podem ser alterados automaticamente. A tecnologia BIM proporciona a Arquitetos e Engenheiros recursos que facilitam a representação e a visualização de uma edificação, permitindo a modificação de seus elementos de forma direta e intuitiva, com bastante semelhança à realidade no canteiro de obras (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006), como uma obra virtual. Os modelos BIM permitem a centralização da informação da construção, através da utilização de modelo único, com informações dispostas em arquivos integrados e ligados online. Assim, diversos profissionais podem registrar suas decisões e

compartilhá-las com os demais. As modificações propostas em um projeto específico, ou em uma parte do projeto, propagam automaticamente atualizações em outros projetos ou outras partes. Um modelo BIM deve ser usado de forma integrada, consistente e, idealmente, construído de forma colaborativa entre todos os profissionais parceiros - arquitetura, estrutura e instalações - para ser considerado utilizado de forma plena. O que se percebe hoje é uma subutilização dessa potencialidade em função da dificuldade com o trabalho colaborativo e com a gestão da informação na indústria de AEC.

A ligação entre o trabalho colaborativo e a tecnologia BIM é direta e está nos fundamentos desta. Para Santos e Barison (2011), a tecnologia BIM tem como princípio a criação colaborativa de um modelo digital do edifício. Nesse modelo, cada profissional agrega as informações específicas de cada disciplina. O objetivo da tecnologia BIM vai além da simples automatização das tarefas, como documentação e detecção de interferências. Compreende o estímulo, além do suporte tecnológico e computacional, ao projeto simultâneo, integrado e colaborativo, no qual cada profissional atua com muito mais antecedência que no processo sequencial, e tem capacidade de identificar e dirimir erros que possivelmente só seriam detectados na execução da obra, reduzindo assim tempo de execução e custo, tornando o processo mais eficiente.

Para Santos e Barison (2011) a tecnologia BIM permite o registro de todas as informações de uma edificação, incluindo a geometria 3D e todas as informações e especificações dos componentes da obra, que são armazenadas de forma parametrizada em um único modelo digital. Este registro inclui toda a evolução da edificação no tempo, da concepção, projeto, desenvolvimento, construção, utilização, reutilização até à demolição, considerando todo seu ciclo de vida. Também serve a todos os profissionais envolvidos, incluindo todas as disciplinas. A tecnologia BIM, ao disponibilizar a informação integrada e consistente, facilita e fomenta o uso de outros aplicativos para simulação e análise de desempenho, correspondendo às novas exigências de uma Arquitetura contemporânea. Exige e ao mesmo tempo estimula a colaboração entre os profissionais e novas formas de gestão do empreendimento, incluindo a gestão da informação e do conhecimento.

A proposta da tecnologia BIM está baseada no gerenciamento das informações contidas em todo o processo de planejamento. Propõe ligação entre diferentes formatos da informação juntando textual e gráfica. A gestão da informação está presente no projeto do edifício tanto na organização e controle do ciclo de vida do documento como no controle dos metadados do arquivo e no auxílio ao projeto com articulação entre banco de dados e modelo geométrico.

A questão da organização da informação tem permeado diversos domínios do conhecimento, uma vez que o volume de dados produzidos atualmente em muito ultrapassa

a capacidade biológica de análise de um ser humano. Dessa forma, são necessários processos de representação e organização que possibilitem a recuperação de informação pertinente para o profissional especializado.

O ensino de projeto de Arquitetura ainda levanta muitas questões, principalmente quando se trata da tecnologia aplicada. De acordo com Kowaltowski (2000), além do desafio do ensino de projeto, ocorre em paralelo uma discrepância da inserção da informática. Algumas matrizes curriculares optam pela simples disponibilidade da ferramenta CAD e o aprendizado espontâneo do aluno; já outras optam por oferecer a ferramenta CAD junto como uma matéria/disciplina.

“...a inserção do conhecimento das ferramentas no atelier de projeto não é automática e depende principalmente de atitudes do corpo docente. Vislumbra-se como ideal o ensino de informática integrado às atividades do atelier de projeto. Este ensino não será apenas a tradução das atividades de prancheta para o computador, mas deverá estimular investigações de projeto, aproveitando ao máximo o mundo digital e transformando assim a própria arquitetura” (KOWALTOWSKI et al., 2000, p.3).

Fabricio (2002), afirma que a formação em projeto de Arquitetura e Engenharia Civil, em nível de graduação, é pouco dedicada aos aspectos de gestão do processo de projeto e às interfaces entre o projeto, obra e uso do edifício. O autor também afirma que as disciplinas de projeto são pouco focadas em atividades multidisciplinares. Tanto no ensino de Arquitetura, quanto de Engenharia Civil, a abrangência da formação abarca diferentes ramos de atuação profissional, podendo levar a uma indesejável segmentação dos conhecimentos. Ainda segundo o autor, os atuais modelos de ensino nas universidades não preparam os profissionais da construção civil para tratar de forma global o projeto do edifício. Aponta a pouca atenção dada à preparação dos alunos para atuação em equipes multidisciplinares de projeto, além da falta de estruturação metodológica do processo de projeto.

A tecnologia BIM permite que um modelo virtual e preciso do edifício seja construído de forma integrada por todos os profissionais envolvidos na construção do edifício. Muitas companhias em todo o mundo que estão desenvolvendo projetos utilizando a tecnologia BIM procuram por profissionais que realmente possam trabalhar em projetos BIM (HOLLAND, 2010; BARISON E SANTOS, 2011); e com o intuito de atender a essa demanda, várias matérias estão sendo implantadas pelas escolas para expor os alunos a essas novas ferramentas. No entanto, Barison e Santos (2011) ressaltam que além de novas, essas experiências acadêmicas se baseiam em pedagogias que ainda não foram consolidadas. Segundo Kymmell (2008) é possível que os cursos que planejam introduzir o BIM em seu currículo enfrentem obstáculos como circunstâncias do ambiente acadêmico, dificuldades no aprendizado ou na utilização de ferramentas BIM, e a não compreensão dos conceitos BIM.

A implantação de ateliê de projeto transdisciplinar e entre níveis é a atual tendência (TAIEBAT; KU; MCCOY, 2010)

Segundo Checcucci, Pereira e Amorim (2011), das publicações feitas por pesquisadores sobre o BIM, 24% se encaixam em uma categoria definida pelos autores como “descrições e análises sobre experiências de ensino utilizando o BIM”. Os mesmos autores também afirmam que a tecnologia BIM está aos poucos fazendo parte da preocupação no ensino da Engenharia e Arquitetura, e que é pequena a difusão de material sobre o tema que possa ser acessado livremente, trazendo assim, dificuldades ao desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa.

Checcucci, Pereira e Amorim (2011) apontam para a necessidade da ampliação das pesquisas em BIM considerando o aumento das exigências a que o setor de AEC está submetido para a produção de edificações mais eficazes e eficientes. Os autores verificaram um aumento recente da difusão da tecnologia BIM, entretanto consideram que o seu emprego ainda se dá de forma incipiente no Brasil.

Um aspecto importante discutido por Barison e Santos (2011) é que, para uma organização se beneficiar plenamente da tecnologia BIM, é necessário que disponha de profissionais, especialmente aqueles de nível superior, Engenheiros e Arquitetos, devidamente formados sobre os novos conceitos e tecnologias para o trabalho colaborativo. Destaca-se, portanto, o papel da Universidade e dos cursos de Engenharia e Arquitetura na formação de profissionais devidamente preparados para o trabalho com os novos paradigmas que o BIM pressupõe: a colaboração. A experiência profissional adquirida no próprio mercado pode ser de grande valia, mas considerando que ainda são poucos os escritórios e construtoras que adotaram o BIM como ferramenta cotidiana, a formação escolar torna-se fundamental.

Se, portanto, a Modelagem de Informação da Construção é uma evolução no processo de projeto, pois permite novas possibilidades de visualização e processamento da informação, poderá tornar-se também uma evolução no processo de aprendizagem de projeto de arquitetura, design estrutural e instalações prediais. As vantagens, relacionadas com a melhor coordenação dos elementos construtivos e suas interferências, com a redução das horas de trabalho, com o crescimento na produtividade, com a melhoria da qualidade dos desenhos e detalhamentos e com o controle centralizado do conteúdo e das versões dos documentos de projetos, devem expandir-se dos escritórios e construtoras para a sala de aula na universidade.

Novos instrumentos têm sido planejados e experimentados por educadores com o objetivo de melhorar os resultados da aprendizagem. Uma abordagem possível para melhorar os ambientes de aprendizagem com uso da tecnologia da informação está centrada

na criação de ferramentas computacionais e representações virtuais para que os alunos possam manipular. Contudo, para a aprendizagem de projeto de edifícios, pode-se partir do pressuposto que não há necessidade da criação de ferramentas computacionais específicas para cada disciplina. Os aplicativos BIM disponíveis, utilizados pelos escritórios de Arquitetura e Engenharia para a produção de projetos, já são ambientes de simulação virtual do edifício e, portanto, podem ser utilizados como instrumento de aprendizagem.

As projeções ortogonais adquirem outro papel no desenvolvimento de um projeto de Arquitetura com a utilização da Modelagem de Informação da Construção. Apresentam-se como suporte no processo de modelagem de objetos paramétricos com a integração entre as disciplinas. Assim, a projeção ortogonal não é mais apenas um desenho a ser produzido como fim último da representação técnica do projeto, mas também um olhar sobre o objeto tridimensional virtual, não como desenho, mas como parte de um processo de modelagem cujo fim é a construção virtual do edifício envolvendo todos os sistemas.

O uso de Modelagem de Informação da Construção apresenta-se como um instrumento útil para a melhoria da aprendizagem nos ateliês de projeto de forma construtivista. Por meio dos programas BIM, o aluno poderá ser introduzido no universo virtual tridimensional paramétrico, poderá manipular e criar objetos arquitetônicos e construtivos, em conjunto com suas informações relevantes, agindo sobre esse espaço e obtendo a resposta visual consequente de sua ação. A adoção de um sistema BIM tem como objetivo oferecer ao aluno um ambiente virtual que simule a construção, no qual a aprendizagem ocorre por experimentação, por meio de ações sobre objetos previamente fornecidos ou criados, e por observação instantânea dos resultados dessas ações.

O uso da Modelagem de Informação da Construção e o Projeto Simultâneo podem romper com a separação formal entre as matérias relativas aos sistemas que compõem o edifício - vedação, estrutura e instalações - tradicionalmente abordadas em disciplinas distintas, permitindo seu trabalho de forma integrada e concomitante.

Verifica-se também um grande percentual de trabalhos sobre experiências de ensino, o que demonstra que a BIM está, pouco a pouco, fazendo parte das preocupações no ensino de arquitetura e engenharia. Além disto, uso da BIM em projetos de arquitetura, a colaboração e interoperabilidade são temas recorrentes das pesquisas. De um modo geral, os trabalhos demonstram que a tecnologia ainda está numa fase inicial de implantação no país. Com isso, infere-se a necessidade de aprofundamento de pesquisas nestes e em outros eixos temáticos, como: BIM num contexto mais amplo do ciclo de vida das edificações, questões relativas a normatização e ferramentas e padrões BIM adequados à realidade brasileira. (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2011).

Em 2013 e 2015 foram lançados dois fascículos do Guia AsBEA boas práticas em BIM, organizado pelo Grupo de Trabalho BIM da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), com o apoio do Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU/BR), com instruções sobre o uso de ferramentas digitais BIM nos projetos de arquitetura e toda a cadeia produtiva da construção civil. O primeiro fascículo (GTBIM, 2013) aborda a estruturação de um escritório de projeto para a implantação da tecnologia BIM, envolvendo plano de implementação, definição de usos, equipes, parque informático, treinamento, processos, fluxos de trabalho, padrões e produtos. O segundo fascículo (GTBIM, 2015) aborda mais especificamente o fluxo de projetos em BIM, planejamento e execução, com grande ênfase aos procedimentos de colaboração e controle de qualidade. Os guias simbolizam um esforço dos escritórios de Arquitetura em proporcionar aos profissionais facilitadores para a implantação e disseminação da tecnologia BIM

Para Garber (2014) a modelagem de informação da construção (BIM) está revolucionando o projeto e a construção de edifícios, com um potencial de otimizar a capacidade criativa do Arquiteto e reduzir os riscos no processo, afastando do projeto os problemas utilitários da construção, configurando um novo e impressionante futuro no ambiente construído. O autor, professor associado da Faculdade de Arquitetura e Design do Instituto de Tecnologia de New Jersey e sócio da GRO *Architects*, percebeu o potencial criativo da modelagem de informação da construção e explora as operações cotidianas de projeto, as atividades colaborativas, os aspectos generativos e de *design* gerativo, o desenvolvimento criativo de geometrias paramétricas, a avaliação do desempenho ambiental, a simulação e programação de operações de construção e fabricação, as operações que podem aprimorar o *design*, em vez de simplesmente torná-lo mais eficiente, e as eficiências pragmáticas do BIM, como a verificação de conflitos de sistemas prediais e a criação de listas de materiais e orçamento (GARBER, 2014). O autor usa projetos para ilustrar a aplicação criativa do BIM em uma variedade de escalas, mostrando o trabalho de empresas que executam projetos em todo o mundo, incluindo: SHOP *Architects and Construction* (Nova York), Morphosis (Los Angeles), Populous (Londres), GRO *Architects* (Nova York), Resier + Umemoto (Nova York), Gensler (Xangai) e UN Studio (Amsterdã). Com exemplos didáticos e bem ilustrados fica claro que uma nova Arquitetura surge a partir do instrumento utilizado pelo Arquiteto, significando de fato um novo paradigma.

O ano de 2018 foi descrito por muitos como o ano do BIM no Brasil. Um dos motivos para esta caracterização está o lançamento pelo Governo Federal, em 16 de maio de 2018, de uma estratégia para promover a inovação na indústria da construção, conhecida como Estratégia BIM BR, com finalidade de proporcionar investimento e difusão da tecnologia BIM. Foi instituída pelo Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 (BRASIL, 2018b). Foi criado

o Comitê Gestor (CG-BIM)⁶, composto por representantes de nove Ministérios, à época: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, Casa Civil da Presidência da República; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Ministério das Cidades; Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão; Ministério da Defesa; Secretaria Geral da Presidência da República; Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil; e Ministério da Saúde.

O objetivo desse Comitê Gestor é implementar a Estratégia BIM BR, gerenciar suas ações e desempenho, monitorar seu progresso, verificar o cumprimento das metas e promover iniciativas de correção ou aprimoramento.

A definição de uma estratégia nacional por parte do governo central sinaliza a importância do tema, indica a escolha feita pelo uso da tecnologia BIM como vetor de inovação, qualidade e produtividade para construção civil brasileira, a reconhece como novo modelo e um novo paradigma no desenvolvimento de projetos, gestão e manutenção de obras, e admite a complexidade de implementação desta tecnologia.

Um dos objetivos da Estratégia BIM BR é estimular a capacitação em BIM, com resultado esperado de elevação do nível de qualificação profissional, confirmado a existência de uma lacuna na formação dos profissionais envolvidos em AEC neste tema.

Para o Governo Federal, a perfeita utilização da tecnologia BIM exige que os profissionais tenham pleno conhecimento dessa metodologia e estejam adequadamente capacitados para as implicações resultantes dessa mudança de paradigma. O poder público, então, concorda que a capacitação apropriada é essencial para que a tecnologia BIM seja de fato compreendida, adotada e consolidada no mercado brasileiro (BRASIL, 2018a).

Ainda segundo o documento, estão previstas as seguintes ações para a promoção da capacitação dos atores envolvidos:

- Estabelecer objetivos de aprendizagem e competências BIM para cada nível de atuação de modo a orientar o mercado a ofertar cursos;
- Capacitar em BIM gestores e servidores públicos;
- Estimular maior inserção do BIM nas disciplinas de graduação e pós-graduação em Engenharia e Arquitetura;

⁶ Legislação aplicável:

Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 - Institui o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling (CE-BIM).

Resolução nº 1, de 4 de dezembro de 2018 - Aprova o Regimento Interno do Comitê Gestor da Estratégia BIM BR - CG-BIM

Resolução nº 2, de 4 de dezembro de 2018 - Designa os membros do Grupo Técnico (GTEC-BIM)

Resolução nº 3, de 4 de dezembro de 2018 - Institui dois Grupos de Trabalho

- Estimular a certificação em BIM de profissionais.

2.6 Sustentabilidade

O tema sustentabilidade exerce hoje um papel fundamental em todas as discussões e ações sobre Arquitetura e produção de edifícios. É consenso que se deve procurar alternativas de projeto e produção viáveis em busca do bem-estar das pessoas e conservação do planeta.

Os impactos da indústria de AEC no meio ambiente natural são abundantes, excessivos, se espalham em várias direções e são de longo prazo, vão desde a extração de matérias-primas até o fim da vida útil dos produtos construídos (TELLO; RIBEIRO, 2012). São apresentados, a seguir, alguns exemplos da responsabilidade da indústria de AEC (PNUD, 2011):

- 12% do consumo total de água.
- Emissões de gases de efeito estufa significativos: a produção de cimento é responsável por 5% e o uso de energia em edifícios, 33%.
- 40% de todos os resíduos gerados pela sociedade.

A palavra sustentabilidade aparece inicialmente associada ao termo desenvolvimento sustentável, cuja definição foi apresentada pelo relatório de Brundtland, intitulado *Nosso Futuro Comum*, da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, em 1987: desenvolvimento sustentável é aquele “que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987). Esta definição pode ser considerada a mais próxima do consenso oficial.

O tema sustentabilidade caracteriza-se por ser uma pauta ao mesmo tempo ambiental, social e econômica. Elkington (1999) apresentou um novo paradigma gerencial: negócios sustentáveis. O autor identificou a sustentabilidade como um novo modelo de gestão de negócios, no qual devem ser considerados não apenas o ponto de vista financeiro, que visa o retorno ou lucro para os acionistas, mas também o social, promoção e justiça, e ambiental, relativo à proteção dos recursos naturais do planeta.

A relação entre Arquitetura e ambiente não é nova, mas apenas no final do século passado as questões de sustentabilidade chegaram à agenda da Arquitetura e do Urbanismo de forma definitiva. A sustentabilidade constitui um dos componentes do atual paradigma da produção de edifícios.

Os edifícios e as cidades foram e são construídos sobre - e substituem - o ambiente natural. Este fato já coloca em oposição a relação entre Arquitetura e

sustentabilidade. Além disto, as cidades, com predomínio do ambiente construído, são os lugares onde acontece o maior consumo de materiais, água e energia, produzindo grandes impactos negativos sobre o meio natural remanescente. Se forem somados à realidade contemporânea da indústria de AEC, baseada no uso de materiais e técnicas com elevado custo energético, no alto grau de desperdício e na crescente ampliação da geração de resíduos, chega-se à conclusão que todo e qualquer esforço no sentido de minimizar estes problemas deve ser feito. A Arquitetura contemporânea deve responder a essa demanda.

Três temas estão em evidência na produção de edifícios: desempenho das construções, sustentabilidade de edifícios e a tecnologia BIM (PAULA; UECHI; MELHADO, 2013), e apresentam relações diretas e importantes. O foco no desempenho das edificações é uma tendência atual e envolve a concepção, o projeto, a produção e a operação dos edifícios. Entretanto, este desempenho deve incorporar os conceitos, estratégias e exigências de sustentabilidade. A modelagem da informação da construção, como estratégia de representação, as novas configurações do trabalho colaborativo e simultâneo, as práticas de GOC e as novas tecnologias IoT se apresentam como suporte e solução em busca de desempenho e sustentabilidade.

Paula, Uechi e Melhado (2013) listaram itens exigidos para a produção de edifícios sustentáveis. Pode-se acrescentar a relação com os novos paradigmas da produção de edifícios discutidos neste trabalho:

- A introdução de novos métodos e ferramentas para a avaliação de edifícios, com abordagem do edifício como um todo e melhor entendimento sobre a interação de componentes e seu desempenho geral. Um modelo BIM trabalha representação de todo o edifício em todos os seus aspectos, com uma proximidade grande com o real, parte da relação entre objetos construtivos e possibilita a utilização cada vez maior de ferramentas de análise comportamental. O uso de IoT nas edificações traz a possibilidade de acompanhamento a avaliação dos componentes do edifício e, conseqüentemente, de seu desempenho.
- O uso de novos materiais e novas soluções técnicas. A tecnologia BIM apresenta-se como uma nova ferramenta de projeto, produção e gestão operacional dos edifícios, podendo se relacionar com novos equipamentos e componentes de soluções IoT.
- A integração de novos agentes e melhor arranjo e interação de incorporadores, projetistas e construtoras. O trabalho colaborativo, projeto simultâneo com uso da modelagem da informação da construção, práticas de GOC e as possibilidades de interação entre edifícios/cidades/vida inteligentes ampliam de forma colossal as possibilidades de interação entre usuários, profissionais, construtores, incorporadores, fornecedores e poder público, e trazem para o cenário novos agentes – pessoas, equipamentos e

sistemas – como, por exemplo, gestores operacionais, empresas de entrega, semáforos e sensores.

- Novas competências e entendimento sobre construção sustentável por agentes envolvidos. A sustentabilidade apresenta-se como o motivo e a justificativa para toda a mobilização em torno desse novo paradigma da produção de edifícios.
- Novos procedimentos, tais como caminhos para a certificação ambiental e controle da qualidade. A adoção, pelas empresas, de novas tecnologias, novos materiais, IoT, Trabalho colaborativo, práticas de GOC e BIM facilitam esta busca pela certificação ambiental.

Diversos autores levantaram a relação entre a modelagem da informação da construção e a sustentabilidade (PARK et al, 2012; AZHAR et al, 2011; BYNUM; ISSA; OLBINA, 2013). A sustentabilidade apresenta-se para a indústria de AEC como meta e justificativa para mudança de práticas e métodos, os conceitos de modelagem da informação da construção mostra-se como suporte para integrar agentes, processos e análises, e as práticas de GOC revela-se como instrumento para o desenvolvimento do projeto e construção de edifícios sustentáveis reconhecendo o problema informacional empregando um esforço colaborativo.

Chong, Lee e Wang (2017) apresentaram uma revisão de bibliografia sobre a adoção da tecnologia BIM para a sustentabilidade, realçando que certos aspectos da sustentabilidade foram destacados em estudos recentes sobre BIM. A revisão contou com 91 publicações acadêmicas e 36 diretrizes, e apresentou como resultado que as categorias de planejamento, projeto, construção, consumo de energia, operação e manutenção são o foco dos padrões e diretrizes BIM. Os autores reforçam a característica da tecnologia BIM de ser uma plataforma colaborativa, enfatizam que novas ferramentas de BIM são necessárias para avaliar os critérios de sustentabilidade, indicam que os conceitos BIM devem perpassar não só as fases de projeto e construção, mas atingir a renovação e a demolição para a sustentabilidade plena do edifício e destacam a necessidade de aprimoramento da interoperabilidade entre as plataformas BIM e os sistemas de simulação de energia nos edifícios. As diretrizes da modelagem da informação da construção estão alinhadas com as diretrizes de sustentabilidade.

Reizgevičius et al (2018) reconhecem a tecnologia BIM como um potente impulsionador da indústria de AEC em direção à sustentabilidade, mas apresentam estudo demonstrando que as empresas de projeto investem em tecnologia BIM meramente por razões econômicas e de melhorias na eficiência do trabalho em projeto. Torna-se urgente, portanto, a ampliação da discussão sobre o valor da sustentabilidade como objetivo último e as potencialidades da tecnologia BIM neste caminho.

Reychav, Maskil Leitan e Mchaney (2017) apontam a sinergia natural entre a tecnologia BIM a sustentabilidade na construção de edifícios, mas revelam nem sempre este potencial é explorado pelas empresas. Afirmam que os aspectos técnicos do uso da tecnologia BIM concentram o interesse da maior parte da literatura e que aspectos sociais e culturais de sua aplicação são ignorados. O trabalho colaborativo, a ampliação do foco para toda vida útil do edifício, a ampliação dos atores, e extensão para a vida inteligente representam o caminho em direção à sustentabilidade social e cultural no processo de produção do edifício.

No contexto brasileiro, em 2012 a ASBEA lançou o Guia de Sustentabilidade na Arquitetura - diretrizes de Escopo para projetistas e contratantes (ASBEA, 2012). Apresenta aspectos conceituais, normativos e de metodologia de projeto, além de um glossário. Tem como objetivo melhorar as condições de sustentabilidade no desenvolvimento de projetos de arquitetura de urbanismo. Entre diversos temas discutidos, entre eles programa do empreendimento, condicionantes locais e diretrizes projetuais, há um capítulo destinado à Gestão Integrada de Projeto. O trabalho aponta que existem novos requisitos de projeto de edifícios, em um nível de exigência sem precedentes, entre eles atender às demandas de sustentabilidade, como um ato coletivo, a interação entre arquitetos e outros e diversos agentes do empreendimento, além da ampliação das disciplinas envolvidas. Apresenta a gestão integrada de projetos, a produção digital em sistema único de produção e o trabalho no mesmo objeto virtual como caminho (BIM).

Também em 2012 a Câmara Brasileira da Indústria da Construção lança o Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção (TELLO; RIBEIRO, 2012). Nesta lista de boas práticas estão a incorporação da sustentabilidade como parâmetro de qualidade a ser gerenciado, o desenvolvimento de sistema integrado de gestão e a adoção da tecnologia BIM.

Como benefícios do uso da tecnologia BIM em busca da sustentabilidade estão (TELLO; RIBEIRO, 2012):

- “Identificação prévia de interferências e erros de projeto, permitindo o estudo de soluções alternativas.
- Visualização mais amigável, imediata e simultânea de todas as disciplinas envolvidas no projeto, tornando mais eficaz a comunicação entre os diferentes profissionais envolvidos e facilitando a compatibilização dos diferentes projetos.
- Análise e definição de melhores formas de executar a obra, uma vez que a tecnologia permite controlar, adaptar e modificar o empreendimento antes de ele se tornar realidade.
- Redução no volume de retrabalho, aumento da produtividade e melhoria da segurança no ambiente de trabalho.
- Controle mais rigoroso sobre o cronograma e perspectivas de custos mais precisas.

- Redução do consumo e desperdício de materiais e, também, da geração de resíduos.”

Assim, os conceitos, estratégias e práticas de GOC, de GIC, KOS e o trabalho colaborativo, a utilização da modelagem da informação da construção e do projeto simultâneo na produção do edifício caminham juntos na busca pela sustentabilidade através da valorização do planejamento e do projeto. Se enquadram, portanto, no grupo das boas práticas de sustentabilidade no ambiente construído.

2.7 Internet das Coisas - IoT

A Internet das Coisas (IoT) conecta objetos e serviços físicos à Internet, permitindo comunicação objeto-objeto e pessoa-objeto. Para Yang, Liu e Liang (2010, p. 358), "ao permitir novas formas de comunicação entre pessoas e coisas, e coisas entre si, a IoT adicionaria uma nova dimensão para o mundo de informação e comunicação da mesma forma que a internet fez anteriormente".

Para Lacerda e Lima-Marques (2015), Internet das Coisas “são sistemas, no sentido amplo, interligados entre si em diferentes escalas, formando ecossistemas com componentes biológicos, materiais, urbanos – tendo em comum a informação como substrato”.

O termo IoT refere-se à integração de entidades físicas - dispositivos ou equipamentos - e virtuais - sistemas ou modelos - em redes conectadas à Internet, com existência de coleta, troca e armazenamento de dados gerados nesses processos em estruturas de nuvem, para fins de processamento, análise, tomada de decisão e inferências (ALMEIDA, 2015).

A IoT foi possível a partir do desenvolvimento e ampliação das capacidades das redes de comunicação e dos processadores e circuitos eletrônicos atuais. Os equipamentos, máquinas e produtos industriais que até então funcionavam isolados, passam a ter capacidade de processamento e comunicação de dados, conexão, comunicação, e acesso à internet embutidas. Assim, automóveis, telefones, televisores, geladeiras, câmeras e sensores passam a apresentar capacidade de sentir o ambiente, perceber seu estado e o de outros, além de intercambiar, solicitar, fornecer, delegar, gerenciar e trocar informações, possibilitando novos usos, personalização, automação e análises de desempenho.

Considerando a colocação Cerp-IoT (2009) a internet das coisas propõe uma rede de informação integrada, uma infraestrutura de rede dinâmica e global, baseada em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis nos quais as coisas físicas e virtuais tem identidade, atributos físicos e personalidades virtuais. Essa definição faz referência direta à necessidade de utilização de ontologias para a representação dessa informação na busca da padronização e interoperabilidade. Outro ponto importante é a

utilização de interfaces inteligentes. Acrescenta-se a capacidade de autoconfiguração com a possibilidade de aprendizagem e autodesenvolvimento. Com IoT espera-se que as coisas se tornem participantes ativas, insiram aprendizagem e inteligência, participem dos processos informacionais e sociais com a capacidade de interagir e comunicar com o ambiente por meio dos dados e informações recebidas desse próprio ambiente.

2.8 Cidades Inteligentes ou *Smart Cities*

As cidades inteligentes usam informação e tecnologia física, combinadas na Internet das Coisas, para otimizar a infraestrutura da cidade e torná-la mais eficiente, mais habitável e mais sustentável. São aquelas que usam *smart computing* para tornar os componentes das infraestruturas e serviços críticos - incluindo a administração, educação, saúde, segurança pública, edifícios, transportes e *utilities* - mais inteligentes, interconectados e eficientes (WASHBURN; SINDHU, 2010).

As cidades inteligentes usam sistemas inteligentes e de tecnologia da informação no planejamento, gerenciamento e monitoramento do ambiente urbano. Os aplicativos de cidade inteligente mais comuns envolvem comércio eletrônico, governo eletrônico, administração eletrônica, soluções de transporte e mobilidade, gerenciamento de energia, distribuição de energia elétrica, gás, água, dados, e coleta de esgotos e resíduos sólidos.

Outro campo que já repercute no tema cidades inteligentes é o uso de sensores que são capazes de fornecer dados, além de equipamentos capazes de receber e combinar esses dados e atuar no ambiente. Esse emaranhado de estruturas trouxe o estímulo para a pesquisa de *design* de novos sistemas para garantir os desafios de desempenho, reutilização e interoperabilidade da Internet das Coisas (IoT) no domínio da cidade inteligente. Bonino et al (2015) apresentaram uma plataforma de cidade inteligente para integrar redes de acesso à Internet das Coisas, rede capilar e acesso ao metrô, para oferecer serviços inteligentes às pessoas e permitir processos de cidade inteligente. A abordagem usada enfocou a operação de forma coletiva entre diferentes administrações e empresas e explicou as características de confiança, segurança e compartilhamento de dados.

“As novas aplicações da Internet das Coisas (IoT) estão permitindo iniciativas de cidade inteligente em todo o mundo.” (KIM; RAMOS; MOHAMMED, 2017). A tecnologia de IoT amplia para a cidade a capacidade de monitorar, gerenciar e controlar remotamente equipamentos e dispositivos. A partir de grande volume de dados, processados em tempo real, novas informações e *insights* são criadas. Uma cidade inteligente tem, portanto, alto e abrangente grau e integração, interoperabilidade e inteligência. “Com o suporte técnico da IoT, a cidade inteligente precisa ter três características: de ser instrumentada, interconectada e inteligente” (KIM; RAMOS; MOHAMMED, 2017).

Em um ponto de vista macro, as cidades são sistemas complexos que exigem que os planejadores urbanos tenham uma visão sistemática integrada sobre suas variáveis e correlações. O uso da TI abre portas para o desenvolvimento de uma visão sistêmica que apoia a tomada de decisão mais assertiva nas estratégias de desenvolvimento das cidades.

Segundo Komninos et al. (2015), cidades inteligentes são criadas tanto por processos *top-down* quanto *bottom-up* “em que forças de mercado e planejamento estratégico se unem para construir redes de banda larga, sistemas operacionais urbanos, sistemas embarcados e software, todos eles mudam o funcionamento e a vida nas cidades.”

Em um ponto de vista micro, a democratização dos *smartphones* e o aumento das habilidades digitais da população aumentam o desenvolvimento de cidades inteligentes e o uso de concessões de cidades inteligentes na vida dos cidadãos - vida inteligente. Dá aos cidadãos acesso aberto à informação, promovendo comunidades colaborativas e ambientes de inovação. Segundo Komninos et al (2015) aplicações de cidade inteligente destacam o surgimento de uma cultura popular tecnologicamente competente e a crença no papel progressivo da tecnologia.

Esse movimento social para criar e usar aplicativos é um grande marco na criação de cidades inteligentes. Ele é sustentado por kits de ferramentas de desenvolvimento de aplicativos, plataformas de nuvem, sistemas de gerenciamento de conteúdo, compilação e reutilização de *software* existente, comunidades abertas de desenvolvedores, *hackathons* e habilidades digitais disseminadas, que juntos quebram barreiras à tecnologia, reduzem os custos de entrada e fazem soluções urbanas disponíveis para qualquer cidade, comunidade urbana ou rural.

Cidade Inteligente engloba o conceito de Cidade Sustentável que surge da união do desenvolvimento econômico alinhado com a conservação do meio ambiente. Utilização de recursos naturais, eficiência energética, água, obras, ar. Uso racional de materiais e tecnologias. Os propósitos de uma cidade sustentável incluem valores sociais e econômicos, erradicação da pobreza, fome zero, agricultura sustentável, saúde e bem-estar, educação de qualidade, água potável e saneamento, energia limpa e acessível, trabalho, crescimento econômico, indústria, inovação, infraestrutura, redução de desigualdades.

Por que tornar as cidades mais inteligentes? Segundo dados da UNU (UNITED NATIONS, 2018) a população mundial chegou em 2018 a 7,6 bilhões de pessoas, das quais 55,3% moram em áreas urbanas. Outros dados revelam que duas em cada três pessoas viverão em cidades até 2030. Em alguns países a taxa de urbanização pode atingir 80%. Com a ascensão crescente das cidades a nível global, a grande preocupação agora é melhorar cada vez mais a qualidade de vida dos cidadãos urbanos.

Em 2007 a Terra se tornou de fato um planeta urbano, quando foi ultrapassado a metade da população mundial vivente em cidades (ASBEA, 2012, p.8).

O conhecimento amplamente difundido de que as cidades, com suas atividades, serviços e transportes, consomem por volta de 40% dos recursos naturais extraídos e 50% da produção de energia, contribuem com aproximadamente 50% dos resíduos sólidos e são responsáveis por até 75% das emissões de gás carbono, impõe a necessidade de uma revisão urgente de atitudes e procedimentos dos setores responsáveis, tanto privados quanto públicos (ASBEA, 2012, p.8).

Torna-se importante tornar as cidades mais inteligentes e sustentáveis, em busca da diminuição do impacto ambiental das atividades humanas, redefinindo as condições de utilização de recursos, gerenciamento de resíduos, mobilidade e energia.

As cidades inteligentes devem estar associadas a outros conceitos importantes como tecnologia inteligente, indústria inteligente, serviços inteligentes, gerenciamento inteligente e vida inteligente (KIM; RAMOS; MOHAMMED, 2017).

2.9 Edifícios Inteligentes ou *Smart Building*

Um edifício inteligente emprega tecnologia da informação e sistemas inteligentes aplicados para administrar, obter eficiência, trazer conforto para os usuários, minimizar custos e atingir a sustentabilidade nas fases de concepção, projeto, construção, operação, manutenção e restauração do edifício, aumentando sua performance e envolvendo todo seu ciclo de vida. Nele, todos os componentes são integrados de forma a trabalharem juntos. Possui instalação e uso de sistemas avançados e integrados, incluindo automação residencial, segurança, telecomunicações, sistemas personalizados e sistemas de manutenção predial.

O *Intelligent Building Institute* (IBI) em Washington, DC, usou pela primeira vez o termo "edifícios inteligentes" nos EUA no início dos anos 80. Um edifício inteligente é aquele que pode integrar vários sistemas para gerenciar recursos de forma coordenada, com o objetivo de maximizar o desempenho técnico, a economia de investimento e os custos operacionais, bem como a flexibilidade (CLEMENTS-CROMME, 1997). A inteligência pode ser considerada uma capacidade cognitiva geral inata para os seres humanos. No entanto, quando Piaget (PIAGET; INHELDER, 1993) define inteligência como capacidade de processamento de informações no equilíbrio adaptativo entre o indivíduo e seu ambiente, é possível ampliar a definição para entender como as pessoas usam edifícios e interagem com o ambiente interno, seus elementos construtivos e o ambiente externo. Assim, edifícios inteligentes expõem sistemas baseados em conhecimento que são usados para executar tarefas que requerem conhecimento. Para aproveitar plenamente, em edifícios, esta inteligência deve ser aplicada no conceito, na construção e na operação, tanto por clientes,

arquitetos e engenheiros, construtores e gestores operacionais (CLEMETS-CROMME, 1997). Neste cenário, a tecnologia BIM e a Internet das Coisas têm muito a contribuir.

Um componente importante no planejamento, construção e operação inteligentes de um edifício é a modelagem da informação da construção (BIM) que trabalha com um modelo virtual incluindo todas as especificações para a construção e operação do edifício, desde o modelo geométrico até a especificação de materiais, propriedades e processos de fabricação e construção, incluindo planejamento de manutenção, descarte e uso de insumos como energia. Em todas as fases a tecnologia BIM apresenta-se como suporte.

Na fase de planejamento e projeto, os sistemas de informações inteligentes suportam a eficiência, a precisão e o compromisso com o real da modelagem, a produtividade e precisão da equipe, e a interação e colaboração entre os atores.

De acordo com Fadeyi (2017), a automação predial e os sistemas inteligentes de construção, a estabilidade estrutural do edifício, a resistência a terremotos, ventos e tempestades, a segurança contra incêndios, a facilidade de manutenção, a eficiência de recursos (energia, água e materiais) e as condições de segurança são exemplos de determinantes da condição de integridade predial. Por exemplo, um jardim no terraço pode aumentar a eficiência energética, coletar água para consumo e oferecer oportunidades de exercício e lazer ao ar livre acessíveis.

Na fase de construção, as principais variáveis que interagem com o conceito inteligente são custo, desperdício de materiais no local, tempo de construção e gestão de pessoas. De um ponto de vista geral, todas as variáveis nas fases de projeto e construção estão relacionadas à eficiência. Nesta fase, a tecnologia BIM é usada para prevenir o desperdício e o uso de processos de construção eficientes que minimizam o tempo e o custo de construção.

Quando se trata da fase de operação do ciclo de vida do edifício, o conceito inteligente pode ser especificamente relacionado ao desempenho funcional. Este, como se estivesse relacionado à eficiência, também depende do conforto e bem-estar do usuário. Inclui a qualidade do ar interior, temperatura, luz, condições espaciais e acústicas. A operação do edifício inteligente inclui, portanto, a ventilação e purificação do ar interno, a regulação do aquecimento e resfriamento, a iluminação natural e artificial e as condições acústicas para que sejam eficientes e promovam e garantam o conforto dos moradores.

A tecnologia BIM trabalha com uma construção virtual. Nela é possível fazer estudos, simulações, visualizar e antever o comportamento do edifício antes que ele seja construído e exista fisicamente. Mas também é possível criar um modelo virtual, na fase de projeto, otimizado para a construção e para sua operação, em todo seu ciclo de vida, e que possa ser utilizado como referência nessas fases. Em um modelo BIM, é possível prever e

simular o consumo energético, de água, de ar condicionado em uma edificação. E esta previsão serve como parâmetro para seu monitoramento futuro. Diante da possibilidade de instalação de sensores no edifício para realizar medições, avaliações e para conhecer seu comportamento, o monitoramento inteligente de uma edificação serve para verificar as previsões da fase de projeto feitas no modelo BIM, permitir uma manutenção mais eficiente e fornecer um registro da vida e da história do edifício. O modelo 3D virtual BIM pode ser útil, portanto, não só na fase de projeto, mas também na construção e manutenção, indo além da geometria e do planejamento, envolvendo o uso desse modelo na operação, manutenção, gerenciamento, avaliação, acompanhamento, reforma, chegando até ao desmanche, demolição ou desmontagem, reciclagem e descarte.

A tecnologia BIM já se apresenta consolidada no apoio à construção de edifícios, principalmente nas fases de conceito ou projeto e construção, na medida em que projetistas e construtores utilizam modelos BIM para elaboração de projetos e obras de edifícios. Próximo passo seria utilizar a tecnologia BIM para as etapas de operação de um edifício, bem como sua integração com as etapas anteriores, e por profissionais encarregados da gestão, administração e manutenção. Em um edifício inteligente, seu projeto deve facilitar as operações de manutenção e a observação dos seus elementos construtivos e dos espaços e ambientes deve durar todo o seu ciclo de vida. Assim, torna-se necessário uma visão integradora de diversas tecnologias aplicadas, das envolvidas no projeto, na construção e no monitoramento e manutenção. Envolve, assim o uso de sistemas avançados e integrados. Os edifícios inteligentes, além de sustentáveis e seguros, devem ser flexíveis e adaptáveis, e a integração entre as tecnologias BIM e IoT podem auxiliar neste processo.

Algumas características da tecnologia BIM são fundamentais para importância de sua utilização em edifícios inteligentes. Um modelo BIM de um edifício é um modelo digital, com características geométricas em 3D associadas às demais características funcionais dos elementos, e dispostos em modelo único, o que traz a centralização das informações. A modelagem é paramétrica com conceitos de AEC, com organização hierárquica e semântica, interpretação inequívoca, extração automática de informações e significado preservado ao longo do ciclo de vida. Assim, um modelo BIM serve como um recurso de conhecimento compartilhado para informação sobre uma construção formando uma base confiável para tomada de decisão ao longo do ciclo de vida da construção.

Na AEC, a IoT possibilita o gerenciamento de atividades rotineiras nos edifícios e nas cidades sem a presença de um humano. Para além do trivial da vida cotidiana e da automação residencial diária, como ligar o ar condicionado, a máquina de lavar roupa ou a cafeteira elétrica antes de chegar em casa ou despertar, a IoT pode auxiliar a indústria da construção civil na melhoria de todo o sistema de manutenção e controle de desgastes de

máquinas, materiais e componentes. Estas tarefas passam e ser realizadas no domínio dos sensores e não mais a partir da observação direta de seres humanos. A IoT vem transformar o papel dos técnicos, arquitetos, engenheiros e profissionais de gestão e manutenção predial.

Em AEC, o uso da IOT amplia a utilização de equipamentos que melhorem o acompanhamento e a manutenção de um determinado edifício ou até mesmo de sistemas urbanos inteiros, como, por exemplo, a utilização de sensores para controle de lâmpada queimada, consumo e distribuição de consumo de água ou energia elétrica.

Os dispositivos de Internet das coisas coletam dados em tempo real. A quantidade de informação é muito grande e seu processamento e extração de ações exige o correto posicionamento de cada dispositivo no espaço e a sua relação com cada elemento dos sistemas que compõe a edificação.

Por fim, e talvez mais importante para a integração entre as tecnologias BIM e IoT, estão os vínculos para aos ambientes, que são subdivisões do espaço em um modelo BIM, com base em elementos divisores como paredes, pisos, telhados e tetos, que são definidos como delimitantes de ambiente. Além do obvio de usar os ambientes em um modelo para calcular distâncias, áreas e o volumes, o compartilhamento de informações de ambientes entre os sistemas BIM e os sistemas de gerenciamento dos equipamentos de IoT são fundamentais.

Numa análise mais profunda, para os edifícios inteligentes é necessário o estabelecimento das relações entre os ambientes. Relações espaciais e de uso. A utilização de ontologias pode ser útil. Quais ambientes são ligados fisicamente a quais ambientes: passagem de pessoas, de ar, de tubulações, visual. Quais ambientes são ou podem ser frequentados por quais pessoas.

Cidades Inteligente e Edifícios Inteligentes interagem. Se um edifício inclui uma instalação de armazenamento de calor, ele pode recorrer às fontes de energia da cidade em horas de baixa utilização, tornando o sistema de abastecimento de energia da cidade mais eficiente.

Baracho, Pereira Júnior e Almeida (2017) identificam como pesquisa potencial da aplicação de ontologias e Internet das coisas no campo da construção civil, tendo em vista que um edifício pode ser simulado através de uma modelagem de informações (BIM), organizado em ontologias e dinamicamente monitorado (IoT).

2.10 Vida inteligente ou *Smart Life*

Seguindo as ideias apresentadas de cidade inteligente e edifícios inteligentes, as expectativas para uma definição de vida inteligente devem incluir tecnologia da informação e

sistemas alimentados pela coleta de informações do usuário que impactam positivamente o modo e na qualidade de vida das pessoas.

A vida inteligente utiliza TI, comunicação, informação e tecnologia física (dispositivos), combinadas na Internet das Coisas, conectadas via internet, para otimizar as atividades cotidianas das pessoas e torná-las mais eficientes, mais simples e mais agradáveis.

A vida inteligente usa sistemas inteligentes e de tecnologia da informação no planejamento, gerenciamento e monitoramento das atividades e funções diárias individuais e familiares. Os aplicativos e equipamentos de vida inteligente envolvem comércio eletrônico, administração eletrônica, transporte e mobilidade, gerenciamento de energia, saúde, alimentação, condicionamento físico, monitoramento corporal, agenda e calendário, sono, beleza e estética, medicina, língua, entretenimento, informação, educação, conforto e administração residencial.

Pode-se incluir na vida inteligente, como exemplo, gestão de conteúdo da geladeira e do *freezer*, de exercícios físicos, dieta e alimentação saudável, tudo com planejamento das refeições, pedidos de compras ao supermercado, entrega coletiva programada, controle de tráfego na cidade inteligente, clima, temperatura e condicionamento de ar.

3 GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Neste capítulo são apresentados os instrumentos, conceitos, fundamentos teóricos e metodológicos que envolvem a GOC, enfocados alguns aspectos relevantes que serão aplicados ao domínio da produção de edifícios, particularmente a colaboração em GIC e as ontologias em KOS.

A Ciência da Informação possui diversas definições e orientações conceituais. Mas está claro a presença da Gestão e Organização do Conhecimento, seu intrínseco caráter interdisciplinar e a íntima ligação com a tecnologia, com os sistemas de informação e com os processos de comunicação.

A definição clássica da Ciência da Informação, segundo Griffith (1980), apresenta como ciência que tem como objeto a produção, seleção, organização, interpretação, armazenamento, recuperação, disseminação, transformação e uso da informação.

3.1 Documentação

Fernandez-Molina (1994, p.328) explicitou a diferença entre dado, informação e conhecimento. Para o autor, dados correspondem à informação potencial. Esses dados são percebidos por um receptor apenas se forem convertidos em informação. O conhecimento é a conversão da informação quando produz uma modificação na estrutura do conhecimento do receptor.

Rendón Rojas (2005) analisa as semelhanças e as diferenças entre três conceitos: informação, conhecimento e valor. Para analisar as semelhanças e diferenças entre informação e conhecimento, o autor discorre sobre as fontes das quais se originam, as atividades que se realizam para sejam obtidas e os resultados. No que diz respeito às fontes, têm pontos de partida diferentes. A informação tem origem em dados e objetos sensíveis. O conhecimento tem como fonte a informação: um produto posterior e que surge a partir dela. Quanto às atividades para que sejam construídos, para que a informação seja obtida é necessário realizar uma síntese. Informar significa dar forma, estabelecer limites a matéria, estrutura e organização. Já para que o conhecimento seja produzido outras atividades mais complexas devem ser realizadas, como memorização, análise, síntese, visão dialética, elaboração de inferências. Finalmente, o autor apresenta as relações entre informação, conhecimento e valor, e a distinção entre sociedade da informação, do conhecimento e do valor

3.2 Gestão da Informação e do Conhecimento - GIC

Para McGee e Prusak (1994) a informação é um ativo que necessita ser administrado, e está no mesmo patamar que outros tipos de ativos das organizações, como pessoas, capital, propriedades e bens materiais. Assim, gerenciar a informação é tão importante quanto gerenciar os outros ativos. Entretanto, ela apresenta particularidades, quando comparada aos demais ativos. Primeira, seu potencial é superior, por poder ser reutilizada infinitamente, não se deteriorar e ter seu valor determinado pelos usuários em função do momento. Segunda, o desafio de administrar e gerenciar a informação é maior, pois este saber é mais recente, mais fragmentado e menos aplicado.

A informação é um conhecimento, um saber, inscrito ou registrado sob a forma escrita, impressa ou digital, oral ou audiovisual, materializado em um suporte (LE COADIC, 2004). Informação está ligada a organização e atribuição de significado e contexto aos dados.

Informação deve ser gerenciada num contexto de usuários em situação de tomada de decisão (MCGEE e PRUSAK, 1994). Assim, para ser informação, um dado precisa de uso, contexto, usuário e tomada de decisão, e a gestão deve considerar cada uma dessas representações.

Informação e conhecimento são conceitos complementares que possuem uma interdependência cíclica. A separação pode ocorrer para efeito didático ou metodológico. A informação constitui a base e a infraestrutura para o conhecimento.

Barbosa (2008) apresenta uma perspectiva integradora da gestão da informação e do conhecimento com uma aproximação entre campos distintos, como mostrado na FIG. 5:

- Administração: Recursos humanos, estratégia e Finanças.
- Ciência da Informação.
- Ciência da Computação.

Também reforça a necessidade da informação e do conhecimento serem considerados como fenômenos indissociáveis e complementares nas organizações. O conhecimento registrado converte-se em informação. Informação assimilada ou introjetada converte-se em conhecimento.

Além disto, torna-se importante uma gestão especializada e efetiva nas organizações sobre fenômenos e processos relacionados à informação e ao conhecimento. Significa desenvolver e implantar uma “forma de olhar” a organização com uma perspectiva da informação e do conhecimento. Deve-se compreender de uma outra maneira três instâncias do fenômeno: as pessoas com sua dupla essência de ao mesmo tempo serem usuárias e produtoras de informação, os repositórios de informação que podem ser óbvios ou ocultos e as fontes e fluxos de informação que podem ser externos e internos.

FIGURA 5 - Uma perspectiva integradora da gestão da informação e do conhecimento



Fonte: Barbosa, 2008

Em Gestão da Informação e do Conhecimento nas organizações, importante definir o conceito de organização como entidade social. Este termo não está ligado a uma empresa, associação, órgão ou instituição específica. Uma única organização é composta por todo o aparato ou ambiente mobilizado para atingir um objetivo comum. Envolve uma associação de pessoas e empresas que combinam esforços individuais e em equipe, trabalham de forma coordenada, com a finalidade de realizar propósitos coletivos visando um objetivo único.

Choo (2003) apresenta as três arenas distintas para criação e uso da informação: criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.

As organizações usam a informação para criar significado, ou seja, para dar sentido às mudanças do ambiente externo. Representa o reconhecimento da importância do entendimento da influência do meio para se ter vantagem competitiva. O principal processo de informação é a interpretação de notícias e mensagens sobre este ambiente. Para uma organização é entender o que acontece à sua volta.

O segundo desafio para as organizações é a construção do conhecimento. O objetivo é gerar novos conhecimentos por meio do aprendizado a partir da criação, organização e processamento da informação. Isto permitirá a criação de um novo produto, o desenvolvimento de novas capacidades empresariais além do aperfeiçoamento das já existentes. O principal processo é a conversão do conhecimento. A espiral do conhecimento, proposta por Nonaka e Takeuchi (2008), explicita a relação cíclica entre conhecimento e informação.

O terceiro desafio estratégico da informação está na tomada de decisão, através da busca e avaliação de informações. A principal atividade é o processamento e a análise da informação a partir das alternativas disponíveis, cujas vantagens e desvantagens são pesadas.

Davenport e Prusak (2003) apresentam uma resposta para a pergunta como uma organização pode transferir conhecimento efetivamente. Para os autores a melhor e mais curta resposta está em contratar pessoas perspicazes e deixá-las conversar entre si, considerando esta última como a mais difícil parte de ser colocada em prática.

3.3 Colaboração

Esta seção tem como objetivo apresentar os conceitos e pressupostos do trabalho colaborativo. O artigo intitulado "*Collaborative Information Seeking*" de Shah (2014), fornece uma visão geral como obra-chave de pesquisa a partir de uma variedade de domínios, incluindo a biblioteca e ciência da informação, CSCW, interação homem-computador e recuperação da informação. Foi publicado em edição especial do JASIST - *Journal of the Association for Information Science and Technology* - que apresenta obras de revisão sobre Avanços na Ciência da Informação e estudos mais relevantes nos últimos anos. A escolha do trabalho de Shah como referência se deve ao fato dele listar, sintetizar e organizar as questões fundamentais envolvidas no trabalho colaborativo, baseado em extensa e recente revisão bibliográfica.

O trabalho colaborativo pode ser exemplificado em algumas tarefas difíceis ou complexas. Como exemplo, tem-se coautores que trabalham na elaboração de um artigo científico ou membros de uma família envolvidos na organização de uma viagem de férias.

Os processos colaborativos devem ser intencionais, interativos e mutuamente benéficos (SHAH, 2014). As atividades colaborativas normalmente têm um objetivo final que é mutuamente benéfico para todas as partes envolvidas. No trabalho colaborativo, os participantes são unidos intencionalmente com o objetivo de contribuir e se beneficiar. Também representa um processo que pressupõe a interação entre os envolvidos. Outra característica apontada por Shah (2014) é a intencionalidade da colaboração.

Entretanto, a colaboração nem sempre é útil ou desejável (SHAH, 2014). Para tarefas simples, de pouca complexidade, rotineiras e que podem ser executadas por uma única pessoa, divididas ou loteadas entre várias pessoas, a colaboração não é necessária e pode até comprometer a execução da tarefa.

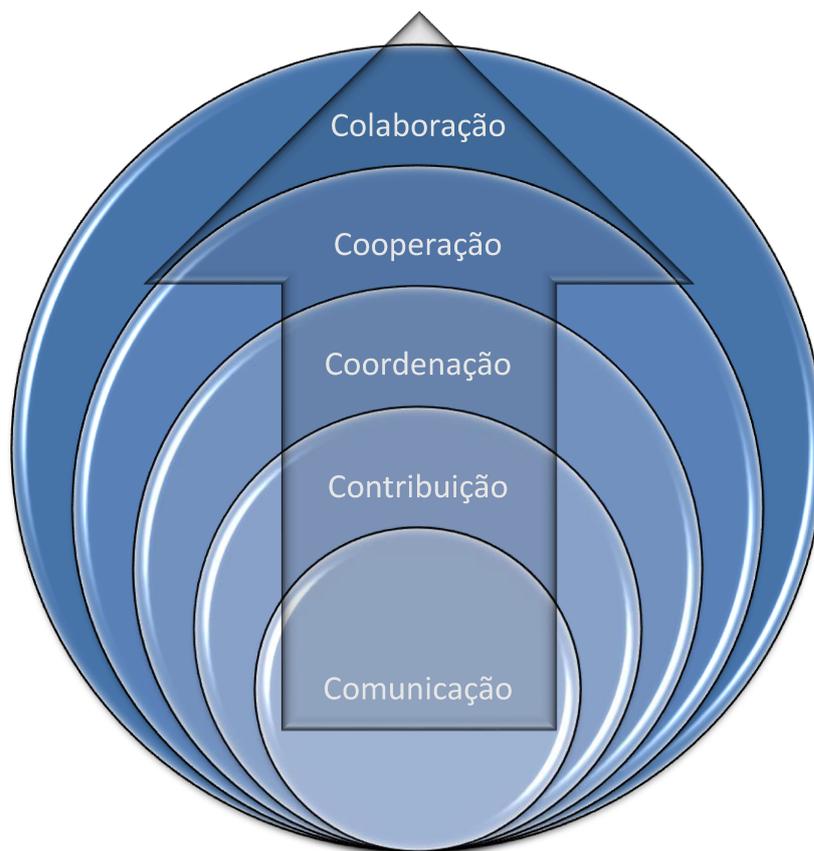
London (1995, p.8) interpretou o significado de colaboração como "trabalhar em conjunto de forma sinérgica". Assim, é mais forte do que proposto por Shah (2014). Não basta ter um processo intencional, interativo e mutuamente benéfico. Apenas trabalhar os diversos projetos em conjunto é condição necessária, mas não suficiente também para o projeto

simultâneo. Sem sinergia, não há verdadeira colaboração. Precisa-se de coesão, união e entendimento. Colaboração e sinergia representam uma forma de comportamento muito específica.

Já Gray (1989, p.11) definiu colaboração como "um processo de tomada de decisão conjunta entre as principais partes interessadas de um domínio de problema sobre o futuro desse domínio". London (1995) sintetiza colaboração na perspectiva do processo do trabalho: sinergia, coesão, união e entendimento. Por outro lado, Gray (1989) expressa na perspectiva do resultado que é a tomada de decisão conjunta.

A FIG. 6 apresenta um modelo de colaboração com cinco conjuntos nos quais a colaboração é o conjunto maior e abrange outros níveis inferiores: comunicação (troca de informações), contribuição, coordenação, cooperação e colaboração (SHAH, 2014).

FIGURA 6 - Modelo de colaboração baseado em conjunto



Fonte: SHAH, 2014. Adaptada pelo autor

A coordenação e a cooperação podem ser consideradas formas menos intensas de trabalhar em conjunto e todas essas atividades exigem a efetiva participação de todos, ou

contribuição, e alguma forma de compartilhamento de informações entre os envolvidos, ou comunicação (DENNING; YAHOLKOVSKY, 2008).

A componente contribuição do modelo vem do fato de que, para que seja garantida uma colaboração efetiva, cada indivíduo do grupo deve fazer uma contribuição individual para a colaboração (TAYLOR-POWELL; ROSSING; GERAN, 1998). Assim, comunicação, contribuição, coordenação e cooperação são os passos essenciais para a colaboração, e a verdadeira colaboração requer uma forma mais justa de integração (SHAH, 2014).

Nesse modelo de colaboração baseado em conjuntos, um conjunto interior é essencial para, ou apoia, o conjunto exterior. Através das noções de conjuntos, esse modelo mostra qual atividade está apoiando a outra. Se a coordenação é um subconjunto de colaboração significa que para a existência da colaboração alguma forma de coordenação de pessoas e eventos é necessária. E se a colaboração é um super conjunto de cooperação precisa-se de mais que cooperação para a verdadeira colaboração. O modelo pode ajudar em estudos das várias situações em que as pessoas trabalham em conjunto. (SHAH, 2014).

London (1995) identificou as seguintes limitações de um processo colaborativo:

1. Colaboração é um processo notoriamente moroso - não é adequado para problemas que exigem ação rápida e decisiva.
2. Desigualdades de poder entre as partes podem inviabilizar o processo.
3. Normas de consenso e decisão conjunta tomada por vezes exigem que o bem comum deve prevalecer sobre os interesses individuais.
4. Colaboração funciona melhor em pequenos grupos e, muitas vezes decompõe em grupos que são muito grandes
5. Colaboração não tem sentido sem o poder de executar as decisões finais.

Já Gray (1989) listou cinco circunstâncias em que é melhor não colaborar:

1. quando um partido tem o poder incontestado para influenciar o resultado,
2. quando as divergências estão enraizadas em diferenças ideológicas profundas,
3. quando o poder é desigualmente distribuído,
4. quando as questões constitucionais estão envolvidas ou precedentes legais são procurados,
5. quando um organizador legítimo não pode ser encontrado.

Um assunto a ser considerado no trabalho colaborativo é a existência de conflitos. Para o Project Management Institute (2013) “os conflitos são inevitáveis em um ambiente de projeto”. Os conflitos fazem parte do trabalho colaborativo e as soluções de gestão, incluindo

gestão da informação e do conhecimento, passam pelo entendimento, gerenciamento, administração, avaliação e solução de conflitos. Faz parte do escopo de qualquer gestão o trabalho com o conflito. Uma das habilidades interpessoais de um gerente de projetos e de toda a equipe é a competência para o gerenciamento de conflitos.

O gerenciamento de conflitos em um processo de gestão inclui definição de expectativas, melhoria das comunicações, desenvolvimento de protocolos e regras, inclusão e definição dos agentes no processo decisório, compartilhamento de autorias, estímulo à solução dos problemas e à tomada de decisão colaborativas (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013).

Para Deutsch (2004), um conflito pode ocorrer mesmo quando não exista incompatibilidade de objetivos. Na produção de edifícios o objetivo final para todos os atores envolvidos é o mesmo. Entretanto, divergências de formação, cultura e percurso podem acontecer. Os conflitos podem ser destrutivos ou construtivos (DEUTSCH, 2004). Um conflito pode ter consequências produtivas se os efeitos produzidos pelo conflito satisfazem, através de ganhos, a todos os atores. A questão a ser trabalhada não é suprimir, prevenir ou proibir o conflito, mas fazê-lo ser produtivo e evitar que seja destrutivo. O objetivo é pensar no ganho mútuo, fundamento das relações colaborativas.

3.4 Sistemas de Organização do Conhecimento e Ontologia

Os Sistemas de Organização do Conhecimento (KOS) são instrumentos usados na representação da informação com a finalidade de armazenar, classificar, organizar, recuperar e distribuir. A elaboração de um KOS implica a modelagem do conhecimento, ou seja, a criação de modelos semânticos, descrições simplificadas da realidade de um dado domínio.

Na Filosofia, ontologia é um ramo da Metafísica que diz respeito às quais categorias de entidades existem e estão relacionadas. Existe consenso de que o estudo da Ontologia diz respeito aos tipos de coisas que existem. Nesse contexto, “tipo” quer dizer “categoria”, um termo que foi usado ainda por Aristóteles para discutir as declarações sobre uma entidade. Uma teoria das categorias é o mais importante tópico do estudo da Ontologia. Tais teorias especificam sistemas de categorias estruturados em níveis hierárquicos, em geral, na forma de uma árvore invertida na qual a categoria de mais alto nível é nomeada “entidade”.

Em Ciência da Computação, ontologias são aplicadas à modelagem, tanto em sistemas baseados em bancos de dados quanto em sistemas de representação do conhecimento. Em Representação do Conhecimento, Inteligência Artificial, o termo ontologia tem sido usado desde o século passado para se referir a uma estrutura de conceitos

representados por um vocabulário lógico. Nos anos de 1990, o termo passou a ser usado na iniciativa da “Web Semântica”.

Observam-se dois significados principais para o termo ontologia em Ciência da Computação. O primeiro diz respeito ao uso de princípios ontológicos para entender e modelar a realidade (WAND; STOREY; WEBER, 1999). O uso do termo nesse caso está alinhado com seu papel original na Filosofia, ou seja, fornecer uma descrição do que existe e caracterizar entidades nas atividades de modelagem. O segundo significado diz respeito a representação de um domínio em uma linguagem de representação computacional (STAAB; STUDER, 2004). Uma ontologia, nesse caso, consiste de um conjunto de declarações expressas em uma linguagem de representação, o qual pode ser processado por mecanismos de inferência automatizados.

Em Ciência da Informação, abordagens ontológicas têm sido adotadas, mesmo que sob diferentes denominações. Projetos de engenharia de software envolvendo ontologias exibem paralelos com teorias da Ciência da Informação, tal como classificação facetada, vocabulários controlados e lexicografia (VICKERY, 1997). Existem diferenças e similaridades entre ontologias em Ciência da Computação e outros dois termos comuns em Ciência da Informação: taxonomia e tesouros. A possibilidade de restringir a linguagem natural parece ser o ponto de contato entre esses três tipos de estruturas (GILCHRIST, 2003). Além disso, mesmo que o termo ontologia as vezes apareça como um sinônimo para vocabulários controlados, as duas estruturas têm objetivos diferentes.

Os sistemas utilizados em ciência da computação e ciência da informação têm objetivos diferentes. Ciência da computação usa ontologia para categorizar o mundo, mas enfatiza o processo de raciocínio. A ênfase no raciocínio está inserida no domínio da lógica, com o objetivo de descobrir como um padrão de silogismo combina duas premissas para chegar a uma conclusão. Além disso, estes sistemas são extremamente reducionistas, porque eles têm de lidar com as limitações de representação e desempenho de sistemas computacionais. Em contraste, a principal preocupação da ciência da informação é lidar com documentos que descrevem as entidades do mundo em diferentes domínios e de diferentes pontos de vista, e não com o raciocínio lógico (ALMEIDA, 2013).

Pode-se reforçar a distinção anterior com a diferença entre Ontologia na filosofia e ontologias em ciência da computação e ciência da informação. A primeira corresponde a uma disciplina filosófica, ou seja, o ramo da filosofia que trata da natureza e da organização da realidade; a segunda e a terceira se referem a um objeto particular determinado, um artefato, que pode ser um sistema informal conceitual, um relato de semântica formal, uma especificação de uma conceptualização, uma representação de um sistema conceitual

através de uma teoria lógica, um vocabulário usado por uma teoria lógica, ou uma especificação meta-nível de uma teoria lógica (ALMEIDA, 2013).

Considerando as distinções apresentados até agora, o QUADRO 3 resume as principais interpretações de ontologias em diferentes contextos. Como o termo teoria é usado no QUADRO 3, uma teoria nem sempre se refere a toda a realidade, mas pode ser usada para representar o conhecimento em um domínio específico.

QUADRO 3 - Quadro sinóptico que resume os pontos de vista sobre ontologias

Distinção	Campo	O que é isso?	Propósito	Exemplo
Ontologia como uma disciplina	Filosofia	Ontologia como um sistema de categorias	Compreender a realidade, as coisas que existem, e as suas características	Sistemas de Aristóteles, Kant, Husserl
Ontologia como um artefato	Ciência da Computação	Ontologia como uma teoria (baseado em lógica)	Entender um domínio e reduzi-lo a modelos	BFO, DOLCE (genérico)
		Ontologia como um artefato de software	Criar vocabulários de representação em sistemas e gerar inferências	OWL (linguagem KR)
	Ciência da Informação	Ontologia como uma teoria (informal)	Entender um domínio e classificar termos	Sistema de Classificação de Ranganathan
		Ontologia como um sistema conceitual informal	Criar vocabulários controlados para recuperação de informação a partir de documentos	Um catálogo, um glossário, um tesouro

Nota - BFO indica *Basic Foundational Ontology*; DOLCE, *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering*; KR, knowledge representation; OWL, *Web Ontology Language*.

Fonte: ALMEIDA, 2013. Adaptado.

Alvarenga (2003) parte da definição de que representar significa o “ato de colocar algo no lugar de” e que a representação compreende uma instância do processo cognitivo humano, no âmbito do registro do pensamento em um suporte documental. Para a autora, os seres expostos ao processo de conhecimento integram a essência do campo da ontologia, universo de todos os seres concretos e abstratos existentes. O trabalho de representação extrapola a instância da epistemologia (representação de conhecimentos já registrados) e atinge o campo da ontologia.

O uso da Modelagem de Informação da Construção na indústria de AEC está relacionado ao uso de técnica de organização da informação, em particular, o uso de ontologias como alternativa para representação da realidade e para a criação de modelos bem fundamentados. O assunto ontologia tem sido estudado em várias áreas de conhecimento, incluindo pesquisas nos campos da filosofia, ciência da computação e ciência

da informação, e com aplicações sobre medicina, biologia e engenharia (ALMEIDA, 2013). Nesse contexto, ontologia aqui diz respeito a uma representação de parte de um determinado domínio, legível por máquina, para fins de representação e recuperação de informação, com possibilidades de inferência automática. A tecnologia BIM emprega objetos paramétricos e suas relações para construir um modelo virtual de um edifício. Entretanto não se identifica ali um compromisso ontológico verdadeiro, que seria muito bem-vindo do ponto de vista da promoção da interoperabilidade. Verifica-se a necessidade do entendimento da aproximação entre ontologia e BIM nos estudos e pesquisas recentes. O uso de semântica em BIM está relacionado ao uso de ontologia para o gerenciamento de informações em modelos arquitetônicos na construção civil.

Tanto a Modelagem de Informação da Construção quanto as ontologias têm um princípio fundamental em comum: vão além de uma estrutura ou uma simples organização de objetos ou atores que representam, mas, sobretudo, enfatizam as relações entre eles e com um esforço na resolução de conflitos. Nas ontologias objetiva-se ir além da descrição do que existe e da caracterização de entidades, explicitando as relações possíveis nos diversos níveis. E na Modelagem de Informação da Construção o edifício é modelado com seus elementos de forma paramétrica, mas, sobretudo, representando as relações entre estes componentes, evitando-se, por exemplo, erros de compatibilização. A tecnologia BIM abrange geometria, informações geográficas, quantidades e propriedades construtivas dos componentes dos edifícios, mas principalmente relações espaciais, temporais e construtivas.

A análise de dados pode incluir diversas tarefas em diversos estágios da vida do edifício. Para citar um serviço, tem-se a verificação de código (*code checking*), que é um processo, auxiliado por computador, de revisão e validação do projeto com relação a normas, regulamentos e legislação que regem os edifícios, variando de acordo com o tipo de construção e a localidade (PORTO et al, 2015). Como são escritos e interpretados por humanos, ao longo do tempo, podem apresentar-se em algum momento incompletos ou contraditórios. Existem muitos benefícios de automatizar os processos de verificação. Como exemplo, a relação entre a Modelagem da Informação da Construção (BIM) e os Sistemas de Combate a Incêndio e Pânico (SCIP) foi desenvolvida no sistema computacional BIMSCIP para um ambiente BIM, com objetivo de automatizar a verificação de normas e regulamentos de segurança e requisitos de combate a incêndios do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, para melhorar a segurança das pessoas e edifícios em combate a incêndios e pânico (PORTO; FRANCO, 2016; PORTO et al, 2017; PORTO et al, 2018).

Considerando a ontologia como a forma de representar o domínio da construção civil, a relação entre os elementos é fundamental para organização e análise dos dados.

4 A CONTRIBUIÇÃO DA GOC NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Neste capítulo são elaboradas e discutidas as relações entre as questões apresentadas pelos paradigmas da produção de edifícios e a gestão e organização do conhecimento: GIC e BIM, KOS e IoT, Ontologia e ambiguidade, ontologia e BIM, ontologia IoT e BIM, ontologia e *smart building / cities / life*.

4.1 GIC e a Produção de Edifícios

Esta seção apresenta as relações, teóricas ou práticas, entre a Gestão da Informação e do Conhecimento e sistema BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção) como instrumento de construção de conhecimento na produção de edifícios. O uso da tecnologia BIM foi analisado como instrumento de projeto simultâneo de edifícios na formação do arquiteto e do engenheiro, sob o olhar da gestão da informação e do conhecimento. São listadas as relações teóricas ou práticas entre a Gestão da Informação e do Conhecimento e o uso da tecnologia BIM por Arquitetos e Engenheiros, no tocante às seguintes questões: usuário, recursos de informação, tratamento e disseminação da informação. Foram discutidas as práticas informacionais e práticas de gestão do conhecimento utilizadas pelos profissionais na indústria da construção civil, nos processos de geração, disseminação e uso da informação necessária para confecção dos projetos e obras de edifícios. Este trabalho partirá da concepção de gestão da informação e do conhecimento na qual busca-se a compreensão de como as pessoas, a informação e o conhecimento se relacionam dinamicamente, considerando que a motivação partiu das novas possibilidades de trabalho facilitadas pelas soluções tecnológicas BIM. O projeto e a construção de um edifício envolvem processos de conhecer, não só do próprio edifício, mas também das novas soluções e tecnologias empregadas, sejam espaciais ou técnicas. Cada profissional deve fazer uma imagem mental das decisões tomadas pelos demais profissionais envolvidos, sejam elas decisões geométricas ou não, antes de projetar ou tomar as decisões que lhe dizem respeito. O projeto simultâneo e a tecnologia BIM possibilitam a aproximação dos usuários, construtores, engenheiros e arquitetos, e profundas mudanças no fluxo da informação utilizada no projeto e construção de edifícios. Assim, práticas de gestão da informação e do conhecimento são necessárias, envolvendo a geração, a disseminação e o uso da informação em todas as fases do projeto e da obra. Essas práticas são aplicadas tanto para o conhecimento registrado, antes baseado na representação gráfica em papel e agora integrado ao modelo tridimensional quanto para o conhecimento tácito, sociabilizado ao longo do trabalho simultâneo dos profissionais.

O desenvolvimento da gestão da informação e do conhecimento, nas organizações, apresenta uma resposta que atende aos objetivos do projeto simultâneo, de um trabalho intelectual mais dinâmico, colaborativo, compreendendo a organização como todo o processo de confecção do edifício, e não apenas o produto de um profissional ou disciplina. O objetivo é sair do modelo linear, fechado e imutável, no qual cada profissional define seu projeto individualmente no tempo e no espaço. O processo tradicional de projeto sempre esteve limitado às possibilidades físicas dos meios de projetos e ao trabalho sequencial, e a forma de trabalhar as ideias também limitada. Para a concepção e construção de um edifício é necessário o conhecimento das características deste edifício, e basicamente as características já criadas e decididas pelos demais profissionais envolvidos no processo. Ou seja, os profissionais vivenciam a relação informação e conhecimento na atividade de construção do conhecimento no domínio. Assim, um profissional deve saber o que os demais conhecem sobre o edifício, e estes últimos devem externalizar este conhecimento.

Nos processos de construção do conhecimento, os profissionais envolvidos - engenheiros, arquitetos, construtores e técnicos - são ao mesmo tempo produtores e usuários da informação. Produtores na medida em que tomam decisões, participam da elaboração do projeto e definem como será o edifício em todos os seus aspectos: dimensionais, materiais, formais, construtivos. Na espiral do conhecimento, que explicita a relação entre este e a informação, proposta por Nonaka e Takeuchi (2008), o conhecimento externalizado por um profissional pode ser transformado em informação. São as decisões tomadas sobre o edifício e externalizadas sob a forma de um desenho (papel), modelo (CAD) ou modelo de informação (BIM). Essa informação, ao ser apreendida por outro profissional, através da leitura do desenho, modelo ou modelo de informação, transforma-se em conhecimento, ou compreensão mental do edifício, ou parte dele, a partir do qual outras decisões são tomadas. No processo tradicional de projeto em papel, os profissionais, a informação e o conhecimento se relacionam de uma forma menos dinâmica do que se espera hoje. É preciso que um profissional esgote seu trabalho para que a informação siga seu caminho na espiral. Assim, espera-se atualmente que novas práticas organizacionais sejam adotadas, no sentido de permitir o trabalho integrado e simultâneo.

No processo de produção de um edifício, os produtores e usuários da informação são os profissionais que colocam seu capital intelectual à disposição da definição deste edifício, envolvendo arquitetos, engenheiros, projetistas, desenhistas, encarregados e operários. Decidem como será o novo edifício em todos os seus aspectos: geometria, tecnologia, materiais e processo produtivo.

Trata-se aqui de todo o ambiente organizacional necessário à produção do edifício, considerando em uma única organização todo o aparato com um objetivo comum: conceber,

projetar, desenvolver, detalhar e executar a obra de um edifício. Assim, todas as empresas e profissionais envolvidos em uma mesma obra constituem-se numa organização, independentemente do número de empresas, que em obras mais complexas, como aeroportos, podem chegar a centenas, entre empresas de projetos e consultorias, construtoras e empreiteiras, além de órgão de fiscalização, públicos ou privados. Todas as decisões tomadas e publicitadas por todos esses profissionais são fontes ou recursos de informação. No processo tradicional, essas informações são baseadas em documentos produzidos e emitidos, na maioria das vezes assinados para registrar a responsabilidade técnica. Os projetos em papel são documentos de arquivo, comprobatórios da autoria. No trabalho simultâneo há uma dinamicidade maior na disponibilização das informações pelas fontes, pois os profissionais trabalham conectados em tempo real. Torna-se assim, de fundamental importância olhar a organização sob o ponto de vista dos processos e fluxos de informação, no caso todas as informações necessárias para a execução da obra. Estes fluxos devem ser, então, gerenciados.

A principal dificuldade apresentada por arquitetos e engenheiros no trabalho simultâneo talvez seja o tratamento e organização da informação necessários ao novo paradigma. A tecnologia BIM apresenta-se como suporte. Torna-se importante entender as ferramentas disponibilizadas nos softwares BIM para tratamento e organização da informação, sob a ótica da GOC. Após esta compreensão, a metodologia de projetos deverá ser alterada para a utilização do projeto simultâneo.

É importante a discussão sobre a comunicação entre profissionais na indústria de AEC e dos processos de projeto. As relações discutidas no texto de Ogden e Richards (1972) entre pensamentos, palavras e coisas poderiam ser transportadas para as relações entre ideia arquitetônica ou de engenharia, resultado de um processo de criação, projeto, materializado no desenho técnico ou num modelo virtual, e o objeto construído, o edifício real executado e experimentado pela sociedade. Pensamentos seriam as ideias arquitetônicas e da engenharia, palavras seriam o projeto, e as coisas, o edifício construído.

As questões apresentadas por Ogden e Richards (1972) sobre a correspondência entre palavras e fatos são também importantes aqui. No caso do desenho técnico, o que se busca é a relação direta: a palavra, ou o desenho, deveria ser indicativo ou descritivo de uma única coisa, ou o edifício. Por isto, a ciência base do desenho técnico arquitetônico é a Geometria Descritiva. Os projetistas criadores imaginam um edifício com todas as suas particularidades - detalhes e especificações, inclusive dimensionais - e os executores devem construir a mesma coisa, quanto mais idêntica melhor. Entretanto, sabe-se que entre os principais problemas encontrados em obra está a leitura ou interpretação dita equivocada da representação técnica. A tecnologia BIM se propõe a diminuir este espaço para a divergência

entre o construído e o projetado, ou seja, melhorar o resultado da comunicação nos diversos ciclos da informação.

O que se busca é ampliar o montante de verdade contido no nome. Tudo o que se encontra na ideia, no que foi pensado pelo profissional, deve ser também encontrado na palavra, no desenho, no projeto. Para isto, as estratégias e a tecnologia empregada para a elaboração do projeto devem suportar adequadamente as ideais presentes naquele momento histórico.

Considerando os três pontos a serem examinados num estudo objetivo das linguagens, transpostos para o projeto de edifícios: primeiro os elementos fonéticos constituintes da linguagem, segundo os grupos de ideias expressa pelos grupos fonéticos e terceiro o método de combinação e modificação dos grupos fonéticos. Com a mudança da tecnologia de representação do espaço construído, do manual para o CAD e para o BIM, essa considerada com os elementos fonéticos, as ideias possíveis de serem expressas poderiam ser alteradas, bem como o método de combinação e modificação dos elementos da tecnologia. Assim, a arquitetura final produzida tende a ser diferente com a mudança da tecnologia empregada na representação.

De fato, se toda fala serve para comunicar uma ideia, toda representação do espaço construído serve para comunicar uma intenção arquitetônica, bem como permitir sua execução. Importante salientar aqui também a necessidade de um método adequado de interpretação do projeto e a arte em dizer claramente o que se deseja dizer.

Outra questão a ser visitada é se os novos paradigmas propostos para uma nova arquitetura contemporânea são correspondidos pela tecnologia de representação com os sistemas BIM, se a nova 'coisa' que se deseja tem respaldo projetual disponibilizado pelas novas 'palavras'. É fato que a arquitetura mais recente busca responder a determinados quesitos com uma intensidade maior: sustentabilidade, novos materiais, complexidade programática, flexibilidade de uso, tamanho e organicidade. Se o objeto que se espera construir é diferente, mais complexo e mais sofisticado, torna-se necessário pensar diferente, e para isso nada melhor do que utilizar uma nova linguagem. No processo de projeto tradicional, além do processo sequencial, a geometria é a origem do pensamento e as demais decisões e informações técnicas vem depois e como consequência. A tecnologia BIM pressupõe o trabalho integrador e a origem do pensamento são a informação técnicas, ficando a geometria como consequência final. As alterações necessárias na metodologia de projeto impostas pela tecnologia BIM veem ao encontro desses novos paradigmas? A inversão maneira de tratar as informações a serem tratadas no projeto respondem melhor às novas necessidades?

Por fim, fechando o ciclo, a disseminação da informação antes utilizava-se de projeto em papel ou arquivo CAD, além de planilhas textos, da mesma forma que as fontes. No projeto simultâneo, este ciclo é mais rapidamente fechado em função do trabalho em conjunto e das possibilidades tecnológicas da tecnologia BIM, na qual as decisões tomadas são automaticamente publicadas para os demais profissionais que estão projetando em tempo real e estes podem ou não autorizar as decisões.

A utilização do projeto simultâneo e da tecnologia BIM também se desenvolvem a partir das perspectivas da gestão da informação e do conhecimento. Primeiro a inovação e aperfeiçoamento dos processos produtivos visando essencialmente à competitividade e à inovação. As organizações têm entendido o conhecimento como recurso estratégico, necessário à inovação e conseqüente competitividade sustentável, bem como manutenção e ampliação no mercado. Não é sem motivo que os maiores entusiastas da utilização da tecnologia BIM e do projeto simultâneo na indústria da construção civil são as empresas construtoras e os incorporadores. Estes veem no novo paradigma possibilidades reais de redução de custos de projeto e obra, redução de prazos, diminuição de erros e problemas durante a execução da obra, eliminando as interferências entre as decisões tomadas pelos diversos profissionais nas várias etapas e disciplinas.

Talvez, pensar em projeto simultâneo só foi possível a partir do novo fazer possibilitado pela tecnologia computacional dos sistemas BIM. Igualmente importante a presença do movimento do processo de integração disciplinar, tanto entre as disciplinas da construção civil – arquitetura, civil, estruturas, elétrica, hidráulica, mecânica – quanto entre elas e a Administração, Ciência da Computação, Engenharia de Produção e Ciência da Informação.

Para Barbosa (2008), o conjunto de pressupostos e valores compartilhados pelos profissionais da organização formam uma cultura organizacional. Na construção civil está muito enraizada os processos tradicionais e lineares de projeto, mesmo após décadas de informatização dos processos. Assim, na direção do projeto simultâneo, deve-se considerar essa cultura organizacional sedimentada e, ao mesmo tempo, significar profundas alterações.

Finalmente, Ogden e Richards (1972) levantam a questão da influência da linguagem sobre o pensamento. Considerando as estratégias de representação do espaço construído, seja em desenho técnico manual ou digital (CAD), seja em tecnologia BIM, como uma linguagem, a pergunta que se faz é se a substituição da tecnologia usada exerce influência na concepção do edifício, gerando assim arquiteturas diferentes. Considerando o que foi apresentado por Davenport e Prusak (2003), cada profissional gera novo conhecimento sobre o edifício a partir da interação de um conjunto de informações obtidas externamente, fornecidas pelos outros profissionais, mas somados e interagindo com os

conhecimentos já existentes em suas estruturas cerebrais. Assim, a dinâmica da construção do conhecimento pode ser alterada pela mudança proposta para o fluxo da informação e para o conjunto de informações disponíveis. Uma nova teoria da arquitetura estaria nascendo com a utilização de uma nova tecnologia de representação e informação do edifício, uma vez que esta modificaria o pensar, o criar e, conseqüentemente, o objeto arquitetônico. Isto aconteceu com os tratados de perspectiva no Renascimento e com o desenho técnico na Revolução Industrial.

O projeto simultâneo e a tecnologia BIM possibilitam a aproximação dos usuários, engenheiros e arquitetos, e profundas mudanças no fluxo da informação utilizada no projeto e construção de edifícios. Assim, novas práticas de gestão da informação e do conhecimento são necessárias, envolvendo a geração, a disseminação e o uso da informação em todas as fases do projeto e da obra, tanto para o conhecimento registrado, antes baseado na representação gráfica em papel e agora integrado ao modelo tridimensional, quanto para o conhecimento tácito, sociabilizado ao longo do trabalho simultâneo dos profissionais.

4.2 GIC, BIM e Colaboração

A presente seção tem como objetivo discutir algumas relações entre Projeto Simultâneo, o uso da tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção), as estratégias e práticas de Gestão da Informação e do Conhecimento (GIC), e o trabalho colaborativo entre Engenheiros e Arquitetos no contexto da produção de projetos de edifícios na Construção Civil.

A abordagem usada foi explorar a natureza de cada tema e estabelecer um diálogo entre eles. Procurou-se discutir como a aplicação dos conceitos da Gestão da Informação e do Conhecimento (GIC) na utilização de procedimentos de modelagem de informação da construção pode servir como instrumento para projeto simultâneo e trabalho colaborativo e, conseqüentemente trazendo otimizações para o processo construtivo.

O trabalho enquadra-se na busca contínua de entender as dificuldades para o trabalho colaborativo em projeto simultâneo de edifícios e como a Gestão da Informação e do Conhecimento pode auxiliar na diminuição dessas dificuldades. Apresenta como resultado a constatação de que o trabalho colaborativo entre profissionais de diferentes disciplinas de um projeto e de uma construção, fomentado pela proposta do projeto simultâneo, possibilita a aproximação entre clientes, incorporadores, usuários, engenheiros, arquitetos e todos os envolvidos em uma mesma organização. Paralelamente traz profundas mudanças no fluxo da informação utilizada para a realização da construção. Para isso são necessárias a consciência e formalização de novas práticas de gestão da informação e do conhecimento na indústria de AEC.

O tema desta seção relaciona o Projeto Simultâneo, um dos novos paradigmas para produção de edifícios; a disseminação do uso da tecnologia da informação na Arquitetura, diante das novas possibilidades de representação e simulação do espaço e do edifício, mais recentemente com a tecnologia BIM; e as estratégias, práticas e pressupostos de Gestão da Informação e do Conhecimento (GIC), de representação do conhecimento e de trabalho colaborativo, reconhecidos como decisivos para a competitividade nas organizações.

O Projeto Simultâneo apresenta-se como alternativa ao processo de projeto tradicional e sequencial para construção de edifícios. No Projeto Simultâneo aflora a necessidade da utilização generalizada da tecnologia da informação. A tecnologia BIM é colocada como ambiente computacional que suporta as interações entre os vários agentes envolvidos do início da concepção e durante todo o desenvolvimento do edifício.

A comunicação gráfica entre profissionais de projeto de edifícios evoluiu ao longo dos anos. Do desenho analógico em papel, com grafite ou tinta, passou-se para a tecnologia CAD (*Computer Aided Design* ou Projeto Assistido por Computador), chegando-se à tecnologia BIM. Esta última apresenta princípios e características que convergem com os objetivos propostos pelo projeto simultâneo.

Nesta seção foi analisada a proposta do Projeto Simultâneo como alternativa ao processo de projeto sequencial para construção de edifícios e discute a mudança do fluxo de informações. Conclui apresentando a necessidade da utilização generalizada da tecnologia da informação para a realização do projeto simultâneo e apresenta a tecnologia BIM como um novo ambiente computacional capaz de suportar as interações entre vários agentes envolvidos, desde o início da concepção do produto e durante todo o seu desenvolvimento.

Foram discutidas as relações entre alguns conceitos da GIC e a utilização dos sistemas BIM como instrumento para projeto simultâneo e trabalho colaborativo. Na sequência, são apresentados os conceitos e pressupostos do trabalho colaborativo e estes são relacionados ao uso do projeto simultâneo com suporte da tecnologia BIM. O trabalho enquadra-se na busca contínua para entender as dificuldades para o trabalho colaborativo em projeto simultâneo de edifícios e como a GIC pode auxiliar na diminuição dessas dificuldades.

A seguir são apresentados os conceitos clássicos de GIC que serão utilizadas para fundamentar a gestão da informação proposta pelo conceito BIM.

Conforme explicitado no capítulo 3, Mcgee e Prusak (1994) consideram a informação como um ativo que necessita ser administrado, da mesma forma que outros ativos das organizações. Entretanto, apresentam como particularidades, quando comparada aos demais ativos, o potencial e o desafio que é administrar e gerenciar a informação. Na indústria de AEC este desafio apresenta-se como urgente, em função das demandas do mercado, da

sinalização da importância do projeto simultâneo, mais aberto e dinâmico, e da falta de formação acadêmica dos profissionais para a gestão da informação e do conhecimento.

No trabalho com o projeto simultâneo, com o uso da tecnologia BIM, as pessoas (profissionais) trabalharão juntos, conectados virtualmente, mesmo que separados fisicamente, sobre um mesmo conteúdo, compartilhado em tempo real, necessitando, portanto, de uma gestão eficiente desses ativos.

O projeto simultâneo e a utilização da tecnologia BIM, de forma interdisciplinar e colaborativa, são fenômenos informacionais. Assim, a aplicação dos conceitos, estratégias e práticas da GIC, nos processos de aprendizagem em projetos de Edifícios, pode facilitar a compreensão do trabalho com o projeto simultâneo e, conseqüentemente, melhorar a eficiência e eficácia do processo de produção de Arquitetos e Engenheiros.

O desenvolvimento do projeto e conseqüentemente da construção de um determinado edifício inclui o conhecimento especializado de concepção, de projeto, de planejamento, de espaço, materiais, tecnologias empregadas, novas soluções entre outros aspectos. Portanto, está claro a existência dos processos de conhecer e a necessidade de uma gestão desses processos. Cada profissional deve fazer uma imagem mental, conhecimento, das decisões tomadas ou propostas pelos demais profissionais envolvidos, sejam elas decisões geométricas ou não, antes de projetar, propor ou tomar as decisões que lhe dizem respeito.

Segundo os pressupostos da GIC, é considerado como organização, no caso da indústria de AEC, todo o ambiente organizacional mobilizado para a produção do mesmo edifício, reconhecendo que todo este aparato tem o objetivo comum de conceber, projetar, desenvolver, detalhar e executar a obra de um edifício. Fazem parte de uma mesma organização, para efeito da GIC, todas as empresas e profissionais envolvidos em uma mesma obra, independentemente do número de empresas e pessoas, envolvendo empresas de projetos e consultorias, construtoras e empreiteiras, além de órgão de fiscalização, públicos ou privados (PEREIRA JUNIOR; BARACHO, 2015). Assim, os princípios da GIC devem ser aplicados a toda organização pois o projeto simultâneo propõe a integração de todos os agentes, projetistas ou não. Como a tecnologia BIM apresenta-se como o suporte tecnológico, conclui-se que não só os projetistas, Arquitetos e Engenheiros, devem ter acesso, experiência e formação para seu uso dessa tecnologia, mas também os demais integrantes da organização. As fontes ou recursos de informação se originam em todas as decisões tomadas e publicitadas, via tecnologia BIM, por todos esses profissionais da organização.

A utilização da tecnologia BIM em projeto simultâneo pode interferir nas três arenas de uso da informação apresentadas por Choo (2003): criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.

Para criar significado as organizações buscam dar sentido às mudanças do ambiente. O principal processo de informação é a interpretação de notícias e mensagens sobre este ambiente. Se para uma organização é entender o que acontece à sua volta, para os profissionais de projeto de edifícios significa entender o objeto que está sendo projetado e todo o ambiente em torno dele: físico, econômico, social e tecnológico. Neste processo de criar significado, o desenho sempre foi utilizado com fonte de informação. A representação técnica em projeções ortogonais, que sempre apresentaram os dados e formaram a informação passada de um profissional para outro, adquire outro papel no desenvolvimento de um projeto de edifícios com a utilização de software BIM. Apresenta-se como suporte no processo de modelagem de objetos paramétricos. Assim, a projeção ortogonal não é mais apenas um desenho a ser produzido como fim último da representação técnica do projeto, mas também um olhar sobre o objeto tridimensional virtual, não como desenho, mas como parte de um processo de modelagem cujo fim é a construção virtual do edifício.

O grande problema pode ser como decidir qual informação é relevante quais devem receber atenção. O problema da seleção de qual informação é relevante para cada profissional em determinado momento do trabalho é uma preocupação constante. Zhang e Issa (2013), por exemplo, buscaram a utilização de ontologia para auxiliar na extração de um modelo de informações da construção parcial do modelo original completo, preocupados com o aumento crescente do tamanho dos arquivos BIM e da quantidade de informações nele inseridas, fato que pode trazer dificuldades para manipulação do modelo, considerando que em alguns momentos de uso apenas determinadas informações específicas são necessárias.

Para construir conhecimento as organizações vão criar, organizar e processar informação de modo a gerar novos conhecimentos por meio do aprendizado, permitindo criar um novo produto. O principal processo é a conversão do conhecimento. Os profissionais envolvidos na produção de um edifício, engenheiros, arquitetos e técnicos, em seus processos de conhecer, são produtores e ao mesmo tempo usuários da informação. Produtores porque tomam decisões, participam da elaboração do projeto e definem como será o edifício em determinados aspectos. E usuários porque se utilizam das informações disponibilizadas por outros profissionais acerca das decisões já tomadas sobre outros aspectos da construção.

A espiral do conhecimento, proposta por Nonaka e Takeuchi (2008), explicita a relação entre conhecimento e informação. Nela, o conhecimento externado ou exposto por um profissional aos demais pode ser transformado em informação. No processo de projeto sequencial, as decisões tomadas sobre o edifício por um profissional são externadas e apresentadas sob a forma de um desenho (papel) ou modelo (CAD). Essa informação, ao ser apreendida por outro profissional, através da leitura do desenho ou modelo, transforma-se em conhecimento, ou compreensão mental do edifício, da parte ou sistema já definido, a partir do

qual outras decisões são tomadas, sobre outras partes ou sistemas, de forma sequencial. No processo sequencial de projeto em papel ou CAD, os profissionais, a informação e o conhecimento se relacionam de uma forma menos dinâmica do que se espera hoje. É preciso que um profissional esgote seu trabalho para que a informação siga seu caminho na espiral. Já no processo de projeto simultâneo, as decisões tomadas ou sugeridas são introduzidas no modelo de informação da construção (BIM). Essa informação, ao ser apreendida por outro profissional, através da leitura modelo de informação, sob a gerência do sistema BIM, transforma-se em conhecimento, ou compreensão mental do edifício, a partir do qual outras decisões são tomadas ou sugeridas, envolvendo simultaneamente todos os sistemas. Assim, espera-se atualmente que novas práticas organizacionais sejam adotadas na indústria de AEC, no sentido de permitir o trabalho integrado e simultâneo e colaborativo.

Na terceira arena, os profissionais de AEC buscam e avaliam informações para tomar decisões que lhe são de responsabilidade, ao mesmo tempo que podem colaborar com as demais decisões sobre a obra. A principal atividade é o processamento e a análise da informação a partir das alternativas disponíveis, cujas vantagens e desvantagens são pesadas.

Davenport e Prusak (2003) apresentam uma resposta para a pergunta como uma organização pode transferir conhecimento efetivamente. Para os autores a melhor e mais curta resposta está em contratar pessoas perspicazes e deixá-las conversar entre si, considerando esta última como a mais difícil parte de ser colocada em prática. Ora, se o uso da tecnologia BIM apresenta uma interface de trabalho à distância, na qual os envolvidos podem trabalhar em locais diferentes não se está dificultando a conversa? Não, pelo simples fato de permitir que trabalhem de forma concomitante, ao mesmo tempo, e não linearmente e em tempo separado como nos processos tradicionais. A tecnologia BIM é o meio de representação de dados e informações compartilhadas em tempo real. A questão é como gerir a criação de conhecimento. Daí a colaboração como elemento chave neste processo.

Objetiva-se apresentar os conceitos e pressupostos do trabalho colaborativo e relacioná-los ao uso do projeto simultâneo com suporte da tecnologia BIM, no contexto da produção de projetos de edifícios na Construção Civil. O trabalho de Shah (2014) foi escolhido como texto de referência pois lista, sintetiza e organiza as questões fundamentais envolvidas no trabalho colaborativo, baseado em extensa revisão bibliográfica recente. A partir dele, essas questões serão aplicadas ao uso do projeto simultâneo de edifícios com a tecnologia BIM.

O trabalho colaborativo pode ser natural em algumas tarefas difíceis ou complexas, como coautores que trabalham na elaboração de um artigo científico ou a organização de uma viagem em família. Entretanto, a elaboração dos projetos de edifícios na construção civil apresenta tarefas que não são corriqueiramente reconhecidas como colaborativas,

principalmente quando se considera disciplinas diferentes. A tradição na produção de edifícios é o trabalho sequencial e em separado para cada disciplina, muitas vezes em empresas ou escritórios de projetos diferentes. A especialização dos projetos é uma prática presente na maioria dos projetos, na qual um grupo de profissionais elabora o projeto de Arquitetura, outro grupo de profissionais elabora o projeto de estruturas em um momento seguinte e na sequência diversos grupos diferentes trabalham nos demais projetos necessários à edificação de forma separada física e temporalmente.

Conforme mostrado no capítulo 3, os processos colaborativos devem ser intencionais, interativos e mutuamente benéficos (SHAH, 2014). Na produção de um edifício, o objetivo final é a construção do mesmo e sua disponibilização para uso. Entre os vários alcances da Arquitetura pode-se incluir o objetivo de projetar da melhor maneira possível, a partir de uma demanda inicial dos usuários e seus desejos, com a melhor qualidade, no menor tempo e com o menor custo possível. Neste contexto, todos os profissionais envolvidos nesta empreitada têm claramente um objetivo comum. Seguindo os princípios da GIC, como Organização entende-se todo o ambiente organizacional necessário à produção do edifício, considerando em uma única organização todo o aparato com um objetivo comum. Assim, também os profissionais de projeto, mesmo que alocados em empresas diferentes separadas por disciplina, fazem parte da mesma organização, pois o objetivo final é o mesmo. Os principais benefícios da utilização da plataforma BIM e do projeto simultâneo são a melhoria da qualidade final da obra, a diminuição do tempo de execução e diminuição do custo final da obra. Para Santos e Barison (2011) a utilização da tecnologia BIM é tida como estratégica para o crescimento sustentado da construção civil, pois melhora o planejamento; reduz erros, prazos e desperdícios no projeto; amplia a capacidade dos projetistas e otimiza o trabalho da mão de obra no canteiro, otimizando todos os recursos escassos diante da nova demanda observada. Conclui-se que estão justificados o trabalho colaborativo como estratégia para o projeto simultâneo e o uso da tecnologia BIM se a qualidade final da obra for melhorada, mesmo que os processos individuais, por disciplina, não sejam numa primeira análise melhorados ou facilitados.

Outra característica apontada por Shah (2014) é a intencionalidade da colaboração. Nos processos tradicionais de projeto não simultâneo pode-se identificar momentos nos quais a colaboração aparece, mas nem sempre com consciência e intenção. O uso pleno da tecnologia BIM e do projeto simultâneo só se realiza com o trabalho intencional e consciente em colaboração pelos profissionais das diversas disciplinas, sem o qual haverá uma subutilização da tecnologia e simplesmente uma substituição da tecnologia CAD. Por fim, a importância do trabalho interativo, dinâmico e simultâneo no uso da tecnologia BIM como pressuposto do Projeto Simultâneo.

Shah (2014) também alerta para a importância da consciência que a colaboração nem sempre é útil ou desejável. Para tarefas simples, pouco complexas, rotineiras e que podem ser executadas por uma única pessoa a colaboração não é necessária e pode até comprometer a execução da tarefa. Entretanto, para a tecnologia BIM, mesmo considerando um objeto simples e um único profissional realizando todos os projetos das diversas disciplinas, os benefícios continuam sendo aplicados mesmo para o trabalho individual, pois a tecnologia BIM e a elaboração dos diversos projetos de forma simultânea mantém a característica de auxiliar na compatibilização entre os sistemas e na visualização integrada.

London (1995, p.8) interpretou o significado de colaboração como "trabalhar em conjunto de forma sinérgica". Apenas trabalhar os diversos projetos em conjunto é condição necessária, mas não suficiente também para o projeto simultâneo. Os profissionais de projeto devem entender que, diante de uma tarefa muito complexa, como é a construção de um edifício, para poder atingir seu êxito no final, o todo é maior que a soma das partes. No processo de projeto sequencial tem-se somente a soma de partes e, portanto, não necessariamente um melhor resultado. Aplicando a definição de London ao projeto de edifícios, o trabalho colaborativo precisa de uma sinergia entre os projetistas, resultando numa melhor qualidade final dos projetos como um todo.

Gray (1989, p.11) definiu colaboração como "um processo de tomada de decisão conjunta entre as principais partes interessadas de um domínio de problema sobre o futuro desse domínio". Aplicado ao projeto de edifícios, significa tomada de decisão conjunta entre os diferentes projetistas, construtores, incorporadores e clientes, as principais partes interessadas na construção de um edifício específico, o domínio de problema, sobre o seu futuro que é o edifício construído. Aqui tem-se a principal questão: a tomada de decisão. No processo sequencial de projeto, as decisões a respeito do futuro edifício a ser construído são tomadas de forma independente e separado por disciplina. Cada projetista é responsável por parte das decisões e, mesmo que existam reuniões e diálogos, a responsabilidade é individual, no sentido de por disciplina. Assim, a GIC adquire determinadas características, já sedimentadas e historicamente exercitadas com descrito anteriormente, em função do fluxo linear da informação. Entretanto, quando se pensa em trabalho colaborativo, significa tomada de decisão conjunta e corresponsabilidade na definição das partes e sistemas do edifício, trazendo a necessidade de novas práticas e procedimentos de GIC, bem como revisão de normas, leis e práticas de responsabilidade técnica vigentes em AEC.

Shah (2014) apresentou um modelo de colaboração com cinco conjuntos nos quais a colaboração é o conjunto maior e abrange outros níveis inferiores: comunicação (troca de informações), contribuição, coordenação, cooperação e colaboração (ver seção 3.3 – figura x).

O modelo apresenta-se como importante ferramenta para análise das tarefas conjuntas e do verdadeiro trabalho colaborativo. Assim, observa-se que grande parte das tarefas realizadas no processo de projeto sequencial corresponde a tarefas de comunicação (troca de informações), contribuição, coordenação ou cooperação, mas não de colaboração, esta possível apenas, com a introdução da tecnologia BIM, e claramente baseada em técnicas de GIC.

A troca de desenhos, em papel ou arquivo CAD, significa comunicação entre profissionais parceiros envolvidos na produção de um edifício. O trabalho desses profissionais não precisa, inclusive, ser sincrônico. Por isto representa o principal nível utilizado no projeto sequencial. Nem é necessário a participação efetiva de todos os profissionais, que acontece no nível superior de contribuição.

Para a contribuição, além de existir comunicação entre os participantes, cada indivíduo do grupo deve fazer uma contribuição individual para a tarefa, o que significa tomar alguma decisão, ou participar ativamente de alguma decisão, a respeito da produção do edifício.

As tarefas de coordenação envolvem, por exemplo, o agendamento de uma reunião entre profissionais de equipes de projeto diferentes. Ou a definição de qual será a responsabilidade de cada equipe de projeto, sem necessariamente estar-se colaborando.

A cooperação representa um grau maior de solidariedade ou assistência de uns sobre trabalho dos outros, com comunicação, contribuição e coordenação, mas sem o atingimento do grau maior que é a colaboração.

Resumindo, comunicação, colaboração, coordenação e cooperação são estágios de trabalho na produção de edifícios necessários para o trabalho colaborativo em AEC. Mas a colaboração só existirá a partir de uma forma mais justa de integração da tomada de decisão acerca de toda a vida útil do edifício, considerando-o parte de um ecossistema cidade/pessoas, e, como já dito, com uso massivo de tecnologia e orientado por técnicas de GIC .

London (1995) identificou as seguintes limitações de um processo colaborativo e aqui foram relacionadas ao projeto de edifícios:

1. Colaboração é um processo notoriamente moroso - não é adequado para problemas que exigem ação rápida e decisiva. De fato, o processo de projeto de edifícios não é uma atividade rápida e pressupõe tempo para planejamento. A colaboração pode trazer mais morosidade ao processo de projeto, quando se avalia uma disciplina individualmente, aumentando em um sentido o gasto com o tempo destinado a um determinado projeto específico. Contudo, como o que se propõe é a substituição da característica sequencial, na qual se tem que aguardar o término de um projeto para iniciar a confecção do outro, pela

elaboração simultânea dos projetos, o que pode trazer um ganho final de tempo para elaboração de todos os projetos.

2. Desigualdades de poder entre as partes podem inviabilizar o processo. Este é um cuidado que se deve tomar. Na elaboração sequencial de projetos, o segundo a ser elaborado se subordina ao primeiro, e assim consecutivamente. Portanto, a princípio existe tradicionalmente uma relação de poder na tomada de decisão em função do tempo e da ordem. A proposta de projeto simultâneo tem como princípio a tomada de decisão conjunta e, portanto, significa também uma mudança de paradigma nas relações de poder sobre o objeto a ser construído. No projeto sequencial percebe-se o domínio e um maior poder de decisão da arquitetura sobre as demais disciplinas na medida em que é o primeiro projeto a ser elaborado, e definidor dos primeiros parâmetros formais a serem seguidos pelos outros, e também porque a última etapa de compatibilização dos projetos também é feita pela arquitetura. No projeto simultâneo este domínio tende a ser minimizado. Torna-se necessário o uso de novas práticas de GIC contemplem também o desafio de diminuir as desigualdades de poder.

3. Normas de consenso e decisão conjunta tomada por vezes exigem que o bem comum deve prevalecer sobre os interesses individuais. Novamente verifica-se a necessidade da adoção de práticas de GIC que proponham, controlem e gerenciem normas de conduta na busca de decisões tomadas de forma conjunta pelos profissionais de diferentes disciplinas, explicitando sempre a prevalência do objetivo comum.

4. Colaboração funciona melhor em pequenos grupos e, muitas vezes decompõe em grupos que são muito grandes. No projeto de edifícios o tamanho do grupo vai variar de acordo com a complexidade da obra. Também neste campo destaca-se a maior importância das práticas de GIC quanto maior for tamanho do grupo.

5. Colaboração não tem sentido sem o poder de executar as decisões finais. No projeto de edifícios este acordo deve ficar claro desde o início dos trabalhos.

Gray (1989) listou cinco circunstâncias em que é melhor não colaborar:

- quando um partido tem o poder incontestado para influenciar o resultado,
- quando o conflito está enraizado em diferenças ideológicas profundas,
- quando o poder é desigualmente distribuído,
- quando as questões constitucionais estão envolvidas ou precedentes legais são procurados,
- quando um organizador legítimo não pode ser encontrado.

Em qualquer uma dessas circunstâncias listadas por Gray, se não houver uma intenção e um esforço para vencer estas desigualdades, principalmente vinculadas à cultura e a herança histórica da organização e da indústria da construção civil, é melhor evitar o

trabalho colaborativo e continuar com os processos tradicionais de projeto. A intencionalidade e a vontade de buscar uma melhor qualidade no produto via projeto simultâneo é condição inicial. Principalmente os profissionais da arquitetura devem ter a consciência da mudança de sua posição privilegiada frente aos demais projetistas e desenvolver novas habilidades de GIC numa troca de função: de poder definidor inicial para organizador legítimo dos trabalhos em colaboração.

Também é possível fazer uma correlação entre as características para um ambiente favorável que precisa ser criado para uma colaboração bem-sucedida e a tecnologia BIM:

1. Os participantes de uma equipe vêm com diferentes origens e especialização. Esta característica já faz parte naturalmente do perfil dos profissionais de projeto de edifícios. Apesar da formação na graduação abranger basicamente os cursos de Arquitetura e Urbanismo e as diversas Engenharias, as especializações são bastante diversas.

2. Os participantes têm a oportunidade de explorar informações por conta própria, sem ser influenciado pelos outros, pelo menos durante uma parte de todo o processo de busca de informação.

3. Os participantes devem ser capazes de avaliar as informações descobertas sem sempre consultar os outros no grupo.

4. Tem de haver uma maneira de agregar contribuições individuais para chegar ao objetivo coletivo.

Estas quatro características listadas estão presentes na tecnologia BIM e as ferramentas disponíveis não só permitem, mas também gerenciam as contribuições individuais de cada profissional.

Pode-se identificar quatro aspectos importantes no trabalho colaborativo (SHAH, 2014) e relacioná-los ao uso da tecnologia BIM:

1. Objetivo comum e benefícios mútuos. A importância da consciência que é o objetivo comum e a possibilidade de benefícios mútuos que reúne os profissionais para colaboração, e na construção civil a obra construída, materializada e bem-feita é o objetivo e o benefício comum. Para Shah isto não é uma função de um sistema. Um sistema pode fornecer suporte para as pessoas colaborarem e usufruírem dos benefícios, mas não iniciar ou forçar a colaboração. Assim acontece com a tecnologia BIM. Somente as ferramentas oferecidas pelo sistema não garante o trabalho colaborativo.

2. Tarefa complexa. Neste caso pode-se considerar a elaboração de projetos de edifícios e a construção de uma obra naturalmente uma tarefa complexa, envolvendo uma série de conhecimentos e habilidades necessárias e uma diversidade de decisões a serem

tomadas. Assim, parece não haver dúvidas que os princípios e benefícios da colaboração vêm ao encontro daqueles da construção civil.

3. Alta relação benefícios-gastos. Muito tem-se falado do alto custo para a implementação dos sistemas BIM e da mudança necessária na metodologia de trabalho para Arquitetos e Engenheiros para o trabalho colaborativo. Verifica-se uma deficiência nas pesquisas para medir a relação entre os benefícios colhidos e este custo de implementação. Entretanto, se forem incluídos a melhoria da qualidade da obra e a diminuição do retrabalho em função dos problemas de compatibilidade de projetos, parece clara a balança positiva para a tecnologia BIM, mesmo que individualmente para o profissional o ônus da implementação seja grande. Novamente o interesse coletivo e final da obra parece ter que prevalecer.

4. Conhecimento insuficiente ou habilidades. Esta é a razão óbvia para colaborar em construção civil: o conhecimento ou habilidade impossível de ser apresentada por um único profissional para resolver um problema complexo. Em tais casos, os participantes buscam colaborar para que eles possam alcançar algo maior ou melhor do que o que cada um poderia fazer individualmente.

Esta seção discutiu as práticas informacionais, as práticas de GIC e as características do trabalho colaborativo que podem auxiliar os profissionais na indústria de Arquitetura Engenharia e Construção (AEC), incluindo os processos de geração, disseminação e uso da informação necessária para confecção dos projetos e obras de edifícios, com suporte da tecnologia BIM. Os programas BIM atuam como um componente ativo para a colaboração e auxiliam os colaboradores para obter melhorias em todo o processo construtivo com a informação e o conhecimento.

O trabalho colaborativo entre profissionais de diferentes disciplinas envolvidos no projeto e construção de um edifício, fomentado pela proposta do projeto simultâneo, facilitado com a utilização da tecnologia BIM, possibilita a aproximação entre clientes, incorporadores, usuários, engenheiros, arquitetos e todos os envolvidos em uma mesma organização, bem como traz profundas mudanças no fluxo da informação utilizada para atingir o mesmo fim que é a realização da construção. Para isso são necessárias a consciência e formalização de novas práticas de GIC na indústria de AEC. Essas práticas de GIC abrangem tanto a geração quanto a disseminação e o uso da informação em todas as fases de projeto e de obra. Ações de GIC são necessárias no trabalho com o conhecimento explícito, seja registrado em uma representação gráfica técnica em papel ou digital, ou mesmo registrado como propriedades explicitadas nos objetos em um modelo único tridimensional BIM, e no trabalho com o conhecimento tácito sociabilizado na produção colaborativa realizada durante o projeto simultâneo do edifício.

Um aspecto importante discutido por Santos e Barison (2011) é que, para uma organização se beneficiar plenamente da tecnologia BIM, é necessário que disponha de profissionais, especialmente aqueles de nível superior, Engenheiros e Arquitetos, devidamente formados sobre os novos conceitos e tecnologias para o trabalho colaborativo e para GIC. Destaca-se, portanto, o papel da Universidade e dos cursos de Engenharia e Arquitetura na formação de profissionais devidamente preparados para o trabalho com os novos paradigmas que o BIM pressupõe: a colaboração e a gestão da informação e do conhecimento. A experiência profissional adquirida no próprio mercado pode ser de grande valia, mas considerando que ainda são poucos os escritórios e construtoras que adotaram o BIM como ferramenta cotidiana em sua plenitude, excluindo-se aqueles que subutilizam a tecnologia, a formação escolar torna-se fundamental. A questão da escola e da formação profissional apresenta-se, portanto, como assunto emergente para trabalhos futuros.

Importante observar que as manifestações do trabalho colaborativo se baseiam não apenas na tecnologia, mas também nas dimensões sociais do comportamento humano diante do mundo informacional. Assim, mais do que uma questão tecnológica ou estratégica, a colaboração apresenta-se como um problema de cultura organizacional e mudança na metodologia de trabalho.

Estamos diante de um momento importante na história da humanidade, no qual os novos ambientes informacionais digitais ganham aspectos e características de interação, de colaboração e de compartilhamento de informações entre seus usuários, criando um ambiente mais dinâmico e gerando um novo perfil de usuário.

Pode-se concluir a importância da utilização de conceitos e técnicas de gestão da informação e do conhecimento para aprimorar o gerenciamento da informação proposta pelo conceito BIM, utilizando informação de forma textual e de forma gráfica, além da colaboração proposta pela concepção de projeto simultâneo para otimizar todo o processo construtivo de edificações.

4.3 Ontologia e BIM

A ontologia caracteriza-se como campo interdisciplinar e interessado em dar sustentação para a elaboração de conceitos compartilhados em determinado domínio. É possível notar o aumento do interesse da aplicação de ontologias em diversos campos para a solução de problemas de modelagem e classificação. Nesta seção, objetivou-se analisar a produção científica que aborda a associação entre Ontologias e a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) na construção civil. Apresentam-se alguns preceitos básicos das duas tecnologias, de forma a fundamentar a pesquisa realizada. Em seguida, busca-se definir o relacionamento entre essas duas áreas aparentemente desconectadas. O resultado envolve

um estudo de um caráter exploratório que proporciona maior familiaridade com os dois temas e sua inter-relação. Uma revisão de literatura não exaustiva foi realizada através da pesquisa de publicações nas bases do portal CAPES, em junho de 2016 a partir dos descritores “ontology” e “BIM”.

A sociedade atual está marcada profundamente pelas tecnologias de informação e novas formas de representação do mundo real e imaginário. Assim, a presença destas tecnologias na construção civil e no trabalho de Engenheiros e Arquitetos possibilita, e ao mesmo tempo exige, profundas mudanças no pensar e produzir o objeto arquitetônico, diante da possibilidade de auxílio das práticas de organização e uso da informação.

Por outro lado, a questão da organização da informação tem permeado diversos domínios do conhecimento, uma vez que o volume de dados produzidos atualmente em muito ultrapassa a capacidade biológica de análise de um ser humano. Dessa forma, são necessários processos de representação e organização que possibilitem a recuperação de informação pertinente para o profissional especializado.

O objeto da presente seção está no cruzamento de dois campos: o uso da tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção) na indústria de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), bem como o uso de técnica de organização da informação, em particular, o uso de ontologias como alternativa para representação da realidade e para a criação de modelos bem fundamentados.

Segundo Almeida (2013) vários campos de pesquisa em várias áreas de conhecimento têm estudado o assunto Ontologia, incluindo publicações em filosofia, ciência da computação e ciência da informação, com aplicações sobre medicina, biologia, engenharia. Apesar do termo ontologia ser bastante controverso, envolvendo princípios das áreas citadas, ontologia aqui diz respeito a uma representação de parte de um determinado domínio, legível por máquina, para fins de representação e recuperação e com possibilidades de inferência automática.

O presente estudo tem como objetivo analisar a produção científica que aborda a associação entre Ontologias e a tecnologia BIM na construção civil, ou seja, verificar e definir o relacionamento entre as duas áreas, ou melhor, a aplicação da primeira área à segunda. Dessa forma, a pesquisa nesta seção possui caráter exploratório visando maior familiaridade com os temas e suas relações. Apresenta-se uma revisão da literatura, em artigos pesquisados em bases de dados portal CAPES, em junho de 2016 e a partir dos descritores “ontology” e “BIM”

A investigação enfatiza a relação entre ontologias e a tecnologia BIM. Para tal, apoia-se em estudos sobre os dois assuntos, objetivando identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências da relação entre os temas.

A tecnologia BIM emprega objetos paramétricos e suas relações. Entretanto não se identifica ali um compromisso ontológico verdadeiro, que seria muito bem-vindo do ponto de vista da promoção da interoperabilidade. Verifica-se a necessidade do entendimento da aproximação entre ontologia e BIM nos estudos e pesquisas recentes. O uso de semântica em BIM está relacionado ao uso de ontologia para o gerenciamento de informações em modelos arquitetônicos na construção civil.

Como protocolo da revisão, optou-se pelo uso do Portal de periódicos da CAPES, que possui acesso a diversas bases de dados, como SCIELO, SCOPUS, WEB OF SCIENCE, PROQUEST, SCIENCEDIRECT E IBICT, em publicações que tenham como assunto o uso de ontologias, ao mesmo tempo em que estas são empregadas com a tecnologia BIM. Como recorte, buscou-se a relação específica entre ontologia e modelos BIM na construção civil.

Para realização dos estudos primários, utilizou-se a busca automática, através do acesso ao Portal de periódicos da CAPES para recuperar artigos de acordo com as palavras chave: (ontologia (s) ou ontology) e (BIM ou Building Information Modeling ou Modelagem da Informação da Construção ou Modelagem da Informação do Edifício). Também foram usados na busca:

- Data de publicação: Qualquer ano
- Tipo de material: Todos os itens
- Idioma: Qualquer idioma
- Data Inicial: indefinida
- Data Final: indefinida

A seguir, foram selecionadas quais publicações seriam analisadas, pela avaliação do título e do resumo, para verificar se de fato abordavam tanto BIM quanto ontologias. Quando este critério não estava claro, pela simples observação do título e resumo, o texto completo foi acessado para consolidar a seleção ou o descarte.

Os artigos identificados pela estratégia de busca foram avaliados, obedecendo rigorosamente aos critérios de inclusão: texto na íntegra, e uso formalmente declarado de ontologias e tecnologia BIM, simultaneamente. Como objetiva-se a relação entre estes dois assuntos, o primeiro critério de inclusão consistiu de o texto versar sobre os dois temas.

No QUADRO 4 apresentam-se os resultados da busca.

QUADRO 4 - Resultados das buscas

Qualquer Título Autor Assunto	Contém É exato Começa	Palavra chave	And Or Not	Qualquer Título Autor Assunto	Contém É exato Começa	Palavra chave	Resultados	Selecionados	Motivo da exclusão
qualquer	contém	Ontologia	and	qualquer	contém	BIM	1	0	Psicologia e linguística
qualquer	contém	Ontologias	and	qualquer	contém	BIM	0	0	
qualquer	contém	Ontologia	and	qualquer	contém	Modelagem da Informação do Edifício	0	0	
qualquer	contém	Ontologias	and	qualquer	contém	Modelagem da Informação do Edifício	0	0	
qualquer	contém	Ontologia	and	qualquer	contém	Modelagem da Informação da Construção	11	0	construção de outra coisa
qualquer	contém	Ontologia	and	qualquer	é exato	Modelagem da Informação da Construção	0	0	
qualquer	contém	Ontologias	and	qualquer	contém	Modelagem da Informação da Construção	12	0	construção de outra coisa
qualquer	contém	Ontologias	and	qualquer	é exato	Modelagem da Informação da Construção	0	0	
qualquer	contém	Ontologia	and	qualquer	contém	Building Information Modeling	37	0	construção de outra coisa
qualquer	contém	Ontologia	and	qualquer	é exato	Building Information Modeling	0	0	
qualquer	contém	Ontology	and	qualquer	é exato	Building Information Modeling	31	27	incluídos na pesquisa a seguir
qualquer	contém	Ontology	and	qualquer	contém	BIM	79	27	resultado final da busca

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostra final de publicações a serem avaliadas constituiu-se de 27 trabalhos. Dos 79 listados 8 estavam repetidos e 27 atenderam os critérios de inclusão.

A tecnologia BIM difere-se da tecnologia CAD, anterior, por trabalhar o edifício como um sistema de informação. Nesse contexto, a informação não só passa a fazer parte do modelo como é a diretriz geradora da forma. Apesar da tecnologia BIM já existir há anos, as primeiras investigações com orientação semântica em BIM surgiram recentemente.

Em termos dos objetivos propostos, dos 27 textos selecionados, 24 deles (quase 90%) foram publicados no último quadriênio (2013 a 2016), 17 (63%) nos últimos 18 meses,

e o mais antigo é de 2009, o que demonstra a atualidade do tema. Isso indica que, os estudos publicados associando o uso de ontologia e a tecnologia BIM apresentam publicação recente e de volume crescente. A seguir, no QUADRO 5, estão relacionados o número de títulos por ano de publicação:

QUADRO 5 - Títulos por ano de publicação

Ano de publicação	Número de títulos
2016	06
2015	11
2014	03
2013	04
2012	01
2011	00
2010	01
2009	01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os trabalhos foram organizados em quatro grupos de acordo com o tipo de relacionamento entre os temas. O maior número de trabalhos – onze no total (41%) – abordam a representação do conhecimento e a colaboração entre profissionais. A preocupação com a interoperabilidade entre sistemas está presente em sete trabalhos. Outros sete artigos foram agrupados pela abordagem relacionada à especificação de materiais, ao custo e ao acesso a componentes de BIM. Os dois últimos trabalhos não se enquadram nos grupos anteriores, sendo destacados ao final.

De acordo com essa classificação foram definidas quatro categorias de análises apresentadas a seguir.

4.3.1 Conhecimento e Colaboração

O maior número de trabalhos, onze, tiveram preocupação com representação e compartilhamento do conhecimento em AEC e modelos BIM.

Aksamija e Iordanova (2010) discutiram a interação entre as representações multimodais de conhecimento em projeto arquitetônico. Desenvolveram um ambiente computacional que combina vários modos de representação, incluindo e integração de

diferentes formas de conhecimento presentes no projeto arquitetônico. Discutiram também o desenvolvimento de uma biblioteca de modelos digitais interativos e um modelo ontológico de fatores de projeto de arquitetura, apresentando uma interação entre a representação ontológica do conhecimento do projeto arquitetônico e sua incorporação em modelos interativos, salientando, assim, o processo de concepção e espaço de projeto.

Lee e Jeong (2012) preocuparam-se com a representação do conhecimento centrados no usuário com base na ontologia para colaboração do projeto, considerando as dificuldades para promoção do trabalho colaborativo na área de AEC (Arquitetura / Engenharia / Construção), em função das diferenças entre as formações educacionais e disciplinares dos participantes e da falta de compreensão acerca da natureza multidisciplinar do projeto, além da falta de ferramentas específica de apoio. Estabeleceram um modelo distribuído e flexível para a colaboração mediada por máquina. Nesse modelo, em que cada domínio os seus próprios dados são retidos sob a forma mais apropriada para as suas necessidades. Filtros inteligentes baseados em ontologias traduzem em dados neutros de projeto para aqueles de domínio específico. Os dados filtrados aparecem enriquecidos semanticamente para o usuário, mesmo quando gerado por outro profissional. Um protótipo foi desenvolvido e testado para verificar a viabilidade do modelo de comunicação baseado em filtro proposto e os resultados demonstraram que o modelo pode permitir que os profissionais de diferentes disciplinas participem de um projeto de AEC compreendendo melhor o processo dinâmico de projeto e chegando a um nível de compreensão compartilhada mais elevado.

Já Nepal et al. (2013) utilizaram modelagem da construção baseada em ontologia, extração automática de características baseada em um esquema padrão AEC XML e processamento de consulta, com o objetivo de extrair informações para os profissionais de construção a partir de um modelo BIM. Buscando ampliar a utilização de modelos BIM em outros processos para construção, e reconhecendo que a extração de informações relevantes e úteis a partir de um modelo BIM envolve processo ao mesmo tempo desafiador e demorado, descreveram o desenvolvimento de uma ontologia para as características da construção, que formaliza o conhecimento de construção relacionado com o projeto de componentes. Descreveram, também, um modelo baseado em características específicas do projeto (FBM), com base de uma entrada XML IFC, que representa explicitamente características que são relevantes para um determinado profissional de construção ou de domínio e personalizado para um projeto particular. Finalmente, desenvolveram consultas que fornecem aos usuários de construção uma forma personalizada de recuperar informações relevantes, aproveitando o FBM.

O aumento crescente do tamanho dos arquivos BIM, o fato que isto pode trazer dificuldades para manipulação do modelo, aliado a cenários de uso em que apenas

determinadas informações específicas são necessárias, levaram Zhang e Issa (2013) a buscar uma ontologia para a extração de um modelo da construção parcial a partir do modelo original completo, no formato Industry Foundation Classes (IFC). Desenvolveram a parte terminológica (Tbox) da ontologia de acordo com as especificações existentes de esquema IFC, e a parte assertiva (Abox) foi gerada em tempo de execução para cada modelo IFC específico, combinando a TBox e as instâncias da IFC no modelo. Para demonstrar e validar o algoritmo, os autores usaram um protótipo baseado em Java.

Park et al (2013) se preocuparam com a gestão de defeitos e propuseram uma ontologia de defeitos na construção civil para busca e recuperação de informações de defeitos em projeto ou trabalho específico. Investigaram a necessidade de práticas de gestão de defeitos na indústria da construção civil proativa e abrangente, ao invés de reativa, como é a tradição. Apresentam uma estrutura conceitual para sistema de gerenciamento de defeitos de construção que integra a ontologia, a realidade aumentada (AR), num sistema de inspeção de defeitos como apoio à gestão de defeitos no campo, com modelos BIM.

Succar (2014), com o objetivo de proporcionar uma estrutura de conhecimento extensível, construindo ferramentas de melhoria de desempenho da tecnologia BIM, construiu uma ontologia de domínio como suporte a um ambiente de construções, como sistemas de avaliação, módulos de aprendizagem e ferramentas de melhoria de desempenho.

Zhang, Boukamp e Teizer (2015) desenvolveram uma modelagem semântica, baseada em ontologias, do conhecimento sobre segurança de construção para planejamento de segurança automatizada em análise de riscos do trabalho. Utilizando a tecnologia BIM as análises de relatórios de perigo são geradas automaticamente, disponibilizando a visualização e simulação (4D) de modelos com recursos de segurança. O objetivo foi investigar uma nova abordagem para organizar, armazenar e reutilizar conhecimentos de segurança de construção propondo uma ontologia de segurança de construção, para formalizar o conhecimento de gestão de segurança.

Pilehchian, Staub-french e Nepal (2015) também, reconhecendo que as ferramentas BIM atuais fornecem suporte limitado na gestão de mudanças, descreveram uma abordagem para representar, coordenar e acompanhar as mudanças de projeto dentro de um ambiente multidisciplinar colaborativo com a tecnologia BIM. Criaram uma ontologia para caracterizar as mudanças de projeto, e assim representar os atributos do componente alterado, dependências entre componentes e alterar impactos. Diferentes tipos de dependências entre as diferentes alterações de projeto foram explorados, bem como uma matriz da abordagem e da dependência baseada em gráfico. Isso poderia ajudar, no contexto de um processo de entrega do projeto com base em BIM, a automatizar a propagação e o impacto das mudanças. Apresentaram um estudo de caso detalhado de um projeto BIM

grande e complexo, no qual foram investigadas inúmeras alterações de projeto, analisados os processos de gestão de mudança, e avaliadas as ferramentas BIM disponíveis.

Também preocupados com a prevenção de recorrência de defeitos na construção civil, Lee, et al. (2016) observaram a necessidade de um mecanismo de realimentação de conhecimento sobre defeitos nas condições de trabalho. O problema é que a maior parte dos defeitos são armazenadas em forma de dados não estruturados, resultando no problema fundamental da reutilização. Assim, fizeram uma proposta de uma estrutura usando BIM e tecnologias vinculados para a partilha de dados sobre defeitos entre fontes de dados heterogêneos. Desenvolveram uma ontologia de defeitos, permitindo a extração das informações contexto de trabalho de modelos BIM. Esses dados BIM extraídos foram convertidos para o formato RDF (Resource Description Framework) e foram implementadas consultas SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) - uma linguagem de consulta semântica e protocolo de acesso a dados em RDF. Objetivaram permitir reduções de ocorrência melhorias nas práticas de gestão de defeitos na construção.

Costa et al. (2016), centrados em projetos de engenharia de colaboração, utilizaram uma ontologia de domínio na indústria da construção civil para facilitar o compartilhamento de conhecimento e sua reutilização. Investigaram um quadro conceitual para a representação de fontes de dados, onde cada fonte de dados foi semanticamente representada, dentro do seu domínio de uso, por um vetor semântico. Uma abordagem de modelo de espaço vetorial estendido com suporte ontológico foi adotada, além do emprego de conceitos de ontologias e suas relações.

Ding et al. (2016) criaram uma metodologia baseada em ontologias para a gestão de conhecimento de riscos de construção vinculado a um ambiente BIM. Esse conhecimento de risco foi organizado semanticamente e dinamicamente ligado aos objetos de construção específicos de um modelo BIM. Objetivaram facilitar a reutilização do conhecimento durante o processo de análise de risco de construção em uma ferramenta de gerenciamento de conhecimento de riscos. Foi desenvolvido um protótipo da ferramenta e implementado em um estudo de caso, no qual o conhecimento de risco de construção armazenado na base de conhecimento foi recuperado e exibido ao selecionar os componentes de construção no modelo BIM.

4.3.2 Interoperabilidade

A questão da interoperabilidade entre diferentes sistemas BIM ou entre BIM e outras plataformas, como GIS, foi o tema abordado por 7 publicações.

Gomes-Romero et al. (2015) enfrentaram o desafio de superar a capacidade limitada de integração de informações entre domínios diferentes em modelos BIM, mesmo

com o uso de padrões abertos, como os Industry Foundation Classes (IFC). Fizeram a proposta e uma extensão difusa de ontologias BIM: ifcRDF e ifcOWL. O caminho escolhido foi o uso de ontologias e tecnologias da Web Semântica, para criar mais BIMs formais e interoperáveis. Para suporte à representação do conhecimento impreciso e recuperação apresentaram uma extensão baseada em lógica difusa das BIMs semânticas. A proposta foi uma linguagem de ontologia difusa expressiva, e a descrição de como usar uma máquina de raciocínio distorcido num contexto BIM com exemplos selecionados. Novas funcionalidades no desenho e análise de projetos foram permitidas com o BIM semântico difuso.

Também percebendo a importância do tema da interoperabilidade, Karan, Irizarry e Haymaker (2015) desenvolveram uma estrutura para representar os resultados da consulta web semântica como modelos de construção em *Industry Foundation Classes* (IFC). Desenvolveram uma ontologia para especificar uma entidade IFC equivalente nos resultados da consulta. Na sequência, foi definida uma estrutura de mapeamento utilizada para traduzir e preencher todos os resultados da consulta em um documento ifcXML. O *framework* proposto implementa um conjunto de mapeamentos de consulta pré-definidas entre o esquema de origem e um esquema de saída IFC correspondente para o processamento de consultas. Um analisador de validação de esquema XML valida o documento ifcXML resultante que depois é carregado em uma ferramenta BIM.

Já Venugopal, Eastman e Teizer (2015) analisaram o *Industry Foundation Classes* (IFC) a partir de uma perspectiva ontológica, buscando definições mais formais, coerentes e inequívocas para a construção de intercâmbios em modelos de informação da construção (BIM). Revisaram diferentes métodos de abordagens ontológicas. Partiram do reconhecimento que, apesar do IFC fornecer condições para a interoperabilidade por meio de transações com base em objeto, necessita de clareza semântica em entidades de mapeamento e relacionamentos, pois resulta, para mapear a mesma informação entre os diferentes modelos, em múltiplas definições. Revelaram a natureza ambígua das definições atuais da IFC e propuseram reformas para o intercâmbio de dados de forma semanticamente mais robusto. Visando estruturar a interoperabilidade das ferramentas BIM, uma ontologia seria interessante, fornecendo uma taxonomia formal e consistente e estrutura de classificação.

Lee, Eastman e Solihin (2016) também se preocuparam com as especificações para partilha e troca entre modelos de informação da construção durante as fases de projeto, construção e operação. Reconheceram que as *Industry Foundation Classes* (IFC) e os *Model View Definitions* (MVDs) especificam as informações para o intercâmbio de dados do modelo de construção, envolvendo identificação de semântica do modelo partilhadas por dois ou mais pedidos, mas, contudo, resultam em uma falta de consistência pois nenhum padrão robusto

para a definição semântica e requisitos para a troca de dados de construção foi acordado. Assim, fizeram uma proposta de abordagem para formalização de conhecimento de domínio e definiram módulos de dados precisos para vistas do modelo. Empregaram princípios ontológicos para gerar um *Manual Information Delivery* IDM para o domínio “concreto pré-moldado” e para que a sua MVD com modelos de informação formais. Um IDM baseado em ontologia foi analisado e traduzido do OWL / XML para mvdXML, que gera automaticamente a documentação MVD na ferramenta IfcDoc, integrando assim os processos IDM e desenvolvimento MVD.

Dentro dos sete trabalhos deste grupo, três preocuparam-se com a interoperabilidade entre sistemas BIM e GIS, assunto tão corrente e importante para Arquitetos e Engenheiros. Mignard e Nicolle (2014) buscaram diminuir a separação entre os Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e de os Modelos de Informação da Construção (BIM). Definiram uma nova abordagem para a gestão técnica de instalações urbanas, incluindo a modelagem e exploração da informação dos edifícios, o seu ambiente, elementos e redes urbanas. Produziram um Modelo de Informação Urbana (UIM), por analogia com o Modelo de Informação da Construção, que permite modelar, para uma ontologia, todas as informações da cidade, incluindo elementos urbanos, redes, edifícios. A particularidade da plataforma é que os dados podem ser acedidos, quer por uma vista semântica ou através de uma interface 3D.

Para transmitir significado entre BIM e GIS, Karan e Irizarry (2015) utilizaram a tecnologia de web semântica permitindo interoperabilidade a nível semântico para promover o uso de BIM para pré-construção, trazendo benefícios e integração para gerir esta fase. Termos e suas relações em ambiente BIM foram declarados utilizando os padrões de web semântica, usando um conjunto de ontologias padronizadas para operações com os dados espaciais e temporais heterogêneos.

Por fim, Kim et al. (2015) desenvolveram uma ontologia para o modelo BIM com objetivo de fornecer informações sobre a *walkability* existente. Essa ontologia, que fornece uma representação formal do *walkability* de rotas seguras para os programas escolares, foi aplicada em uma escola primária nos Estados Unidos e visualizou a *walkability* existente, integrando BIM e Sistema de Informação Geográfica (GIS). Com base no resultado de visualização, a equipe foi capaz de descrever explicitamente a *walkability* existente aos participantes do programa.

4.3.3 Especificação de materiais, custo e acesso a componentes de BIM

Kim et al. (2013) apresentaram, com objetivo de inserir em uma ferramenta para a construção de *building energy analysis* (BEA), um sistema semântico para encontrar um

nome de material padronizado e suas propriedades associadas. Definiram ontologias que capturam os conceitos associados com os materiais padrão e seus valores de propriedade que são exigidos por ferramentas BEA, utilizando arquivos IFCXML de BIM como uma fonte de dados de entrada, buscando processamento automático de entrada propriedade do material.

Para superar o problema da subjetividade dos estimadores de custo, Lee, Kim e Yu (2014) propuseram um processo ontológico de inferência para automatizar o processo de busca para os itens de trabalho mais adequadas, automatizando as pesquisas usando dados de modelos BIM para encontrar itens para elementos de construção e materiais, para ajudar os profissionais de custos a encontrar itens de trabalho com maior facilidade e consistência e melhorar a precisão dos quantitativos com modelos BIM. Estabeleceram uma ontologia das condições de trabalho, que consiste dos determinantes necessários para selecionar itens de trabalho, uma ontologia de item de trabalho, que consiste dos fatores que definem o método, e as regras de raciocínio semânticas.

Costa e Madrazo (2015) apresentaram um caso de uma aplicação de tecnologias de Web Semântica para conectar modelos BIM com um catálogo de componentes de concreto pré-moldado estrutural, reconhecendo que as tecnologias BIM existentes não fornecem ligações nativas para os componentes do produto, que são necessários para facilitar a participação dos fabricantes nos processos de concepção e construção. Tiveram como objetivo aplicar tecnologias da Web Semântica produzir a construção de descrições dos componentes, usando dados vinculados a partir de diferentes fontes disponíveis na Web, e fornecer serviços que tornam os dados vinculados disponível em um catálogo de produtos acessíveis aos usuários finais que trabalham com modelos BIM. Para validar a aplicação em um caso real um catálogo e os serviços associados na modelagem de quadros concreto pré-moldado com BIM Revit foram implementados.

A importância da busca na *World Wide Web* de recursos de BIM úteis, como bibliotecas de produtos de construção, foi o argumento para Gao et al. (2015) desenvolverem um protótipo de motor de busca semântica, chamado BIMSeek, para recuperar recursos BIM on-line, baseado em *Industry Foundation Classes* (IFC), e numa ontologia de domínio construída para codificar o conhecimento específico do BIM no motor de busca, objetivando que os termos em documentos BIM possam estar desambiguados e indexados.

Lee, Kim e Yu (2015) pesquisaram uma inferência ontológica do item de trabalho que permite uma pesquisa automatizada dos itens de trabalho mais adequadas e os seus custos unitários associados. Consideraram que as ferramentas BIM podem ser usadas para automatizar o levantamento da quantidade de material, minimizando o processo de medição da quantidade, mas não fornecem informações sobre itens de trabalho que estão relacionados

com materiais, que precisam ser verificados manualmente. Criaram uma ontologia que contém informações semânticas para itens e condições de trabalho, bem como uma regra de raciocínio semântico que ativa a ontologia. Confirmaram que a ontologia proposta e a regra raciocínio semântica pode trabalhar em situações do mundo real em um estudo de caso.

Também Niknam e Karshenas (2015) desenvolveram uma ontologia para estimativa de custos de construção, envolvendo BIM, estimativa de custos e bases de conhecimento de materiais de construção. Desenvolveram uma aplicação para estimativa de custos com base semântica, informação distribuída acessada usando SPARQL e Serviços da Web Semântica. O desafio foi integrar as informações necessárias para a estimativa de custos através da Internet. Assim, discutiram uma nova abordagem para a estimativa de custos de construção que utiliza a tecnologia de Web Semântica, baseada em BIM, estimando conhecimento e dados de custo de material de construção expressa em uma linguagem de ontologias da Web.

Liu, Lu e Al-Hussein (2016) reconheceram que um modelo BIM é um banco de dados de informações construído propositadamente centrado no produto e não tem semântica de domínio, fato que restringe extração de informações do modelo para análises de transformação em construção. Propuseram, portanto, uma abordagem semântica baseada em ontologias para extrair as informações para levantamento de quantitativos para a construção civil em um modelo de projeto BIM. Esta abordagem permite aos utilizadores consultar semanticamente o modelo de projeto BIM usando um vocabulário de domínio. Como tal, as informações para levantamento de quantitativos relevantes para os profissionais de construção podem ser facilmente extraídas e visualizadas em 3D. Foi implementada uma aplicação de um protótipo em Autodesk Revit para demonstrar a eficácia da abordagem proposta no domínio da construção de edifício e em light-frame.

4.3.4 Ontologias gerais

Os dois próximos trabalhos não se enquadram nos grupos anteriores, sendo destacados a seguir.

Succar (2009) afirma que os componentes de conhecimento da tecnologia BIM devem ser definidos e os limites de expansão delineados para permitir uma investigação sistemática de campos divergentes. Então o autor apresentou o BIM *Framework*, uma fundação de pesquisa e entrega para as partes interessadas da indústria, explorando algumas das orientações internacionais acessíveis ao público, identificando algumas peças conceituais, como campos, fases, etapas e lentes, fornecendo exemplos de sua aplicação e listando algumas das entregas do *Framework*. Assim, modelos de conhecimento visuais e uma

ontologia para representar conceitos de domínio e as suas relações foram identificados e implementados.

Han, Cline e Golparvar-Fard (2015) formalizaram uma ontologia de modelos de construção de sequenciação lógica tais como relações físicas entre os componentes. O cenário são os métodos que detectam desvios de progresso da construção, com a utilização de varredura a laser ou imagens de nuvens de pontos com 4D BIM, para criar modelos completos as-built. Um mecanismo de classificação que integra essa ontologia com BIM foi apresentado para inferir estados de progresso para os componentes parcialmente e totalmente ocluído. A ontologia e o mecanismo de classificação foram validados usando um teste.

Esta seção analisou a produção científica que associa ontologia e tecnologia BIM no ambiente de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Com um caráter exploratório, visando aumentar a familiaridade com esses dois temas e suas inter-relações, foi realizada uma revisão da literatura. Os artigos foram pesquisados nas bases do portal CAPES a partir dos descritores “ontology” e “BIM”. Foi possível verificar que o relacionamento entre as áreas é bastante recente, com base na atualidade das publicações. O volume de estudos publicados ainda não é suficiente, quando comparado a outros trabalhos sobre BIM ou sobre ontologias em separado. Dessa forma, deduziu-se aqui um o grau de maturidade ainda relativamente baixo.

Foram identificados, selecionados e avaliados estudos relevantes sobre a relação entre ontologias e a tecnologia BIM. Reconhecendo que apesar de empregar objetos paramétricos e formalizar suas relações, a tecnologia BIM não tem um compromisso ontológico bem definido, buscou-se o uso de ontologias para ajudar no gerenciamento das informações nos modelos BIM, derivando a BIM semântica.

Três principais preocupações orientaram os trabalhos analisados: a) a representação e compartilhamento do conhecimento em AEC e modelos BIM, tendo o trabalho colaborativo como objetivo final; b) os problemas de interoperabilidade entre diferentes sistemas BIM, bem como relações entre BIM e aplicações GIS; e, c) autores interessados em ampliações dos sistemas BIM melhorando a pesquisa de componentes de modelo, especificações, materiais e componentes de trabalho, além de levantamento de custos e orçamento.

Por fim, os autores apontaram os princípios ontológicos como real possibilidade de orientação para o desenvolvimento futuro e ampliação das potencialidades da tecnologia BIM. Dezesete trabalhos (63% do total) foram publicados nos últimos 18 meses, fato que demonstra a atualidade e o recente e crescente interesse pelo tema. Assim, o uso de princípios ontológicos e a tecnologia BIM, na indústria de AEC, apresenta-se como importante

tema para trabalhos futuros. O uso de ontologias pode suprir as características que faltam para o trabalho com a tecnologia BIM, ampliando sua inteligência, tecnologia esta tão promissora para Engenheiros e Arquitetos, que passam a ter na informação e no conhecimento o foco do seu trabalho.

Identificou-se uma lacuna na bibliografia a qual essa seção buscou preencher de não encontrar literatura que relaciona as temáticas tratadas, à saber, ontologia e BIM. Num primeiro momento, o levantamento bibliográfico apresentado aqui aponta para a falta de pesquisa consolidada relacionando os dois temas. Entretanto, acredita-se que há nessa interseção possibilidades frutíferas de pesquisa, uma vez que o BIM lida com espaços e objetos e a teoria da ontologia é aplicável ao universo espaço-temporal.

4.4 Ontologia, IoT e BIM

Esta seção apresenta um estudo exploratório sobre a inter-relação entre as Tecnologias Ontologias, Internet das Coisas (IoT) e Modelagem da Informação da Construção BIM (*Building Information Modeling*). Analisa a produção científica que aborda a associação entre as três tecnologias na área de AEC. Busca-se definir o relacionamento entre essas áreas, as quais, no momento, não parecem adequadamente conectadas. O estudo tem um caráter exploratório, com objetivo de proporcionar maior familiaridade com os temas. Foi realizada uma revisão de literatura não exaustiva através da pesquisa de publicações nas bases do portal CAPES, em maio de 2017. A pesquisa no portal da CAPES apresenta o termo “*ontolog*” em 402.047 trabalhos, confirmando a maturidade e interesse do tema; “*Internet of Things*” em 16.023 e “*Building Information Modeling*” em 4.878. A combinação dos três está presente em um trabalho que apresenta o uso de sensores inteligentes, a integração entre sistemas, a participação dos usuários, o gerenciamento de dados e a convergência da modelagem de informações da construção (BIM) como uma oportunidade para transcender as barreiras operacionais por meio da interoperabilidade entre sistemas. Esta seção apresenta um ponto de partida para aplicação da ontologia com Internet das coisas para o processo construtivo. Apresenta como proposta considerar uma edificação, simuladas tridimensionalmente com a modelagem de informação (BIM) sobre todos os seus componentes, organizada de forma estruturada (ontologia) e monitorada de forma dinâmica (IoT).

O trabalho identifica como pesquisa potencial a aplicação de ontologias e IoT na construção civil, uma vez que a edificação pode ser simulada via robusta modelagem de informação (BIM), organizada de forma estruturada (ontologia) e monitorada de forma dinâmica (IoT).

As tecnologias de informação e as novas formas de representação do mundo, real e imaginário, têm influenciado profundamente a sociedade atual, indo em direção à um

contexto de convergência e integração de tecnologias. Neste cenário, os limites entre real e virtual, físico e digital estão cada vez mais frágeis e sutis.

A presença das tecnologias de informação e representação do mundo na construção civil e no trabalho de Engenheiros e Arquitetos tem possibilitado e exige profundas mudanças no pensar e produzir o objeto arquitetônico. Estas mudanças evoluíram para as fases posteriores ao projeto, passando a envolver todo o ciclo de vida do edifício, passando pela construção (obra) e chegando ao monitoramento de uso e acompanhamento de desempenho. Na busca por soluções para os complexos problemas relativos à informação, uma abordagem promissora é aquela baseada na organização e uso da informação.

Ao mesmo tempo, o uso de equipamentos como computadores e *smartphones* cresce a cada dia, e junto amplia-se o acesso de pessoas à internet. Mas para além destas conexões feitas via computador e smartphone, uma nova geração de equipamentos está se ampliando, dispositivos e instrumentos originalmente desconectados estão entrando no mundo online. A conexão entre os dispositivos como eletrodomésticos, geladeiras, máquinas de lavar, cafeteiras, bem como câmeras de vídeo, microfones e sensores dos mais variados tipos, representam o fenômeno "*smart building*" no contexto da assim chamada Internet das Coisas. Nesse contexto, vocabulários controlados como as ontologias surgem como soluções promissoras para representação do conhecimento

O aumento da conexão das máquinas e equipamentos significa um volume de dados produzidos que ultrapassa a capacidade de processamento com tecnologias tradicionais. Assim, verifica-se a necessidade de novos processos de representação e organização da informação e do conhecimento que possibilitem a otimização da recuperação de informação. Nesse contexto, vocabulários controlados como as ontologias surgem como soluções promissoras.

Este trabalho envolve a interseção de três temas aparentemente distintos: a utilização de técnicas de organização da informação baseadas em ontologias, usadas como alternativa para representação da realidade e para a criação de modelos bem fundamentados e legíveis por máquinas; a utilização de sistemas e plataformas para a Internet das Coisas (IoT), que tratam principalmente dos dispositivos e de dados gerados por eles; e, finalmente, a utilização da tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção) no projeto, produção e gestão de edifícios, na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Esta seção teve como objetivo investigar a produção científica que associa ontologias, internet das coisas e a tecnologia BIM na construção civil. Portanto, buscou-se verificar e entender a relação entre as três áreas e a aplicação na gestão dos edifícios na indústria de AEC, através de uma pesquisa de caráter exploratório, visando maior

familiaridade com os temas e vislumbrando a possibilidade de futuros caminhos investigativos. Apresenta-se uma revisão da literatura em artigos pesquisados em bases de dados do Portal de Periódicos da CAPES/MEC/BRASIL, em abril de 2017 e a partir dos descritores “*Ontolog**”, “*Internet of Things*” e “*Building Information Modeling*”.

A ênfase deste trabalho está na relação entre os temas e apoia-se em trabalhos que abordam os três assuntos, contribuindo para a identificação, seleção, avaliação e síntese de evidências da relação entre os mesmos. Parte-se do princípio que a interseção entre esses três temas poderá trazer avanços significativos para todo o ciclo de vida da construção de edificações. Isso ocorrerá principalmente na melhoria dos processos por meio da representação, recuperação e comunicação da informação entre as etapas. Visando redução ou eliminação de erros, desperdícios, otimização de tempo e melhoria na qualidade, espera-se obter ganhos globais, desde a criação do projeto até a utilização da obra edificada.

O assunto ontologia tem sido estudado em várias áreas de conhecimento, incluindo pesquisas nos campos da filosofia, ciência da computação e ciência da informação, e com aplicações sobre medicina, biologia e engenharia (Almeida, 2013). Nesse contexto, ontologia aqui diz respeito a uma representação de parte de um determinado domínio, legível por máquina, para fins de representação e recuperação de informação, com possibilidades de inferência automática.

A expressão Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) tem sido utilizada como referência a uma nova geração da computação pervasiva, representando a onipresença dos recursos de informática em produtos de consumo e cotidiano das pessoas. Os tradicionais equipamentos e produtos industriais como automóveis, telefones, televisores, geladeiras, câmeras e sensores passam a ter capacidade de conexão, comunicação, e acesso à internet embutidas, apresentando diversas novas possibilidades de uso como por exemplo comando à distância, personalização, automação e análises de desempenho. Essa conexão é possível por meio de sensores instalados em objetos e locais determinados que enviam os dados para serem analisados. Objetos físicos passam a ter capacidade de processamento e comunicação de dados e, portanto, podem “sentir” o ambiente, “perceber” seu estado e o de outros, além de intercambiar, solicitar, fornecer, delegar, gerenciar e trocar informações.

A tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) surge como um “novo” conceito de projetar, planejar e acompanhar obras edificadas. O processo propõe mudanças profundas em relação ao modelo tradicional. A concepção de uma obra apresenta muitos problemas relacionados a falta de comunicação e troca de informação entre diferentes estágios, processos e, principalmente profissionais. A proposta é utilizar a ferramenta BIM como uma forma inteligente e ideal de desenvolvimento de projeto, acompanhamento de construção, “*as built*” e manutenção de uma edificação sustentável.

A tecnologia BIM emprega objetos paramétricos e suas relações para construir um modelo virtual de um edifício. Entretanto não se identifica ali um compromisso ontológico verdadeiro, que seria muito bem-vindo do ponto de vista da promoção da interoperabilidade. Verifica-se a necessidade do entendimento da aproximação entre ontologia e BIM nos estudos e pesquisas recentes. O uso de semântica em BIM está relacionado ao uso de ontologia para o gerenciamento de informações em modelos arquitetônicos na construção civil. Também as informações são introduzidas normalmente em um sistema BIM pelo usuário. A aproximação entre BIM e IoT apresenta-se como possibilidade de troca de informações entre os objetos e equipamentos existentes no edifício real e seu modelo virtual.

As três tecnologias aqui estudadas apresentam um princípio fundamental em comum: vão além de uma estrutura ou uma simples organização de objetos ou atores que representam, mas, sobretudo, enfatizam as relações entre eles e com um esforço na resolução de conflitos. Nas ontologias objetiva-se ir além da descrição do que existe e da caracterização de entidades, explicitando as relações possíveis nos diversos níveis. Em IoT a importância da consciência do seu estado e de outros, a troca de informações e o compartilhamento de ações entre os atores demonstram também a ênfase nas relações entre as coisas. E na tecnologia BIM o edifício é modelado com seus elementos de forma paramétrica, mas, sobretudo, representando as relações entre estes componentes, evitando-se, por exemplo, erros de compatibilização. A tecnologia BIM abrange geometria, informações geográficas, quantidades e propriedades construtivas dos componentes dos edifícios, mas principalmente relações espaciais, temporais e construtivas.

Considerando a ontologia como a forma de representar o domínio da construção civil, a relação entre os elementos é fundamental para organização e análise dos dados. Por sua vez, a IoT está diretamente ligada a construção do espaço para a identificação e localização dos objetos, a interconexão entre eles e a modelagem das informações. BIM, além da proposta direta de desenvolver o projeto e auxiliar a construção, tem um papel fundamental de modelar em 3D toda a edificação, com todos os elementos construtivos e tem a proposta da relação entre os elementos edificados. (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006)

Esta seção tem como objetivo o mapeamento da pesquisa que engloba os temas discutidos acima e suas inter-relações por meio de pesquisas desenvolvidas e do estudo da literatura publicada. Esta pesquisa utilizou o Portal de Periódicos da CAPES/MEC como protocolo de revisão. Esta opção foi baseada na disponibilidade de acesso conjunto a diversas bases de dados, como SCIELO, SCOPUS, WEB OF SCIENCE, PROQUEST, SCIEDIRECT E IBICT. Foram pesquisadas publicações que tinham como assunto o uso de ontologias, ao mesmo tempo em que estas são empregadas com a Internet das Coisas e

com a tecnologia BIM. Como recorte, buscou-se a relação específica entre ontologia, IoT e modelos BIM na construção civil.

Os artigos identificados pela estratégia de busca foram avaliados segundo os critérios de inclusão: disponibilidade de acesso ao texto na íntegra, via portal CAPES, e uso formalmente declarado de ontologias, IoT e tecnologia BIM, simultaneamente. Como objetivasse a relação entre estes três assuntos, o primeiro critério de inclusão consistiu de o texto versar conjuntamente sobre os três temas.

Para realização dos estudos primários, utilizou-se a busca avançada, através do acesso ao Portal de Periódicos da CAPES, com combinação com operador booleano AND, utilizou-se nos campos de busca específica:

- na primeira caixa de seleção da busca específica - por assunto, autor ou título - opção qualquer foi selecionada;
- na segunda caixa de seleção, na escolha da restrição de comparação - contém, é (exato) ou começa com – usou-se: na primeira linha contém Ontolog* AND “Internet of Things” e na segunda linha é (exato) "Building Information Modeling".

Qualquer	contém	Ontolog* AND “Internet of Things”
Qualquer	é (exato)	"Building Information Modeling"

O objetivo foi recuperar artigos de acordo com as palavras chave: “Ontolog*” AND “Internet of Things” AND “Building Information Modeling”.

Não foram usadas na busca o refinamento Data de publicação, Tipo de material ou Idioma, objetivando não eliminar qualquer texto em função destes itens:

- Data de publicação: Qualquer ano
- Tipo de material: Todos os itens
- Idioma: Qualquer idioma
- Data Inicial: indefinida
- Data Final: indefinida

Como esta busca resultou em apenas um trabalho, realizou-se uma segunda pesquisa com os mesmos operadores substituindo-se apenas a expressão “Building Information Modeling” por “Building”. Objetivou-se acessar os trabalhos que relacionavam ontologias e IoT não necessariamente com o uso da tecnologia BIM, mas ampliando para o edifício e a construção.

Uma pesquisa rápida no Portal de Periódicos CAPES com o termo “*ontolog**” resultou em 402.047 trabalhos, sendo 222.871 periódicos revisados por pares, grande volume de textos o que demonstra a maturidade da área e interesse pelo tema. Ao pesquisar a expressão “*Internet of Things*” obteve-se 16.023 trabalhos, sendo 5.023 revisados por pares, um número bem menor. Mas se for considerado o fato de ser um termo mais recente, verifica-se um número bastante expressivo. Com uma pesquisa pela expressão “*Building Information Modeling*” o resultado apresentou 4.878 trabalhos, 1.671 revisados por pares, número bem inferior as anteriores, esperado por se tratar de um assunto mais específico de uma área determinada.

A pesquisa com a somatória das três expressões - “*Ontolog**”, “*Internet of Things*” e “*Building Information Modeling*” resultou em apenas um trabalho de Howell, Rezgui e Beach (2017), artigo recebido em 28/jun/2016, revisado em 20/dez/2016 e aceito para publicação em 26/fev/2017, com o título *Integrating building and urban semantics to empower smart water solutions* (Integração da semântica da construção e urbana para capacitar soluções inteligentes de água). Este trabalho propõe uma ontologia para o domínio que descreve casas inteligentes, medição inteligente, telemetria e sistemas de informação geográfica, juntamente com conceitos sociais. Os autores apresentam quatro temas que atualmente são utilizados em pesquisas recentes sobre a água nas cidades: o uso de sensores inteligentes, a integração entre sistemas, a pro atividade dos usuários e o gerenciamento de dados através de análises avançadas. O trabalho apresenta a convergência da modelagem de informações da construção (BIM) com a área de água inteligente como uma oportunidade para transcender as barreiras operacionais existentes, abrindo caminho, através de interoperabilidade entre sistemas, para a gestão de demanda, participação ativa de consumidores e redes otimizadas.

O trabalho de Howell, Rezgui e Beach (2017) apresenta um serviço de gerenciamento de conhecimento semântico e ontologia de domínio para sistemas de água doméstica em escala urbana. Implementa um caso de uso de gerenciamento otimizado para demanda, demonstrando a interoperabilidade de aplicações domésticas inteligentes. Objetiva integrar sistemas previamente isolados, bem como intervenções de oferta e demanda, para melhorar o desempenho do sistema. Os autores sugerem que as tecnologias web semântica e IoT podem se fundir para reunir grandes modelos de dados com fluxos de dados dinâmicos, com objetivo de dar suporte a aplicações na fase operacional de sistemas para ambiente construído. Relatam que nenhum trabalho foi encontrado usando BIM em sistemas de água inteligente. Os modelos da IFC, presentes na tecnologia BIM, incluem apenas componentes básicos de água, omitindo muitos conceitos necessários como consumidores, comportamentos, aparelhos inteligentes, descrições de sensores, redes de sensores e mecanismos de faturamento de água. Justificam, assim, o alinhamento de IFC-OWL com uma

ontologia de água para permitir a convergência destes dois campos para benefício mútuo. Foi realizado o desenvolvimento do modelo semântico de água inteligente em uma plataforma inteligente de interoperabilidade e análise de água.

A pesquisa com a somatória das três expressões - “Ontolog*”, “Internet of Things” e “Building” resultou em 57 trabalhos, sendo 49 periódicos revisados por pares. Entretanto, apenas dois trabalhos tratam de *Building* como Edifício ou Construção Civil, o já citado anteriormente e o texto de Wang et al (2015), com título: *An Intelligent Monitoring System for the Safety of Building Structure under the W2T Framework* (Um Sistema de Monitoramento Inteligente para a Segurança da Estrutura de Edifícios sob a Estrutura W2T), publicado em 2015. Os autores conceberam um sistema de monitoramento para Segurança da Estrutura da Construção (SBS) usando tecnologia semântica e de fusão de dados multi-fonte. Consideraram que os SBS podem munir as pessoas com dados importantes sobre os pontos de apoio de um edifício e auxiliar em um cronograma de manutenção estrutural. O sistema proposto pretende estabelecer um ciclo dinâmico de dados entre o mundo físico - os edifícios ou sua estrutura - o mundo social dos humanos e o mundo tecnológico dos recursos de informática. Objetiva aliviar o trabalho dos engenheiros oferecendo serviços para o monitoramento das construções. Apresenta um sistema de monitoramento para o SBS, que pode efetivamente perceber o status estrutural de vários edifícios em uma cidade e integrar os dados sensíveis em tempo real com os vários conhecimentos existentes.

O trabalho apresenta a importância do desenvolvimento dos sistemas para monitoramento de Segurança da Estrutura da construção, principalmente considerando a relação entre edifícios antigos e históricos e edifícios novos. Indica também a importância da Internet das Coisas (IoT) no monitoramento das mudanças em tempo real da estrutura do edifício, com a utilização de instrumentos de aquisição de dados, que podem ser conectados uns com os outros através da Internet de diferentes maneiras.

Os autores testaram um protótipo de sistema alimentado pela plataforma semântica LarKC. O conhecimento sobre o SBS pode ser organizado pela fusão dessas informações com o sensor e construindo ontologias de domínio. Também o conhecimento no mundo social é efetivamente extraído e resumido, representado na forma de ontologias.

Nesta seção foi analisada a produção científica que associa ontologia, Internet das Coisas e tecnologia BIM no ambiente de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Com um caráter exploratório, visando aumentar a familiaridade com esses três temas e suas inter-relações, foi realizada uma revisão da literatura. Os artigos foram pesquisados nas bases do portal CAPE. Foi possível verificar que o relacionamento entre as áreas é bastante recente, com base na atualidade das publicações. O volume de estudos publicados é muito baixo, quando comparado a outros trabalhos sobre ontologias, IoT ou BIM em separado.

Identificou-se uma lacuna na bibliografia a qual essa seção buscou preencher e sugerir como tema de pesquisa. Num primeiro momento, o levantamento bibliográfico apresentado aqui aponta para a falta de pesquisa consolidada relacionando os temas. Entretanto, acredita-se que há nessa interseção possibilidades frutíferas de pesquisa, uma vez que o BIM lida com espaços e objetos e a teoria da ontologia é aplicável ao universo espaço-temporal.

Essa seção apresentou um ponto de partida inicial para aplicação da ontologia com o fenômeno Internet das coisas para o processo construtivo. Tem-se uma clara visão das possibilidades das aplicações e apresenta de forma consolidada a área prematura em termos de pesquisas e publicações.

O Portal da CAPES reúne base de dados conceituadas e é uma referência nacional. O resultado de encontrar apenas um artigo sobre o tema nos chama a atenção pela necessidade de ampliação, o ineditismo e a contribuição desse tema.

Considera-se aqui ontologia como a forma de representar os objetos e suas relações para ser utilizada em sistemas de Internet das coisas. Sistemas de Internet das Coisas como sistemas robustos que, por meio dos sensores, captam, transmitem e monitoram as informações dos ambientes ou coisas. E a tecnologia BIM que possibilita a simulação das edificações em três dimensões com a interligação de informações construtivas ligadas a banco de dados.

Para além do processo de projeto e construção das edificações, pode-se considerar uma edificação, ou ampliando os horizontes, todas as edificações de uma cidade, simuladas tridimensionalmente com uma robusta modelagem de informação (BIM) sobre todos os seus componentes, organizada de forma estruturada (ontologia) e monitorada de forma dinâmica (IoT).

Finalmente, fica uma colocação de que a união desses conceitos poderá trazer inovações para o processo e a necessidade de desenvolvimento de pesquisas teóricas e aplicações práticas que podem confirmar a premissa estabelecida.

4.5 Ontologia e ambiguidade

Esta seção apresenta de forma sintética o trabalho apresentado por Baracho, Teixeira e Pereira Junior (2017) com o título Ontologias como suporte a modelagem da informação na arquitetura, engenharia e construção. O trabalho considera que as ontologias são estruturas de organização do conhecimento que podem ser aplicadas a diversos domínios, inclusive a indústria de AEC. A existência de relações estabelecidas entre entidades em um determinado contexto é uma característica comum entre as ontologias, os modelos de informação da construção e a vinculação de objetos IoT. Para que se estabeleçam essas

relações é necessário que estejam vinculadas às representações da modelagem e sejam elaboradas suas definições subsidiadas por um vocabulário controlado. Foi investigada a conexão entre a tecnologia BIM, as ontologias e IoT, no domínio da AEC.

Os Modelos são abstrações para representar parte da realidade. A justificativa para o estudo da prática de modelagem está no fato dos mecanismos de representação permitirem que os processos de formalização sobre os objetos e suas relações em contextos predefinidos possam ser facilmente representados. Os modelos são uma estratégia de especificar as entidades e suas relações em um domínio específico de conhecimento (CAMPOS, 2004).

As ontologias, como estruturas de representação baseadas nos conceitos e nas relações entre eles, permitem representar um delineamento do contexto específico e fornecer soluções semânticas, propiciando e melhorando a interoperabilidade entre sistemas, além de automatizar processos de inferências (TEIXEIRA; AGANETTE, 2016; GRENON; SMITH (2004).

O problema surge quando, na associação entre os elementos da modelagem tridimensional em BIM ou dos objetos IoT e as suas relações semânticas, entidades, conjuntos de entidades ou relações estão representadas de formas diferentes nos diversos sistemas ou equipamentos interligados (CORREA e SANTOS, 2014, p.7).

O formato padrão de arquivo IFC (*Industry Foundation Classes*), usado para intercâmbio de modelos entre sistemas BIM diferentes, não representa todas as classes de um empreendimento, pois considera os diferentes profissionais com os diferentes tipos de informações e tipos de representação, o que torna a tecnologia BIM sujeita problemas na interoperabilidade. As ontologias podem ser propostas como a otimização do processo de modelagem da tecnologia BIM, pois possibilitam a integração semântica que poderá orientar as trocas de informações demandas no processo, conforme descrito por vários autores apresentados nas seções anteriores.

A natureza classificatória de uma ontologia, ao possibilitar as relações “tipos de” e “partes de”, além de outras, entre as instâncias e os seus conceitos e termos, confere para si a competência de validar como verdadeiro os compromissos ontológicos existentes entre eles e se apresenta adequada para a característica de instanciação utilizada na representação do edifício, na qual a modelagem gráfica realiza-se através da busca constante de fazer cada termo se referir à existência real do objeto construtivo.

A vinculação da modelagem da informação da construção e da IoT na indústria de AEC às ontologias torna-se importante na busca de solução para geração de modelos representacionais semanticamente consistentes.

Teixeira e Baracho (2017) identificaram uma lacuna terminológica nos modelos gráficos de empreendimentos, enxergaram os ganhos dessa relação para a AEC e propuseram um framework metodológico para futura validação empírica.

Baracho, Teixeira e Pereira Junior (2017) apresentaram uma experiência para testar e validar o *framework* proposto por Teixeira e Baracho (2017), relacionada à utilização simultânea de modelagem gráfica e de modelagem conceitual.

Foi escolhido um termo utilizado em Arquitetura e na indústria de AEC com equivalentes em língua portuguesa e língua inglesa:

- Língua portuguesa: Pé-direito.
- Língua inglesa: *Height of a room, ceiling height, headroom*.

O significado para pé-direito é: altura interna entre o piso e o teto, medida na perpendicular ao piso, ou diferença entre a cota do piso e a cota do teto em uma edificação.

Foram feitas pesquisas pelos termos em língua inglesa no Tesouro de Arte e Arquitetura (*Art & Architecture Thesaurus AAT*)⁷, que é um vocabulário controlado empregado na descrição de elementos de arte, arquitetura e cultura material, buscando alcançar o conceito do piso ao teto. Nenhum resultado foi encontrado para as buscas: HEADROOM, HEIGHT ROOM, ROOM HEIGHT, CEILING HEIGHT, HEIGHT and ROOM, CEILING and HEIGHT.

A seguir, foi solicitado a três profissionais de diferentes formações – arquitetura e engenharia - que atuam nos mesmos projetos, dentro de uma mesma organização, as definições, em linguagem natural, para o termo pé-direito em língua portuguesa.

- Por Arquiteta 1: “Pé direito refere-se à altura do piso ao teto de um único pavimento.”
- Por Arquiteta 2: “Pé direito: Altura do piso ao teto em um pavimento. Admite-se pé direito duplo ou triplo.”
- Por Engenheira: “Na Engenharia, usamos a expressão “pé direito” quando nos referimos a altura do piso até o teto.”

Finalmente, para a construção do termo para um empreendimento específico, utilizou-se como referência uma representação gráfica, e a partir da observação por todos da imagem, dos seus conhecimentos e das definições levantadas, construiu-se a definição no contexto: “Pé-direito refere-se à altura do piso ao teto de um único pavimento.” Neste empreendimento considera-se então vários pés-direitos, uma vez que ele apresenta vários blocos, com vários andares e alturas diferentes.

Uma lacuna semântica foi identificada que resulta nas dificuldades de interoperabilidade e comunicação em processos de modelagem de empreendimentos em

⁷ <https://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/aat/>

tecnologia BIM e IoT, foi proposto vincular diferentes metodologias de representação da informação e do conhecimento como solução.

Pé-direito é um termo de muita importância no projeto, na construção e na operação do edifício. Na construção do modelo BIM, durante a fase de projeto, por exemplo, define os níveis dos pavimentos, em conjunto com a espessura da laje do teto, incluindo estrutura, substratos e revestimentos, ponto de partida para a modelagem. A definição do pé-direito tem repercussões em vários itens e conceitos, como os listados a seguir, bem como a análise e alteração desses mesmos itens pode reverberar em uma alteração do pé-direito:

- dimensionamento e posicionamento de janelas, portas e aberturas,
- definição dos ambientes, seus volumes,
- mobiliário possível,
- áreas de paredes,
- quantitativos de materiais e custos,
- cálculo de iluminação,
- dimensionamento de ar condicionado,
- conforto ambiental,
- análises de eficiência energética,
- dimensionamento de pilares
- peso da construção e dimensionamento de fundações,
- informações indicadas por sensores.

Foi observado que a *Art & Architecture Thesaurus AAT* não cobre todos os termos e que uma alternativa deve ser disponibilizada. A ontologia apresenta-se como a forma de representar os objetos e suas relações para ser utilizada em sistemas BIM e de Internet das coisas, na busca de integração semântica e interoperabilidade entre sistemas, equipamentos e instrumentos.

4.6 BIM e Recuperação de Informação para IoT em Edifícios

Esta seção apresenta de forma sintética o trabalho apresentado por Baracho, Cunha e Pereira Junior (2018) com o título *Information Modeling and Information Retrieval for the Internet of things (IoT) in Buildings - Modelagem de Informação e Recuperação de Informação para a Internet das Coisas (IoT) em Edifícios*.

Os sistemas KOS são usados para representação da informação e sua elaboração significa na criação de um modelo que descreve, mesmo que de forma simplificada, um determinado domínio. O domínio de AEC apresenta um intenso trabalho com a informação e, portanto, recebe o indicativo para aplicação de KOS. Neste domínio, a utilização da tecnologia

IoT apresenta uma necessidade de organização do conhecimento grandiosa, uma vez que artefatos e equipamentos irão compartilhar informações produzidas de forma heterogênea.

Baracho, Cunha e Pereira Junior (2018) apresentaram uma proposta para a implementação da IoT em um laboratório de pesquisa da UFMG. O objetivo do experimento do laboratório inteligente foi a validação dos conceitos abordados na proposta através de simulações reais na prática.

Em IoT, a capacidade de monitorar e analisar informações em tempo real geradas por sensores e dispositivos é vital para maximizar a eficácia e a produtividade dos funcionários nas organizações, reduzir o tempo de inatividade não programado, aumentar a qualidade da produção e minimizar o risco de acidentes.

O trabalho focou na aplicação de tecnologia componentes do novo paradigma da produção de edifícios, no domínio da indústria de AEC, incluindo a modelagem da informação da construção, IoT, automação predial e edifícios inteligentes, associados à recuperação da informação, no domínio da Ciência da Informação. Foi discutido a Recuperação de Informações da IoT, e a importância da Modelagem da Informação da construção na estruturação e construção de sistemas voltados para essas tecnologias.

Na tecnologia BIM, os objetos de um modelo contêm as relações com os demais objetos que compõem o espaço. Alguns deles podem ser objetos não reais e conceituais e apenas organizadores desse espaço, como níveis, eixos, planos de referência e ambientes. Além disso, cada objeto do modelo BIM também está associado e relacionado a elementos organizadores não espaciais, como disciplina, família, tipo e fase.

Em aplicações de IoT é fundamental, para a eficiência da comunicação, troca de dados, análises e tomada de decisão, que cada dispositivo seja perfeitamente localizado no espaço, tanto em relação aos demais dispositivos IoT do edifício, quanto em relação aos elementos não IoT ou não conectados da edificação.

A integração entre as tecnologias BIM e IoT passa por disponibilizar para os dispositivos IoT os parâmetros e relações presentes no modelo BIM do edifício, bem como incluir cada dispositivo IoT como um objeto BIM presente no modelo, com seus parâmetros característicos de cada família e tipo de objeto IoT. A primeira utilidade simples da integração entre as tecnologias BIM e IoT é a utilização dos conceitos de ambiente e pavimentos dos modelos para localizar os dispositivos, pessoas etc.

Um ambiente é um conceito BIM, definido por separadores de ambientes, que podem ser paredes, pisos, forros, telhados, janelas, portas e até mesmo separadores artificiais. Este conceito é nativamente usado para cálculo de áreas, volumes, perímetros, conforto ambiental etc.

No trabalho foi feita uma proposta de implementação de dispositivos IoT em um laboratório de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Organização do Conhecimento (PPG-GOC), na Escola de Ciência da Informação da UFMG. Foram mapeadas as possibilidades de implementação de sensores e dispositivos em um ambiente controlado, chamado *Smart Lab*, visando o desenvolvimento futuro da gestão da informação, através de sistemas que fomentem a integração entre a organização virtual e a implementação na forma de projetos de realidade física.

Uma vez implementado, o sistema fornecerá coleta, armazenamento e análise de dados relacionados ao gerenciamento de informações, por meio de sistemas que promovam a integração entre a organização virtual e a implementação na forma de projetos de realidade física.

Os equipamentos existentes no laboratório de pesquisa do PPG-GOC eram os seguintes:

- uma fechadura eletrônica codificada é instalada na porta de entrada do Laboratório como um recurso de segurança;
- uma televisão de LCD, quatro microcomputadores e um servidor, como recursos tecnológicos;
- um ar condicionado, como elemento de ar condicionado;
- um quadro branco, uma grande mesa de reunião, um armário, mesas e cadeiras para microcomputadores, como elementos de infraestrutura.

Considerando esses elementos existentes no laboratório de pesquisa e o objetivo de cada um, foi proposto a adoção de elementos da IoT para tender a três funções principais: controle de acesso e segurança; controle de luminosidade e temperatura; controle do consumo de energia.

- Para fornecer acesso e controle de segurança, um sensor ultrassônico de controle de acesso HC-SR04 deve ser instalado na porta de entrada; um leitor RFID estático Neoyama e seis etiquetas RFID Alien Uhf para microcomputadores, servidor e TV; uma câmera de vigilância e dois Wi-Fi posicionados em diferentes pontas, permitindo também o monitoramento do movimento dos aparelhos dentro do laboratório através da triangulação de seus sinais.
- Para fornecer controle de brilho, é necessário implementar um sensor GUVA-S12SD nas lâmpadas, a fim de adaptar-se à luz natural externa; e para controle de temperatura, será necessário implementar um sensor BME680 no ar condicionado, com o objetivo de ajustar

a temperatura do laboratório de acordo com o número de pessoas no local e monitorar a qualidade do ar.

- Para fornecer controle do consumo de energia, será necessário implementar oito sensores MEX / TENTA MKP em microcomputadores, servidores, TVs, ar-condicionado e lâmpadas. A Figura 2 ilustra a implementação proposta da IoT no *Smart Lab*.
- Para coletar e persistir dados da plataforma IoT, será necessário usar o sistema supervisorio *B-Scada*, uma solução baseada em nuvem, para monitoramento em tempo real de dispositivos, bancos de dados, serviços da Web, sensores, principal indicador de desempenho (KPI).

Exemplos de análises possíveis são o painel proposto:

- monitorar o acesso e o acúmulo de pessoas no laboratório por período, para melhor planejamento do uso pelos pesquisadores;
- monitorar e controlar a temperatura e a umidade no laboratório por período, para ajustar a quantidade de pessoas no local;
- monitorar o funcionamento do ar condicionado, para ações corretivas;
- monitorar o custo energético de todas as tecnologias presentes no laboratório, para gerar economia e menor impacto ambiental.

Outras análises possíveis do *Smart Lab* são:

- melhorar o controle de estoque de equipamentos;
- analisar as imagens da câmera como uma auditoria de anomalias apresentadas pelos sensores;
- analisar o movimento e uso do espaço pelos pesquisadores;
- capturar quantos dispositivos estão conectados à rede Wi-Fi do laboratório para otimizar o acesso à rede.

Os resultados demonstraram que a implementação da IoT fornece novos intuições sobre o comportamento das pessoas e do ambiente, apoiando a identificação de padrões e estabelecendo precedentes para a otimização.

Os modelos BIM e a IoT são tecnologias complementares. As coisas conectadas à internet geram dados precisos e confiáveis sobre os sistemas de um edifício em um determinado espaço. Os Modelos BIM também podem ser usados como referência espacial para as informações dos dispositivos e sistemas em IoT.

4.7 Uma proposta para desenvolvimento de uma ontologia abrangente para Cidades Inteligentes / Edifícios Inteligentes / Vida Inteligente

Esta seção está baseada no trabalho apresentado por Baracho, Soergel e Pereira Junior (2019) com o título *A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities / Smart Buildings / Smart Life*.

Uma proposição arquitetônica é uma resposta espacial a uma demanda da sociedade, das pessoas, conforme explanado no capítulo 2. Assim, a Arquitetura, a produção de edifícios e toda revolução tecnológica surgida em torno delas deve servir às pessoas. Considera-se fundamental mudar o centro do estudo, do edifício e da tecnologia para as pessoas.

Este capítulo apresenta um estudo baseado nos conceitos de Sistemas de Organização do Conhecimento KOS e Ontologias que busca contribuições para os sistemas Cidades Inteligentes, Edifícios Inteligentes e Vida Inteligente. É desenvolvida uma proposta para uma ontologia abrangente, orientada à comunidade, para o ecossistema interdependente que incluiu Cidades Inteligentes, Edifícios Inteligentes e Vida Inteligente, com conexões para Negócios e Indústria Inteligentes.

A importância da ontologia proposta, ou mais amplamente um Sistema de Organização do Conhecimento KOS, está na integração de muitos sistemas de informação especializados e intuições adquiridas a partir da aprendizagem de máquina, que por sua vez apoia a integração e o auxílio mútuo de atividades no planejamento, construção e operação de cidades inteligentes e edifícios inteligentes a serviço das necessidades humanas reais, a fim de melhorar a qualidade de vida e a eficiência das atividades da vida, e em última instância contribuindo para a sustentabilidade no planeta.

Esse Sistema de Organização do Conhecimento permitiria mapear detalhadamente as interações complexas de muitos processos, objetos, atores e fatores no ecossistema interdependente em torno da vida das pessoas, na busca do atendimento das principais necessidades humanas através do relacionamento com e entre os principais recursos disponíveis para vida inteligente. Isso facilitaria a aplicação de Inteligência Artificial (IA). Em resumo, permitiria relacionar as principais necessidades humanas aos recursos disponíveis e trabalhar em prol de um planeta sustentável.

Neste capítulo é ilustrado o ecossistema interdependente através de exemplos, são discutidas as contribuições de KOS e modelos, são apresentados os primeiros pensamentos sobre como um Sistema de Organização do Conhecimento abrangente pode ser estruturado, e, por fim é apresentada uma proposta final de desenvolvimento de um KOS em uma plataforma colaborativa.

A questão que permeia está em como os Sistemas de Organização do Conhecimento KOS e ontologias podem ajudar na construção de sistemas de Cidades inteligentes e Edifícios inteligentes.

Considerando principalmente a importância do tema cidades inteligentes no contexto atual, torna-se importante uma reflexão sobre os principais parâmetros e conceitos considerados para cidades inteligentes com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades. O ponto de partida escolhido foram conceitos sobre as necessidades das pessoas como seres humanos e os fatores que afetam a qualidade de vida e, paralelamente, os aspectos relacionados à infraestrutura.

Apresentar uma proposta para desenvolvimento uma ontologia abrangente para a representação, análise e projeto de um ecossistema interdependente que inclui Cidades Inteligentes, Edifícios Inteligentes e Vida Inteligente e, de uma forma ainda mais ampla, negócios e indústria inteligentes. Entender este ecossistema e acertar o design é fundamental para tornar o planeta sustentável e melhorar a vida de cada vez mais pessoas. Daí a importância de uma ontologia abrangente que possa capturar as muitas interações de muitos fatores nesse ecossistema e formar a base para um grande mapa causal.

4.7.1 O ecossistema interdependente

O termo Inteligente (*smart*) tem sido usado ultimamente como adjetivo para os mais variados equipamentos, ambientes ou sistemas utilizados na vida humana: casa inteligente (*smart home*), carro ou veículo inteligente (*smart car*), indústria inteligente (ou indústria 4.0), fabricação inteligente (*smart manufacturing*), negócio inteligente (*smart business*), comércio inteligente (*smart commerce*) entre muitos outros termos.

Mas o que é o *smart* do termo? *Smart* é um adjetivo em inglês que significa diretamente inteligente em português. Tradicionalmente, quando usado para pessoais, serve para descrever uma elevada capacidade mental, cognitiva ou rapidez de raciocínio. Mais recentemente, o termo adquiriu novo significado relacionado com tecnologias avançadas, mais concretamente ligados à tecnologia de informação e comunicação, em termos como *smartphone* e *smart TV*, quando o processamento de dados saiu dos computadores e foi para os demais aparelhos, ambientes ou atividades humanas.

Pode-se desenvolver uma hierarquia para estes termos, ambientes ou atividades, em função da inserção de uns sobre os outros, como: um *smartphone* está inserido no sistema de Iluminação inteligente, que por sua vez está inserido em toda a Casa Inteligente, que, se tratando de um apartamento em um edifício residencial, está inserido em um Edifício Inteligente, e assim por diante.

Portanto, o mais importante do termo *smart* está na ligação, comunicação e interação entre cada sistema/componente, pois esta interação e o auxílio mútuo é que tornam a coisa verdadeiramente inteligente. Assim, chega-se a um ecossistema interdependente com seus componentes inteligentes (*smart* componentes). Para ser verdadeiramente inteligente, o aparelho, sistema, ambiente ou atividade deverá fazer parte de um ecossistema maior, amplo e total. Ecossistema, na natureza, inclui os seres vivos e o ambiente, com inter-relações e interações entre ambos. Este termo pode ser expandido para outras áreas, pois um ecossistema possui dois elementos importantes: uma área, uma região conceitualmente delimitada, mais um conjunto de seres, que ocupam esta área em uma contínua interação mútua ou recíproca.

No domínio da produção de edifícios, recorte deste trabalho, três componentes apresentam-se como importantes: Cidades Inteligentes, Edifícios Inteligentes e Vida Inteligente. Estes interagem de muitas maneiras em um ecossistema interdependente a serviço das pessoas.

4.7.2 O centro são as pessoas

A premissa de partida neste trabalho é que a busca por sistemas inovadores precisa estar alinhada com as necessidades humanas para alcançar o objetivo final de melhorar a qualidade de vida de todos. A infraestrutura aparece como o suporte que o sistema, através da governança, pode fornecer. Um KOS deve modelar os estados de uma pessoa, a partir de suas necessidades.

Para responder à questão que permeia o trabalho, que está em como os Sistemas de Organização do Conhecimento KOS e ontologias podem ajudar na construção de sistemas de Cidades inteligentes, Edifícios inteligentes e Vida Inteligente, propõe-se modelar todo o ecossistema, ou o mais amplamente possível. Os três componentes interagem de muitas maneiras ao serviço das pessoas. O KOS deve primeiro modelar os estados de uma pessoa, como saúde física e bem-estar; saúde mental e bem-estar; contato social; conhecimento; entretenimento e felicidade (ou não estar entediado).

As necessidades humanas, para modelar os estados de uma pessoa, incluem:

- saúde física e bem-estar;
- saúde mental e bem-estar;
- contato social;
- conhecimento,
- entretenimento,
- felicidade (não ficar entediado).

Muitas funções de infraestrutura são necessárias para atender a essas necessidades humanas. A saúde e o bem-estar físico requerem ar limpo, água potável, alimentação saudável, repouso, abrigo, oportunidade de exercício, como um ambiente que possa ser percorrido, entre outras necessidades.

Para atender a qualquer uma dessas necessidades, é necessário, por sua vez, muitas funções de nível inferior.

Para que a pessoa tenha ar limpo são necessários a preservação ambiental, o controle de poluição e a redução de emissão de gás, bem como cuidar da ventilação adequada de todos os espaços construídos.

Na necessidade de alimento, para fornecer comida, pode-se:

- cultivar alimentos no local do edifício, em um jardim no terraço com controle inteligente de rega ou no subsolo, usando condições de iluminação ultra inteligente, alimentadas a partir de painéis solares;
- levar comida para a pessoa usando roteamento inteligente, possivelmente considerando as necessidades dietéticas das pessoas determinadas a partir de sua condição de saúde e genoma, claro que com permissão;
- fornecer um lugar onde a pessoa possa obter comida e fornecer mobilidade urbana: caminhada, transporte público, bicicleta, rua para carros particulares.

Como outro exemplo de interação, pode-se considerar o efeito da dieta - à base de carne versus à base de vegetais - nas necessidades de água e energia para a produção de alimentos.

As áreas de necessidade humana interagem para alcançar o bem-estar geral e a felicidade. A manutenção da saúde mental é apoiada por relacionamentos e contato social, estímulos, esporte e trabalho, que mantêm a mente funcionando e saudável. Manter um estado de conhecimento satisfatório é apoiado por um sistema de comunicação inteligente que fornece a cada pessoa exatamente as informações de que ele precisa.

A regulação inteligente do tráfego requer muitos tipos de dados. Então, é necessário um sistema integrado de informações ou interoperabilidade entre os sistemas de informação. Por exemplo, a cidade de Belo Horizonte tem cerca de 300 sistemas de informações diferentes que mantêm dados sobre a infraestrutura da cidade. Alcançar a interoperabilidade é uma das principais funções das ontologias.

Um sistema de mobilidade urbana precisa de dados de múltiplos sistemas. Um sistema rastreia rotas de ônibus em tempo real, outra monitora o tempo de espera nos cruzamentos e um terceiro gerencia os dados de acidentes ao vivo. Todos esses sistemas alimentam um outro sistema que controla os sinais de trânsito e os desvios de tráfego. Este

otimiza o fluxo de tráfego, priorizando a manutenção de horários no ônibus e dá aos passageiros potenciais informações ao vivo sobre a escolha da melhor rota de ônibus e horários reais de chegada, que podem ser usados para ajustar os horários das reuniões em uma organização. Em um refinamento adicional, esse sistema poderia usar dados de todos os tipos de eventos que afetam o tráfego, como os horários em que diferentes escolas da cidade terminam o dia de aula.

O sistema de informações sobre acidentes pode incluir informações sobre pessoas feridas e sua condição médica e urgência de tratamento. Isso pode ser combinado com dados sobre a localização e especializações de hospitais e dados ao vivo sobre a disponibilidade de serviços e com dados ao vivo sobre a posição das ambulâncias. Esses dados podem ser usados pelo sistema de controle de sinal de tráfego para alternar sinais de tráfego para otimizar a rota de uma ambulância com um paciente em necessidade urgente de atendimento, possivelmente redirecionando outro tráfego para minimizar o impacto geral no tráfego.

Em uma roupagem mais avançada, o sistema de mobilidade urbana deve acomodar carros sem motoristas, que se tornarão parte da vida inteligente.

Os dados coletados por esses sistemas ao longo do tempo podem ser usados para planejamento urbano e otimização de rotas e horários de ônibus.

4.7.3 Sistemas de organização do conhecimento (KOS)

Propõe-se destacar a articulação entre modelagem em construção de edifícios e Arquitetura e ontologias e linguagens documentárias, como proposta de solução para a geração de modelos representacionais semanticamente consistentes (Teixeira, Baracho, 2017).

A contribuição teórica de apoio é a consideração de Soergel (2009) de que a Organização do Conhecimento é necessária em todos os lugares. Existem muitas áreas, tarefas e funções em que a Organização do Conhecimento pode tornar o mundo um lugar melhor. Isto é baseado em um discurso apresentado na Quarta Bienal da *ISKO UK Conference* em 14 de julho de 2015: "Organização do Conhecimento - fazendo a diferença: o impacto da organização do conhecimento na sociedade, na erudição e no progresso".

Sistema de Organização do Conhecimento KOS " abrange uma ampla gama de sistemas em ambas as camadas, atendendo a uma ampla gama de propósitos. Eles são conhecidos sob nomes como ontologia, esquema de metadados, taxonomia, classificação, estrutura de diretórios da Web, plano de arquivamento, dicionário de sinônimos, dicionário, *folksonomia* e muito mais "(Soergel 2009).

Knowledge Organization System (KOS), inclui, portanto, ontologia, classificação, taxonomia, tesouro, dicionário, dicionário de dados, esquema de metadados. Soergel (2008) apresenta uma introdução ao KOS, Soergel (2009) traz uma visão geral das funções do KOS e uma tipologia do KOS, e Soergel (2015) publicou um ensaio sobre o poder do KOS no apoio à análise e inferência de dados.

O KOS pode especificar explicitamente a semântica dos termos de um domínio de conhecimento. Esse recurso possibilita utilizá-lo como suporte para a definição desses termos nesse contexto - otimizando o processo de comunicação, bem como apresentando uma solução para os problemas de interoperabilidade semântica entre sistemas. Portanto, eles podem fornecer a troca de informações entre sistemas e até entre pessoas (Jasper, Uschold, 1999). As relações que são estabelecidas entre os termos em uma ontologia são o resultado do estudo do domínio. Existem várias comunidades que lidam com ontologias e, mais amplamente, KOS: Organização do Conhecimento, Ontologia, Modelagem de Dados e Web Semântica. Estas comunidades devem trabalhar em conjunto mais de perto para resolver os muitos problemas que precisam de melhores soluções.

Para obter uma melhor noção do estado da arte e construir sobre o trabalho anterior, foram realizadas várias pesquisas bibliográficas. Uma pesquisa no Google por "*smart cities*", "*smart buildings*", "*smart life*" produziu 135 resultados, mostrando que os três conceitos são frequentemente tratados em conjunto. A pesquisa ("*Smart Cities*" OR "*urban planning*" OR "*smart buildings*" OR "*smart life*") AND (*ontology* OR *taxonomy* OR KOS) produziu 180 resultados, então as pessoas realmente lidam com ontologias (mais amplamente: Sistemas de Organização do Conhecimento ou KOS) neste domínio. Isso mostra a relevância do tema e produz muitos artigos relevantes, dos quais foram selecionados alguns.

Poveda-Villalón, García-Castro e Gómez-Pérez (2014) sinalizam a necessidade de reunir ontologias específicas para cidades inteligentes e por isso apresentaram um catálogo que incluem domínios relacionados, baseados em metadados selecionados e com incorporação de avaliação de ontologias. Esse catálogo de ontologias está publicado como um sítio HTML para humanos e em RDF para máquinas. No trabalho, são listados os domínios relevantes com proximidade ao domínio das cidades inteligentes: energia (tipo de energia, demanda de energia, energia oferta); clima (zona climática, chuva, horas de sol); tempo (temperatura externa, velocidade do vento); ambiente (poluição); construção (características de construção, isolamento, localização espacial, endereço postal, proprietário, gerente); ocupação (agenda de usuários); comportamento e características do usuário (uso de dispositivos). Para as ontologias de domínio cruzado, são listadas: temporal (data, hora, intervalo); organizacional (entidade, identidade legal, tratos, situação financeira); estatística

(algoritmos, métodos estatísticos, linhas de base, grupos de controle); espacial (localização, coordenadas); medição (escalas, métricas, unidades, classificações).

O catálogo proposto também apresenta um componente de avaliação, um valor para os metadados reunidos: disponível na Web com licença aberta, disponível como dados estruturados legíveis por máquina, formato não proprietário, usa padrões abertos do W3C (RDF e SPARQL) e vincule seus dados aos dados de outras pessoas para fornecer contexto. Também foram usados indicadores para medir quão abertos são os dados, com verificação se: os dados existem, está em formato digital, está disponível publicamente, é grátis, está online, é legível por máquina, está disponível em massa, é licenciado abertamente; está atualizado.

Torna-se importante o reconhecimento que uma ontologia *Smart City* universal ainda não está padronizada, tornando necessários muitos trabalhos de pesquisa na área. Como exemplo podemos citar o trabalho de Bellini et al (2014) que apresentaram o km4City, um modelo de conhecimento para a cidade e seus serviços, baseado em conjuntos de dados disponíveis na área de Florença e Toscana. Um sistema para a ingestão de dados públicos e privados para cidades inteligentes foi proposto, e uma ontologia criada, incluindo dados abertos da administração pública e dados privados provenientes de gestores integrados de sistemas de transporte. O modelo ontológico proposto incluiu sete áreas principais, distribuídas em macro classes: administração, *street-guide*, ponto de interesse (POI), transporte público local, sensores, temporal e metadados.

Os temas ontologia modular e projeto de arquitetura foram relacionados por Hois, Bhatt e Kutz (2009), que, a partir do princípio que as tarefas de projeto arquitetônico sempre pertencem a um ambiente espacial, buscaram habilitar ferramentas de projeto para representar informações sobre ambientes arquitetônicos. Os autores agruparam três conjuntos de aspectos relevantes em um processo de projeto arquitetônico, divididos em camadas que podem ser especificadas por ontologias. Uma camada quantitativa envolve parâmetros espaciais da construção, dados métricos e geométricos. Uma parede pode ser representada por sua altura, comprimento, posição, inclinação e espessura. Outra camada qualitativa abrange limitações, dependências, restrições e relações espaciais mais abstratas entre as entidades. Uma parede será representada por quais ambientes delimita ou separa, a quais lajes está ligada e quais janelas e portas estão hospedadas sobre ela. Uma terceira camada conceitual especifica as entidades arquitetônicas e fenômenos como tal, representando as entidades por suas características essenciais. Uma parede será representada por seu material construtivo, componentes, cor, estilo, propriedades térmicas e resistência.

Os principais elementos e foco para o Planejamento Urbano podem ser os atores urbanos, como urbanistas, moradores, funcionários técnicos ou políticos, com características, aspirações e conhecimentos diferenciados. Neste sentido, Métral, Falquet e Vonlanthen (2007) propuseram um modelo baseado em ontologia para a comunicação em planejamento urbano. O trabalho objetivou possibilitar a integração dos diferentes dados e documentos, proveniente de várias fontes heterogêneas, relacionados aos projetos de planejamento urbano, que incluem GIS e planos urbanos.

Contudo, o mais importante objetivo do trabalho foi possibilitar ao usuário definir a melhor interface, adaptável, que se adequa às suas necessidades, e visualizar o projeto urbano de acordo com o seu perfil. Assim, os atores urbanos foram colocados como o centro de interesse e as ontologias representam o domínio do planejamento urbano sob o ponto de vista de um determinado tipo de ator. Esses pontos de vista foram usados com os elementos de interface com vocabulário do usuário, ferramentas de navegação reconhecíveis por ele, e elementos de informação de acordo com sua cultura.

Outro campo que já apresenta repercussão no tema cidades inteligentes diz respeito ao uso de sensores que são capazes de entregar dados, bem como equipamentos capazes de receber e combinar dados e atuar no ambiente. Este emaranhado de estruturas trouxe o estímulo para novas pesquisas de arquitetura e design de sistemas para garantir desempenho, reutilização e interoperabilidade, desafios da Internet das Coisas no domínio da cidade inteligente. Bonino et al (2015) apresentaram uma plataforma de cidade inteligente com objetivo de integrar a Internet das Coisas (IoT), redes capilares e redes de acesso ao metrô, para oferecer serviços inteligentes às pessoas e possibilitar processos de *Smart City*. A abordagem usada direcionou o foco para a operação de maneira coletiva entre diferentes administrações e empresas, e explicitou as características de confiança, segurança e compartilhamento de dados.

4.7.4 Modelos

A proposta inclui a representação do conhecimento através de um modelo. Segundo Studer, Benjamin, Fensel (1998), os modelos são abstrações criadas para representar uma parte da realidade. Os resultados da prática de modelagem, seja por meio de notações computacionais ou em sistemas especialistas, devem apresentar modelos representativos com maior similaridade com demandas explícitas e aproximação da realidade.

A modelagem gráfica representa a abstração do conhecimento. Segundo Pereira Junior, Baracho e Porto (2016), os projetos, ainda como um projeto na mente dos profissionais, precisam ser representados. A tecnologia fornece recursos de visualização, permitindo

interação direta e intuitiva, muito semelhante a um trabalho virtual (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

Pereira Junior, Baracho e Almeida (2016) apontam que a relação entre Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e Ontologia ainda apresenta baixo grau de maturidade. Também apontam evidências de que a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) precisa definir uma ontologia, fato que representa uma lacuna na literatura.

Abordagem, uma ontologia é capaz de especificar explicitamente a semântica dos termos de um domínio de conhecimento. Esse recurso possibilita usá-lo como suporte para a definição desses termos nesse contexto - otimizando o processo de comunicação, bem como apresentando uma solução para os problemas de interoperabilidade semântica entre sistemas. Portanto, eles podem fornecer a troca de informações entre sistemas e até mesmo entre pessoas (Jasper, Uschold, 1999). As relações que são estabelecidas entre os termos em uma ontologia são o resultado do estudo do domínio

Pretende-se concentrar na estruturação e representação dos dados ou conhecimento em si e defende uma maior comunicação entre as comunidades de KO, Ontologia, Modelagem de Dados e Web Semântica em grande parte separadas para abordar os muitos problemas que precisam de soluções melhores.

Mayr et al (2016) fornecem o entendimento de que os sistemas de organização do conhecimento (KOS) suportam diferentes funções, como representação e indexação de informações e documentos, roteiros semânticos, ferramentas para a estrutura conceitual e fundamentação conceitual para sistemas baseados em conhecimento.

O desafio da gestão da informação em processos colaborativos, interdisciplinares e interoperáveis é enfatizado na necessidade da adequação semântica das entidades (sejam materiais, objetos, perspectivas) através da validação de seus verdadeiros compromissos ontológicos. Em outras palavras, devemos levar em conta as incompatibilidades geradas pelas diferenças conceituais e terminológicas das entidades do projeto, que resultam em dificuldades de interoperabilidade, recuperação de informação e comunicação. Considera-se neste, os modelos conceituais baseados em ontologias como uma alternativa para reduzir as inconsistências através do entendimento de que os modelos e suas entidades devem possuir adequação semântica assimilada às realidades associadas ao empreendimento. Além disso, é necessário vincular a semântica e a pragmática (Cabré, 2005) ao quadro do projeto, a fim de atender e satisfazer a complexidade representativa e comunicativa do modelo que está sendo elaborado e / ou gerado.

4.7.5 Primeiros pensamentos para um kos abrangente do ecossistema interdependente cidade inteligente – edifício inteligente – vida inteligente

Parte-se do conceito de que cidades inteligentes são cidades que usam tecnologia para melhorar ou otimizar a infraestrutura urbana para tornar os centros urbanos mais eficientes e melhores para viver. Este conceito pode ser expandido para o edifício inteligente e para a vida inteligente. A interoperabilidade entre os sistemas de informação é um dos objetivos das cidades inteligentes, na medida em que a interação entre dois sistemas permite inferir sobre outros fatores. Uma cidade pode conter centenas de sistemas computacionais diferentes que mantêm dados heterogêneos da infraestrutura da cidade. O conceito de interoperabilidade é a base para uma proposta de ontologias.

Paralelamente ao conceito de cidades inteligentes tem-se o conceito de cidades sustentáveis que surge da união do desenvolvimento econômico alinhado com a conservação do meio ambiente, envolvendo utilização de recursos naturais, eficiência energética, água, obras, ar, uso racional de materiais e tecnologias.

Considera-se também a definição de cidades inteligentes como uma cidade cuja visão de desenvolvimento urbano está conectada à tecnologia da informação e avança com a utilização de internet das coisas. A união de parâmetros para proporcionar uma cidade economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente correta. Abrange o conceito de cidade sustentável, cujo objetivo inclui valores sociais e econômicos, erradicação da pobreza e da fome, agricultura sustentável, saúde e bem-estar, educação de qualidade, água potável e saneamento, energia limpa e acessível, trabalho, desenvolvimento econômico, indústria, inovação, infraestrutura, redução de desigualdades.

A partir desse conceito, pode-se desenvolver um exemplo de interoperabilidade semântica entre sistemas diferentes que geram inferências que fornecem sistemas inteligentes - e se relacionam a cidades inteligentes, edifícios inteligentes e vida inteligente. Um exemplo é um sistema de mobilidade urbana que rastreia a rota do ônibus no tempo, um segundo sistema que controla os sinais de trânsito e outro que controla os problemas de tráfego. Com a interoperabilidade dos sistemas podem ser calculados combinações de rotas de diferentes tipos de meios de transporte.

Outro exemplo é um sistema de informação que controla acidentes de trânsito, um segundo sistema que possui lista e posicionamento de hospitais e ambulâncias e outro sistema que possui controle de sinais de trânsito. Para superar uma situação de fusão, pode-se ter interoperabilidade entre sistemas e obter inferências. Quando ocorre um acidente, são mapeados os hospitais mais próximos e a disponibilidade de ambulâncias para que estas possam ser localizadas mais rapidamente. Depois que a ambulância é indicada, o sistema de sinal de trânsito pode ser simulado para ser sincronizado de acordo com a rota da ambulância.

Desta forma, o percurso é gratuito e rápido, salvando vidas. Este é um exemplo de sistemas para cidades inteligentes. De diferentes sistemas atingem a inferência. Neste tipo de solução, têm-se o uso potencial de ontologias.

Para propiciar avanços no tema, a proposta considera, por um lado, estados de vida que incluem saúde física, saúde mental, conhecimento e felicidade. A saúde física representa toda a saúde e aspectos relacionados à boa saúde, desde alimentos, qualidade do ar, exercício, abrigo. Ou seja, parâmetros vitais para a saúde do ser humano. Segundo, estado de saúde mental e parâmetros relacionados à iteração, memória, relacionamentos, estímulos, esporte e trabalho, que mantém a mente funcionando e saudável. Terceiro, o estado do conhecimento, em geral, educação, maturidade da vida, experiências, conhecimentos adquiridos pela educação ou experiência. Finalmente, o estado de felicidade que é alcançado com a soma dos três primeiros e algo mais. Algo que toda a humanidade procura.

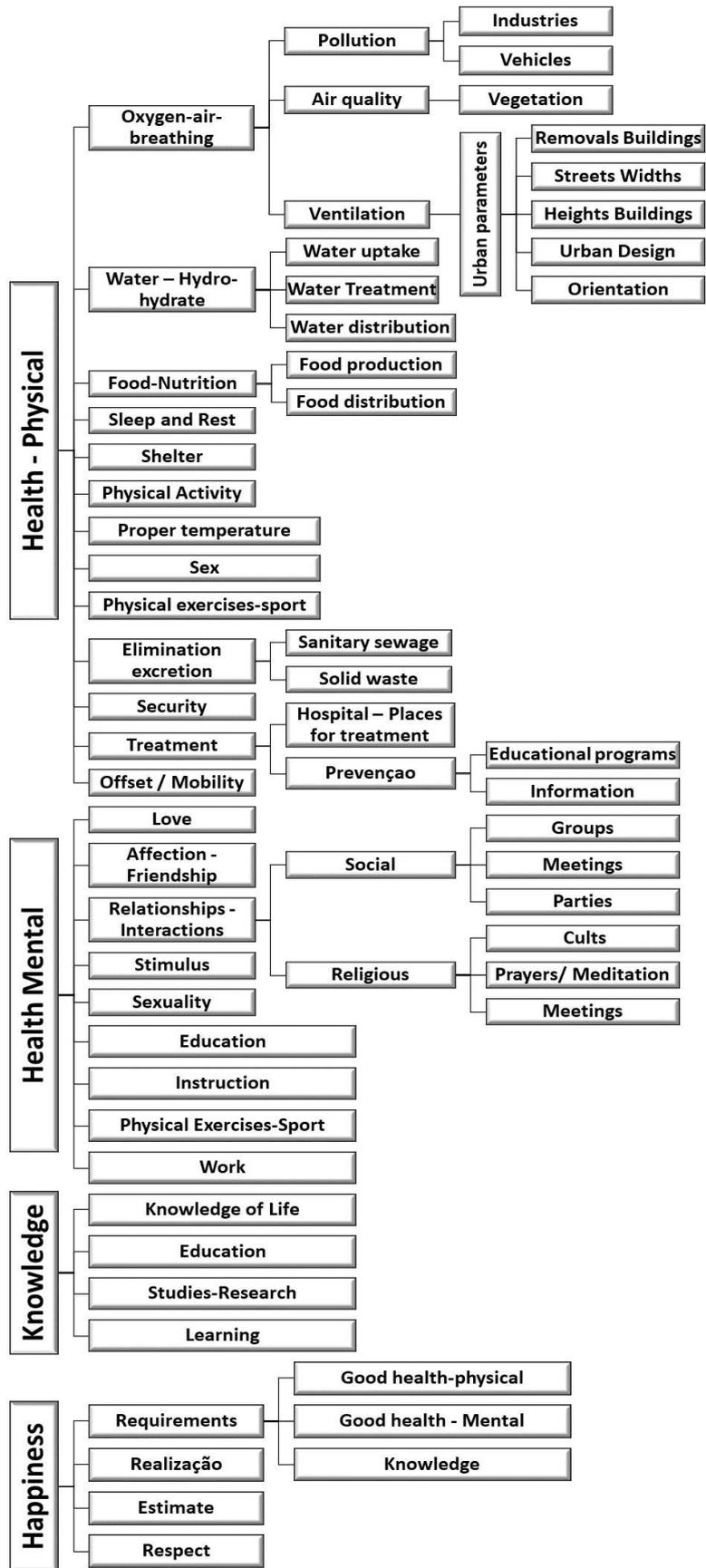
Paralelamente, para resolver estes problemas apresenta as opções de infraestruturas que podem dar repostas ou resolver problemas de todos os itens acima mencionados.

Finalmente, para tornar possível a execução de toda a proposta, é importante considerar a governança.

Para além dos exemplos citados anteriormente, foram desenvolvidos alguns primeiros pensamentos em relação a um KOS abrangente. As FIG. 7 a 10, nas páginas seguintes, apresentam os resultados desse esforço preliminar.

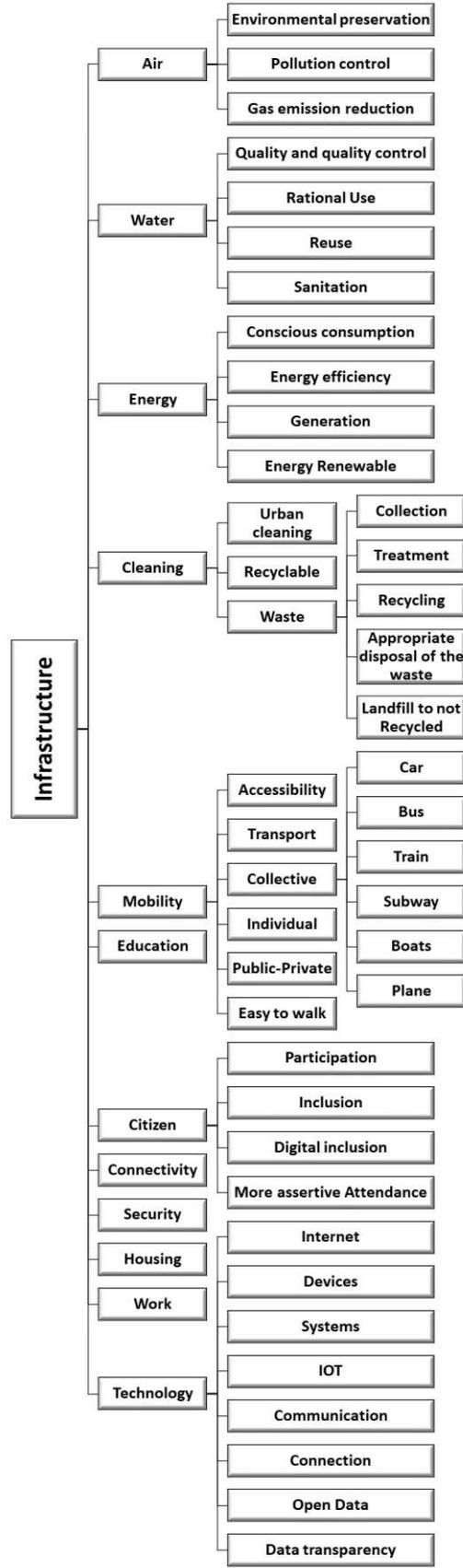
Para continuar o desenvolvimento, pode-se desenvolver um modelo abrangente e unificado de entidade-relacionamento para todo o domínio, construindo o trabalho relatado e recorrendo a muitas outras ontologias e elaborando conceitos no domínio, como tipos de construção, processos de construção, tipos de veículos, doenças, alimentos.

FIGURA 7 - Pessoas



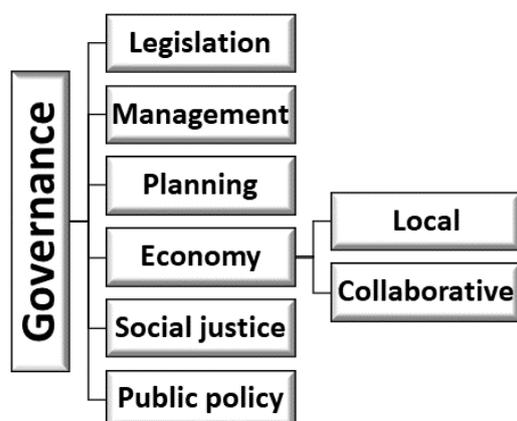
Fonte: Baracho, Soergel e Pereira Junior (2019).

FIGURA 8 - Infraestrutura



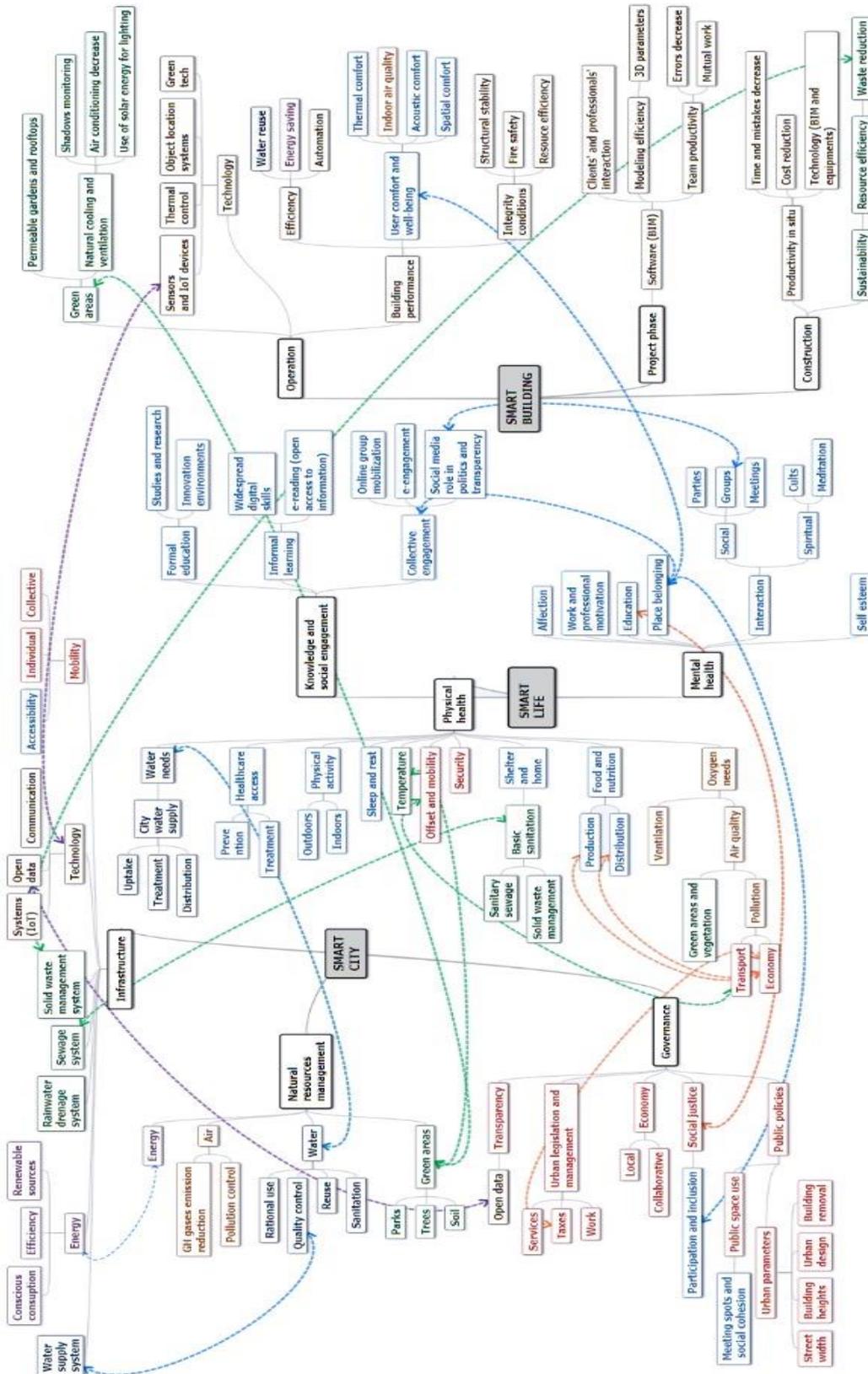
Fonte: Baracho, Soergel e Pereira Junior (2019).

FIGURA 9 - Governança



Fonte: Baracho, Soergel e Pereira Junior (2019)

FIGURA 10 - Edifício Smart City / S / Vida Inteligente



Fonte: Baracho, Soergel e Pereira Junior (2019)

4.7.6 Proposta: por uma ontologia ou KOS abrangente dirigida à comunidade

Desenvolver uma ontologia abrangente, modelo entidade-relacionamento, para todo o ecossistema interdependente e elaborá-la através de uma família de KOS é uma tarefa imensa e massiva. Isso só é possível através de um esforço colaborativo e dirigido à comunidade, com uma governança apropriada.

Fundamental considerar os três caminhos. Primeiro sob a ótica das pessoas e o que pode proporcionar melhoria da qualidade de vida. Segundo a ótica da infraestrutura e o que é necessário fazer, o que pode ser desenvolvido, construído e proposto, através do uso de infraestrutura, para melhorar a qualidade de vida. Por fim, para ser factível, é importante considerar os parâmetros de governança, através dos quais é possível se colocar na prática e resolver problemas.

Além de ser orientada às pessoas, a ontologia abrangente precisa contar com ampla participação da comunidade, o que asseguraria a representação de muitas perspectivas sobre cada campo.

Considerando as contribuições dos instrumentos de representação da informação, aqui os modelos, KOS e ontologias, estes assumem relevância de naturezas terminológicas (conceitos e relações), assertivas (axiomas aplicados a conceitos e relações) e pragmáticas (conhecimento consensual) para proporcionar melhorias nos edifícios, cidades e na vida das pessoas.

Esse sistema proposto traria enormes benefícios que justificariam seus custos, como por exemplo:

- Permitiria a integração de muitos sistemas de informação especializados e das intuições obtidas com o aprendizado de máquina, que por sua vez apoiaria a integração e o reforço mútuo de atividades no planejamento, construção e operação de cidades inteligentes e edifícios inteligentes, a serviço das necessidades humanas reais, melhorando a qualidade de vida e a eficiência das atividades cotidianas.
- Seria possível melhorar a interoperabilidade entre sistemas; minimizar inconsistências com a demanda original de desenvolvimento do cliente, com maior assertividade na identificação, descrição e relacionamento das entidades utilizadas em seu domínio real.
- Apoiaria uma comunicação eficiente entre diferentes áreas do conhecimento, diferentes linguagens e, conseqüentemente, diferentes denominações terminológicas dos mesmos conceitos.
- Permitiria mapear detalhadamente as interações complexas de muitos processos, objetos e fatores nesse ecossistema interdependente.
- Facilitaria a aplicação da inteligência artificial (IA).

- Permitiria relacionar as principais necessidades humanas com os recursos disponíveis.

- Facilitaria o trabalho na direção de um planeta sustentável e, conseqüentemente, da preservação da espécie Humana.

De forma mais direta, um KOS abrangente, entre muitas outras aplicações, suportaria:

- Montar um mapa causal muito grande mostrando os efeitos e as interações entre os muitos fatores do ecossistema interdependente.

- Planejar qualquer componente considerando seus efeitos em todo o sistema.

- Reunir vários tipos de dados de fontes diferentes, incluindo dados de sensores, dados de bancos de dados externos e itens de conhecimento (instruções), seja criando um banco de dados integrado massivo ou fazendo com que as fontes de dados sejam interoperáveis, tudo isso possibilitado pela terminologia consistente ou pelo mapeamento.

- Planejar e executar as funções de cidades inteligentes e edifícios inteligentes.

- Tornar explícitas as relações entre funções, especialmente entre as funções de cidades inteligentes e edifícios inteligentes que elas suportam.

- Extração de informações de recuperação de texto e informação.

5 DIRETRIZES PARA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Neste capítulo são apresentadas diretrizes para produção de edifícios, considerando seu novo paradigma, como fenômeno informacional, no contexto da AEC, a partir do referencial teórico e metodológico da Gestão e Organização do Conhecimento (GOC), GIC, KOS e ontologias. Estas diretrizes têm como propósito indicar caminhos para boas práticas ou práticas melhores.

Os capítulos anteriores mostraram que apenas o conceito BIM ou Modelagem da Informação da Construção não é suficiente para expressar todos os aspectos e consequências para a indústria envolvidos na proposta tão revolucionária que configura um novo paradigma verdadeiramente transformador.

Uma primeira consideração sobre este novo paradigma é a volta à essência do que envolve a indústria de AEC. Toda vez que uma dúvida surgir na produção de um edifício, deve-se voltar à natureza, ao âmago, ao sentido e ao significado de cada fazer. Vai ao encontro da proposta de representação no campo das ontologias. Se uma gestão está sendo feita, observar os preceitos de gestão. Se uma informação é necessária, observar o fluxo das informações. Se a indústria é para melhorar a qualidade de vida das pessoas, não esquecer de suas necessidades e anseios. Se é necessário sobreviver neste planeta, focar no que pode poupá-lo ou recuperá-lo.

Uma segunda consideração reside na ampliação das atitudes para além de um método, processos e tecnologias. Trata-se de uma definição de políticas, no sentido da capacidade do ser humano de criar diretrizes com o objetivo de organizar seu modo de vida, para além do Estado ou do exercício de poder. Succar (2009) cita a relação entre políticas, processos e tecnologias, e o desenvolvimento de políticas para integrar os atores envolvidos. Assim, este trabalho propõe-se a apresentar algumas diretrizes para produção de edifícios dentro da criação de políticas organizacionais no domínio dos novos paradigmas da produção de edifícios.

5.1 Perspectiva integradora entre a Arquitetura, Engenharia e Construção e a Gestão e Organização do Conhecimento

Propõe-se uma perspectiva integradora entre a Arquitetura, Engenharia e Construção AEC e a Gestão e Organização do Conhecimento GOC, com uma aproximação entre campos aparentemente distintos.

Esta perspectiva reconhece que a informação e o conhecimento devem ser considerados como fenômenos indissociáveis e complementares em qualquer organização e admite que a indústria de AEC vem passando por um processo de revolução exatamente

caracterizada pelo fenômeno da informação e do conhecimento. Significa desenvolver e implantar uma “forma de olhar” a organização criada para a produção do edifício sob o ponto de vista da informação e do conhecimento.

Deve-se compreender de uma outra maneira as três instâncias do fenômeno:

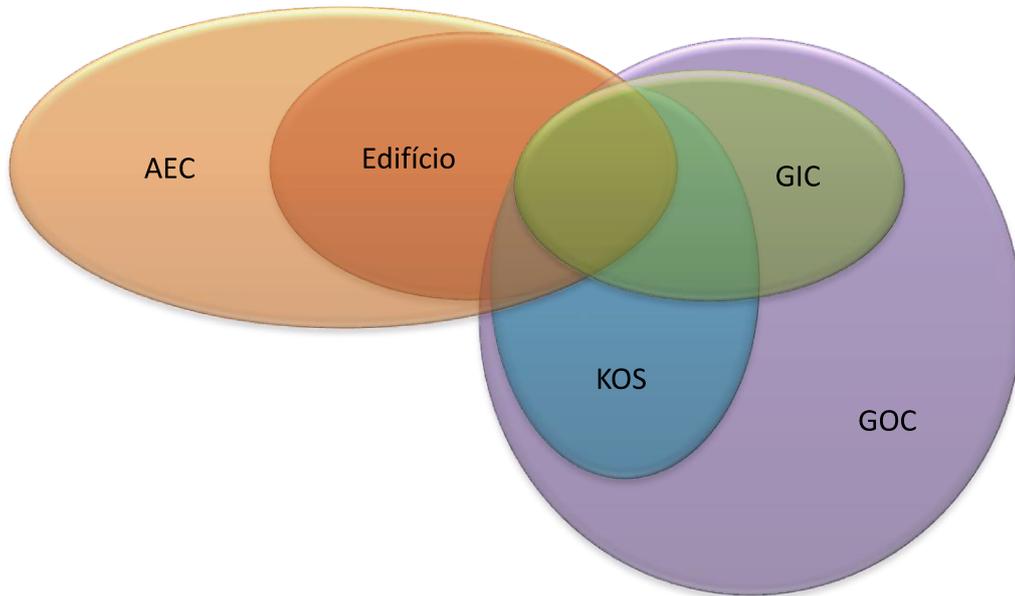
- as pessoas com sua dupla essência de ao mesmo tempo serem usuárias e produtoras de informação,
- os repositórios de informação que podem ser óbvios ou ocultos,
- fontes e fluxos de informação que podem ser externos e internos.

Os profissionais de AEC devem compreender melhor e sistematizar o ciclo: o conhecimento registrado converte-se em informação; a informação assimilada ou introjetada converte-se em conhecimento; isto, na produção do edifício.

Esta diretriz aponta no sentido de fazer a indústria de AEC ganhar competência informacional (termo usado por Barbosa, 2008), conceito aplicado tanto a pessoas (profissionais), quanto para a organizações, quanto para as máquinas, e aumentar a efetividade e ampliar o campo de atuação na utilização de informação e conhecimento. Em última instância, significa buscar uma tomada de decisão mais qualificada na produção de edifícios.

Como ilustração criativa, pode-se sugerir a criação de uma movimento denominado *i-architecture school (Information-architecture school)*, em analogia à *i-School (Information Schools)*, cujo interesse seria em estudar a Arquitetura a partir do fenômeno da informação, com ênfase claro na interdisciplinaridade, e integrando arquitetura, construção, engenharia, informação, tecnologia e pessoas. (FIG. 11)

FIGURA 11 - Perspectiva integradora entre a AEC e a GOC



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Campo ampliado para todo o ecossistema interdependente

No capítulo 2 foram identificados três objetivos da representação do edifício em etapas distintas do projeto: como auxiliar na criação arquitetônica ou tomada de decisão, na comunicação da criação para o cliente ou usuário e na comunicação para a execução ou obra.

A tecnologia BIM, também como uma nova ferramenta ou uma nova técnica, se insere de forma específica em cada um dos três objetivos e cria uma ênfase em um quarto objetivo: comunicação com o gestor ou administrador do edifício em uso, após a conclusão da obra, entrega do imóvel e sua ocupação

No capítulo 4 foi proposto uma ontologia abrangente orientada às pessoas. Pode-se entender que existe um quinto objetivo, para a representação do edifício, para além dele com um novo alvo: a vida inteligente (FIG. 12). Torna-se necessário pensar na representação do edifício para que estas informações sejam usadas para sua conexão com a cidade inteligente e os demais aspectos da vida das pessoas, com interoperabilidade entre os sistemas.

FIGURA 12 - Objetivos da representação do edifício



Fonte: Elaborado pelo autor.

No passado, a produção em artesanato permitia a visão do todo possibilitada pela baixa conectividade da sociedade e relações. Na Modernidade com a indústria sofrendo 3 revoluções, viu-se o aumento da complexidade, da dificuldade de interações, a criação de visões segmentadas e parciais, como o trabalho em planta, corte ou fachada, como o projeto do edifício separado da cidade, e a cidade separada da vida. Propõe-se um retorno à integração, em torno da vida inteligente, a partir do entendimento da existência de um ecossistema interdependente edifício/cidade/vida inteligentes, com suporte de KOS para o edifício e a cidade, consequentemente vida.

5.3 Gestão especializada

Poder-se-ia esperar que um profissional chamado Gerente do BIM (*BIM Manager*) fará o gerenciamento de uma forma tradicional do processo de desenvolvimento de um projeto. Por outro lado, seu grande diferencial, quando comparado ao gerenciador anterior no paradigma tradicional de projetos, é gerenciar as mudanças principalmente em tecnologia e GOC, indo muito além de treinamento e implementação de *software*. Então o papel de um *BIM Manager* vai muito além de tecnologia. O papel de um gestor da organização “produção de um edifício” vai muito além das tarefas de um *BIM Manager*, e ainda o papel do gestor de uma cidade inteligente vai além do gestor do edifício, e pensando na vida inteligente a ampliação é infinita.

De qualquer forma se propõe sempre a utilização de uma gestão especializada e efetiva sobre fenômenos e processos relacionados à informação e ao conhecimento, tanto em uma empresa de projetos, quanto em toda a organização envolvida na produção de edifícios, quanto na gestão das cidades.

A seguir estão listadas algumas características do papel de um gestor:

- Aproveitar o máximo possível da capacidade dos *softwares*, equipamentos, sistemas e tecnologias.
- Conectar pessoas, equipes e processos.
- Saber definir políticas internas e externas.
- Conhecer, definir e gerenciar os fluxos de trabalho e informação
- Desenvolver processos
- Impulsionar e estabelecer as mudanças

Este profissional ainda está por se formar. Enquanto Arquitetos e Engenheiros não têm formação especializada, a incorporação de profissionais formados em GOC para integrar a equipe para a produção de um edifício apresenta-se como possibilidade.

5.4 Mudança curricular

Novos recursos estão sendo incorporados gradativamente na educação, no sentido de assimilar as novas concepções de organização do trabalho, bem como as novas tecnologias de informação e comunicação presentes na sociedade contemporânea. O ambiente atual de desenvolvimento tecnológico e científico vem criando nos educadores a necessidade de adotar novos modelos de ensino que atendam às profundas modificações exigidas pela sociedade. Além disto, vem provocando nas instituições públicas e privadas a necessidade de recursos humanos com maiores conhecimentos e habilidades para atuar dentro dos novos processos organizacionais, compreendendo e operando novas tecnologias.

A inclusão de conteúdos e de uma formação relativos à Gestão e Organização do Conhecimento nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia é uma diretriz proposta por esta pesquisa. O conhecimento da teoria e das práticas de GOC representam habilidades importantes de serem desenvolvidas nos alunos dos cursos de graduação como suporte para o desenvolvimento do projeto e construção de edifícios, diante do novo paradigma informacional, considerando as possibilidades do projeto simultâneo, da tecnologia BIM, da IoT e da vida inteligente.

Para a formalização de um modelo de ensino, a primeira questão que precisa ser definida é qual o modelo curricular a ser adotado. As relações entre os conteúdos e as

disciplinas são complexas, variadas e diversas. Diante de uma abundância de termos existentes para essas relações, muitas vezes controversos, pode-se destacar quatro: multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade.

A multidisciplinaridade corresponde à estrutura curricular tradicional na maior parte das escolas. Nela os conteúdos estão fracionados em várias disciplinas sem explicitar as relações existentes e sem nenhuma cooperação entre elas. (MENEZES; SANTOS, 2001). Cada disciplina tem sua metodologia, produtos e resultados próprios.

Uma estratégia possível e natural é introduzir, nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia, uma ou mais disciplinas chamadas “Gestão e Organização do Conhecimento”, para abordar todas as questões envolvidas. Esta disciplina é interessante para dotar o aluno de conceitos e habilidades básicas, sem, contudo, mudar a abordagem das demais disciplinas dos cursos que desenvolvem nos alunos as habilidades tradicionais, como projeto, tecnologia e construção (FIG. 13).

FIGURA 13 - Multidisciplinaridade



Fonte: Elaborado pelo autor.

A pluridisciplinaridade apresenta uma superposição de disciplinas, normalmente ao mesmo nível hierárquico, com a presença de um objeto correlato, a ser estudado nessas várias disciplinas ao mesmo tempo, com a possibilidade da ocorrência de relação entre elas (MENEZES; SANTOS, 2001). Apresenta objetivos múltiplos, comunicação e contribuição, mas sem coordenação, com troca entre as disciplinas, mas não de forma organizada.

Outra estratégia, então, é alinhar, em um mesmo período, uma disciplina de GIC com outras de projeto de Arquitetura, Estruturas, Instalações e BIM, por exemplo, todas trabalhando sobre um mesmo objeto: um mesmo exemplar de edifício em comum (FIG. 14). Este modelo ainda se apresenta frágil, sem alterar as abordagens das disciplinas tradicionais dos cursos.

FIGURA 14 - Pluridisciplinaridade



Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a interdisciplinaridade contém troca de experiências, reciprocidade e articulação interativa entre as disciplinas, com relações dialógicas entre os métodos e conteúdos (MENEZES; SANTOS, 2001), com ações coordenadas e orientadas para objetivos claros e cooperação. É uma diretriz da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e do Ministério da Educação (MEC), que não pretende acabar com as disciplinas, mas utilizar a organização disciplinar de uma forma ampliada, buscando superar as limitações do modelo.

O terceiro modelo curricular, interdisciplinar, representa a estratégia da aprendizagem pelo Projeto Simultâneo, integrando as disciplinas de projeto de Arquitetura, projeto de Estruturas, projeto de Instalações, Tecnologia de Construção e Gestão de Obras, através de um modelo BIM integrado do Edifício tema, de forma interdisciplinar, com a utilização dos conceitos de Modelagem de Informação da Construção e GOG. Entretanto, estes dois últimos assuntos são abordados em disciplinas diferentes, integradas, mas separadas (FIG. 15).

FIGURA 15 - Interdisciplinaridade

Fonte: Elaborado pelo autor.

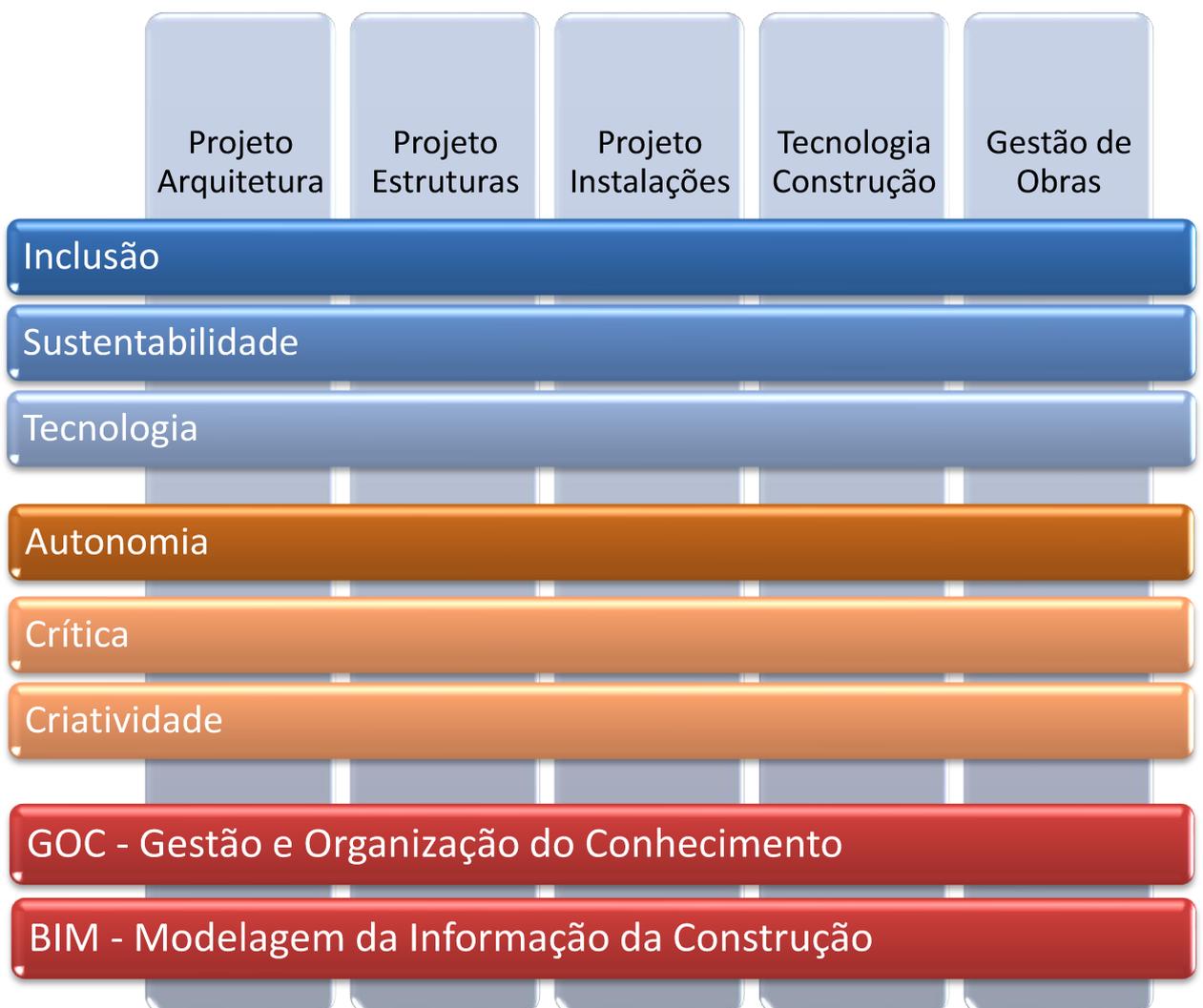
A transdisciplinaridade estabelece que alguns temas são inseridos e incorporados pelas disciplinas convencionais de forma a estarem presentes em todas elas, significando uma forma diferente de organizar o trabalho didático (MENEZES; SANTOS, 2001). A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), de 1996, apresenta alguns temas transversais importantes como Ética e Meio Ambiente. A transdisciplinaridade busca a abertura de todas as disciplinas de um curso ao conteúdo que as atravessa e ultrapassa. (FIG. 16).

Uma estratégia mais interessante, proveitosa e eficiente é considerar também a GOC, bem como a Modelagem da Informação da Construção, como conteúdo transdisciplinar, incluída em todas as disciplinas que envolvem o processo de produção de edifícios, para que os alunos já desenvolvam suas habilidades aplicando os conceitos na prática relativa à Arquitetura e Engenharia. A GOC, nesse sentido, corresponde a uma questão fundamental, urgente e presente sob várias formas na produção do edifício, conforme proposto neste trabalho, e, portanto, transversal.

O trabalho de forma transdisciplinar abrange conteúdos que não se adequam plenamente a nenhuma disciplina em um curso específico. A GOC não é um assunto fim para os cursos de Arquitetura e Engenharia, nem uma atribuição profissional prevista em lei. Assim, representa um tema que está presente em várias disciplinas, mas não pertence a nenhuma ao mesmo tempo. Não significa apenas que as disciplinas tradicionais colaboram entre si, mas também que a GOG é um pensamento organizador que ultrapassa as próprias disciplinas.

Resumindo, significa trabalhar a GOC e BIM de forma transversal, nas áreas e disciplinas já existentes nos cursos de Arquitetura e Engenharia.

FIGURA 16 - Disciplinas x conteúdos transdisciplinares



Fonte: Elaborado pelo autor.

As disciplinas adotam o Projeto Simultâneo, abordando as disciplinas tradicionais de forma interdisciplinar, sobre um modelo BIM integrado, mas com a utilização da Modelagem de Informação da Construção e da GOC de forma transdisciplinar.

Não significa que os professores das diferentes áreas do projeto de edifícios devam interromper sua programação para trabalhar a GOC, mas sim explicitar as relações entre esta e seus conteúdos tradicionais. Ou seja, trabalhar a produção do edifício sob a perspectiva da GOC.

Assim, da mesma maneira que a modelagem da informação da construção, a GOC, aplicada à produção do edifício, deixa de ser um artefato e adquire o estatuto de instrumento, à medida em que ela esteja servindo a um uso em uma situação de ação mediada, conforme referido por Vygotsky (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2016; VIGOTSKI, 2015a; VIGOTSKI, 2015b).

Alguns cursos de Arquitetura e Urbanismo, como o da PUC Minas, já incorporam em seu projeto pedagógico conteúdos transdisciplinares, que devem perpassar todas as instâncias curriculares, como sustentabilidade, tecnologia e inclusão, por exemplo.

É claro que as disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo não abordariam os conteúdos de GOC como fim, mas como instrumentos de trabalho contemporâneo. Da mesma maneira que os cursos num passado recente passaram a encarar as ferramentas de Informática como instrumentos de trabalho e planejamento, a GOC passaria a ser.

Os arquitetos são cada vez mais exigidos com relação à qualidade dos serviços, à complexidade dos projetos e à diminuição dos prazos de entrega. O nível de informação disponível também é cada dia maior. A GOC deve ser usada como suporte nesse novo momento da Arquitetura.

Este modelo de aprendizagem pelo Projeto Simultâneo pode abranger disciplinas apenas de um curso, como o de Arquitetura e Urbanismo. Mas torna-se importante preparar os alunos para o trabalho integrado e simultâneo entre profissionais de diferentes formações. Um modelo de aprendizagem mais abrangente envolve disciplinas e alunos dos diversos cursos de graduação, trabalhando colaborativamente no mesmo semestre. Isto implica em uma colaboração entre coordenações de curso e projetos pedagógicos.

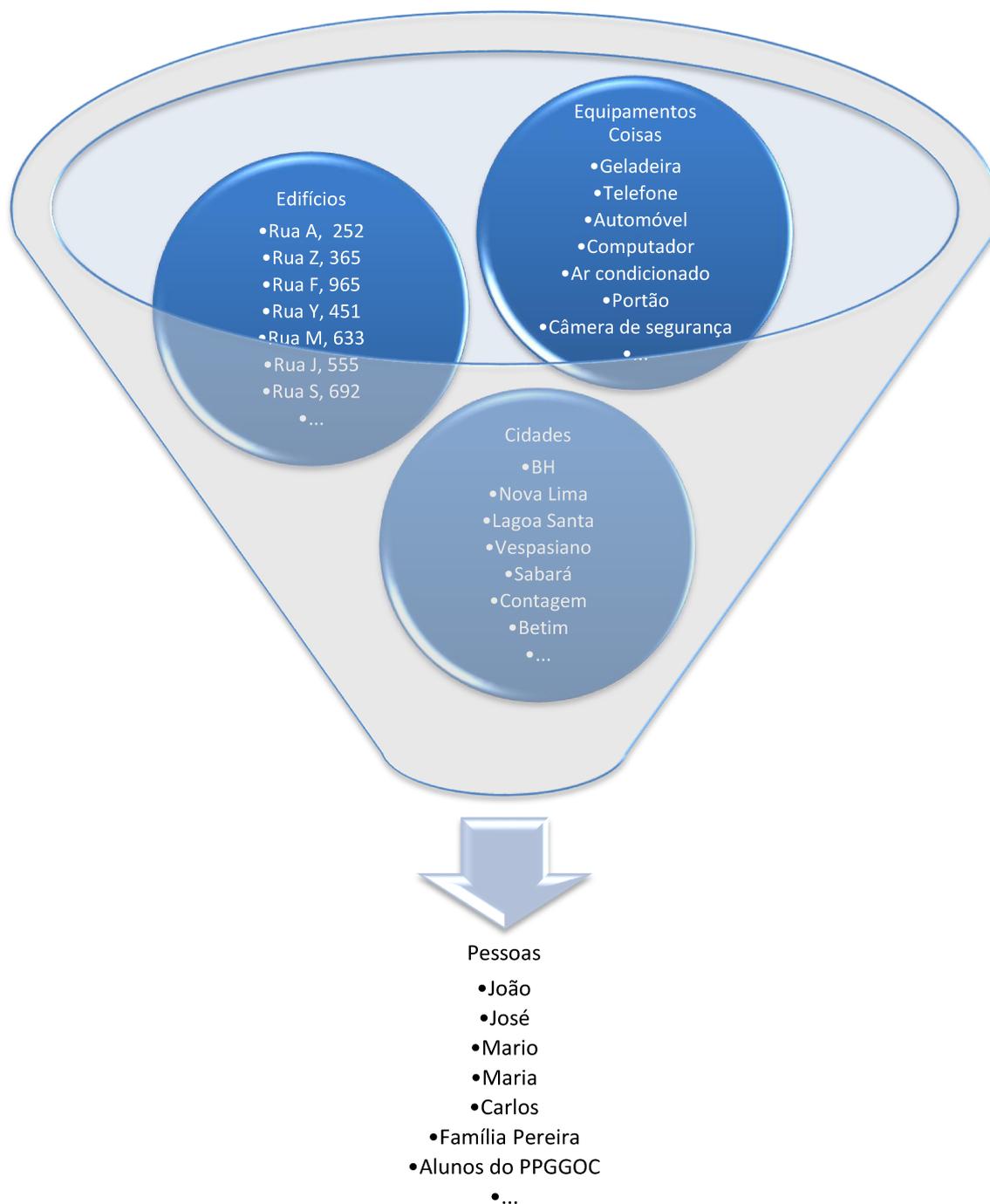
5.5 Foco nas pessoas

A seção 4.7 apresentou um trabalho cuja premissa de partida foi que a busca por sistemas inovadores precisa estar alinhada com as necessidades humanas para alcançar o objetivo final de melhorar a qualidade de vida de todos. Um sistema deve partir das necessidades das pessoas, tendo a infraestrutura como suporte, e a governança como direção. Um KOS deve modelar os estados de uma pessoa, a partir de suas necessidades.

Este conceito de sistemas para pessoas vem ao encontro de outro também apresentado neste trabalho: o objeto da Arquitetura é o espaço construído e seu caráter é

essencialmente propositivo, constituindo-se o edifício e a cidade, então, uma resposta espacial artificial a uma demanda da sociedade, das pessoas. (FIG. 18).

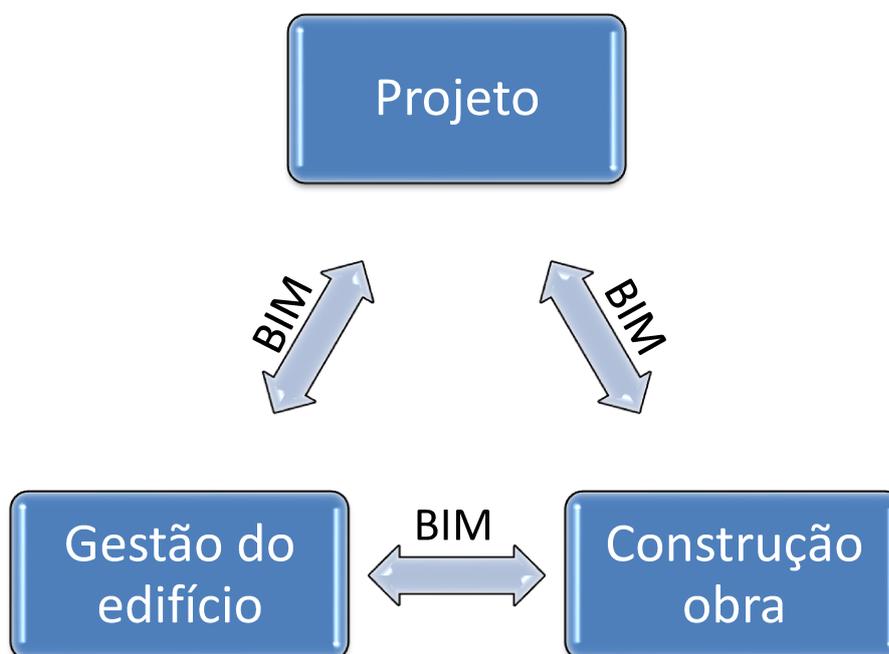
FIGURA 17 - Foco nas pessoas



Fonte: Elaborado pelo autor.

É fundamental ter a consciência e sempre lembrar que se trabalha e cria-se para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Assim, a indústria de AEC deve responder ao que as pessoas precisam em termos de Arquitetura e Urbanismo. Está claro, como já discutido neste trabalho, que a tecnologia BIM aproximou o projeto da obra e da gestão do edifício (FIG. 18). Mais importante é que a tecnologia BIM pode aproximar estas três fases do ciclo de vida de um edifício das pessoas, agentes ou atores. Na via da GOG, os KOS e as ontologias podem representar o que as pessoas precisam, se não for desviado o foco nas pessoas e na sociedade durante todo o trabalho. (FIG. 19).

FIGURA 18 – BIM e aproximação entre projeto, obra e gestão do edifício



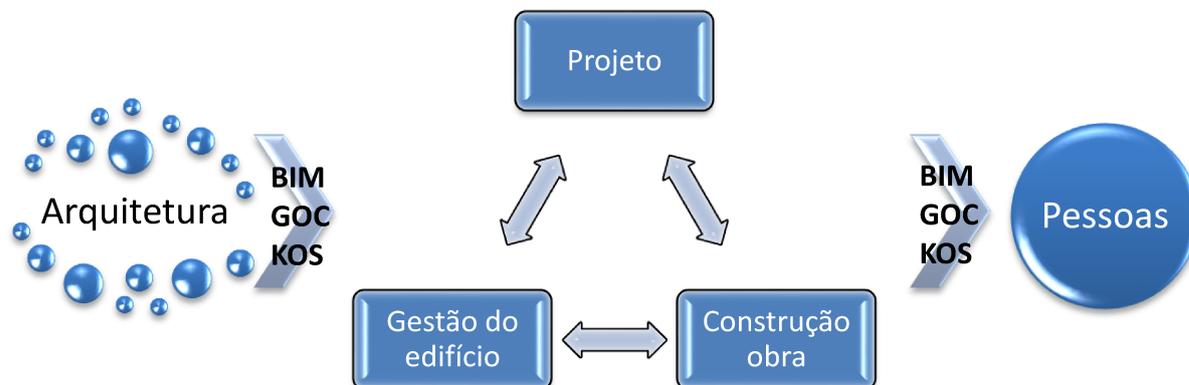
Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta diretriz traduz o reconhecimento de que as pessoas são extremamente mais importantes que os processos e a tecnologia.

A integração da tecnologia nos processos da produção do edifício, tanto considerando as ferramentas BIM, IoT e *smart*, quanto considerando o projeto, a construção e a operação, deve priorizar o trabalho e a vida das pessoas, evitando barreiras, subutilização e insatisfação.

Potencial de erro humano minimizado é uma das grandes vantagens de utilização de tecnologia em edifícios e cidades, o que de fato já representa uma inovação de tecnologia e processos a serviço da melhoria da qualidade do trabalho humano e da qualidade de vida.

FIGURA 19 - Aproximação saber / processos / pessoas



Saber	Processos	Objetivo
-------	-----------	----------

Fonte: Elaborado pelo autor.

O trabalho em Arquitetura e Urbanismo se caracteriza pelo caráter propositivo e a tomada de decisão é essencial em AEC. Busca-se uma tomada de decisão mais qualificada na produção de edifícios e cidades. Entretanto, o tomar decisões deve basear-se não apenas em produtividade, eficiência e sustentabilidade, mas sobretudo no entendimento do que se quer para a vida das pessoas e para a cidade. Tomar decisão é uma estratégia, uma ação, baseada em objetivos e em busca de um conceito de vida, cidade e edifício que se quer, e este querer deve estar baseado na qualidade de vida presente e futura das pessoas.

Este fundamento do foco nas pessoas e na busca do que a pessoa precisa torna-se um guia para a criação de KOS em AEC: como a pessoa explica a que ela precisa? Ajudar os profissionais a representar e entender o que cada pessoa precisa em termos de informação e serviços.

5.6 Olhar para o outro

Fazem parte de um ecossistema os seres nele incluídos, o ambiente no qual estes seres estão inseridos e, principalmente, as inter-relações e interações entre os seres e entre estes e o ambiente. Essa contínua interação mútua ou recíproca é que traz a nova perspectiva de entendimento para o edifício e a cidade. A consciência de que tudo faz parte desse ecossistema interdependente traz como diretriz para o trabalho em AEC e GOG a necessidade de olhar para o outro, planejar, executar, operar e tomar decisão pensando não

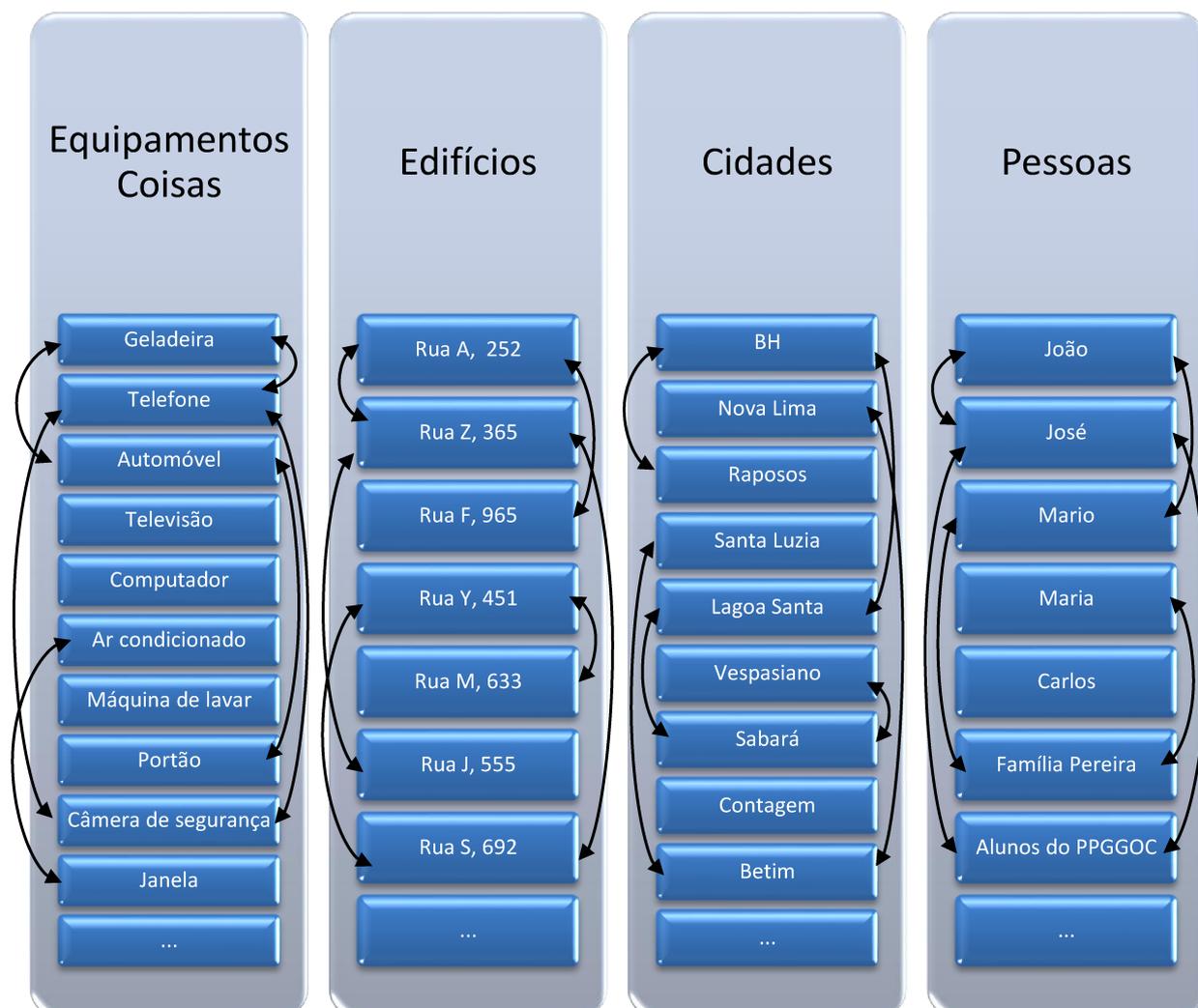
só no seu problema ou no seu objetivo primário, mas principalmente nos seres e no ambiente ao redor.

Olhar é observar, prestar atenção, tomar conta de, tomar em consideração, estar voltado para e ocupar-se de. Na tomada de decisão deve-se não só saber que os outros existem, mas sobretudo voltar-se para os outros, pensando assim no benefício mútuo.

“O outro” é o outro sistema, outro departamento, outra profissão, outro órgão, outro edifício, outro país, outra cidade, outra pessoa. Se você é um integrante de um ecossistema, e se a interação é o alicerce, deve-se olhar para o outro componente desse ecossistema.

Em um primeiro momento, torna-se importante visualizar os outros iguais, da mesma espécie (FIG. 20). Ao projetar um equipamento inteligente, pensar que ele só é inteligente mesmo se ver e se for visível pelos demais equipamentos de uma casa ou de uma cidade. Um edifício deve estar conectado aos demais edifícios durante o projeto, obra e operação. Uma cidade deve considerar as cidades vizinhas ainda mais numa época em que os urbanos se aproximam cada vez mais e o rural está em transformação. É muito mais rico se for conseguido ampliar este ecossistema interdependente.

FIGURA 20 - Olhar para os da mesma espécie



Fonte: Elaborado pelo autor.

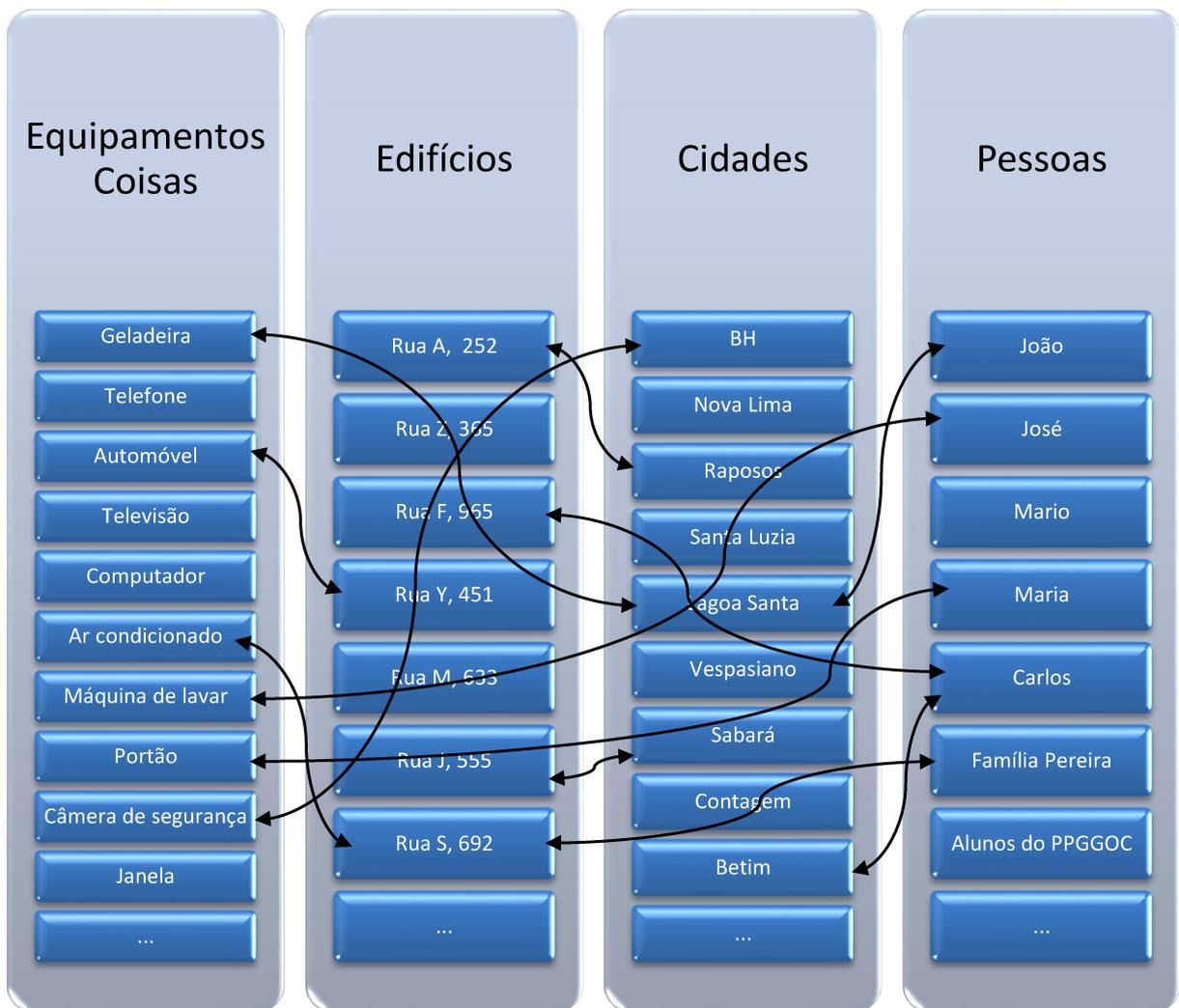
Em um segundo momento, cada ser deve visualizar os diferentes ou outros tipos e conjuntos. O edifício olhar para a cidade, a cidade olhar para a vida das pessoas, os equipamentos olharem para o edifício, a geladeira olhar para a cidade (FIG. 21).

Um dos pontos do conceito *smart* é a troca de informações entre seres do ecossistema para benefício mútuo. Assim, cada ser é fornecedor, receptor e processador de informações. A seguir são listados alguns pontos importantes para a vida ecológica:

- Os sistemas e equipamentos devem buscar a integração e interoperabilidade e os sistemas KOS e ontologias apresentam-se como suporte.

- Os sistemas e equipamentos devem estar interligados e o desenvolvimento da tecnologia de comunicação, como *wifi*, rede de dados móveis e fibra ótica é fundamental como suporte físico.
- Torna-se necessário repensar o vocabulário para os conjuntos *Live > City > Building > Library*.

FIGURA 21 - Olhar para outros tipos ou conjuntos



Fonte: Elaborado pelo autor.

O profissional que tomou uma decisão e produziu uma informação deve pensar não só no receptor direto, como de costume, mas também em toda a organização e todo o ecossistema inteligente. Quando um arquiteto decide a posição, o tamanho e as propriedades de uma parede, o natural é considerar que o público alvo é os profissionais dos projetos

complementares, ou o operário na obra, ou o avaliador da prefeitura, ou o orçamentista. Entretanto, sob os novos paradigmas, este público deverá ser ampliado, para muito além.

Surge um desafio para os sistemas BIM: fazer o modelo BIM pensar na cidade inteligente e não só no edifício.

5.7 Retorno da Materialidade

A arquitetura e a produção de edifícios viveram nas últimas décadas o fenômeno do aumento da complexidade dos edifícios, causado pelo aumento da diversidade e complexidade das atividades humanas e das ferramentas e equipamentos usados nestas atividades, além do aumento quantitativo de pessoas e eventos envolvidos, o que levou à edifícios maiores, mais complexos, mais sofisticados e com instalações mais múltiplas. Os procedimentos médicos disponíveis em um hospital geral hoje existem em maior número, maior variedade e maior complexidade quando comparados a um hospital do século XIX. Em um edifício unifamiliar, na década de 1970, eram projetados e implementados os sistemas de abastecimento de água fria, esgoto sanitário, eletricidade e telefonia apenas. Hoje podem ser acrescentados ao mesmo edifício os sistemas de água quente, recolhimento de água pluvial, rede cabeada, TV a cabo, sonorização, alarme, interfone, câmeras de segurança, janelas inteligentes, fechaduras inteligentes, ar condicionado etc.

Este aumento da complexidade dos edifícios e consequente aumento do número e das especialidades dos profissionais envolvidos trouxe uma progressiva dissociação entre o projeto e a construção. Este indesejável distanciamento levou à diminuição do crédito e da eficiência dos projetos. Um número cada vez maior de instâncias de tomada de decisão, que naturalmente deveriam estar na fase de projeto, este entendido como planejamento de especificações, métodos, ações e estratégias para execução, foram gradativamente transferidas para as fases subseqüentes da produção do edifício, se aproximando do canteiro de obras. Passou-se a gastar menos tempo planejando e mais tempo construindo. A consequência deste afastamento entre o projeto e a materialidade do edifício foi a diminuição da qualidade, o aumento dos erros e do desperdício na obra.

Uma diretriz para a produção do edifício é o retorno da materialidade ao projeto, reaproximar e incorporar às fases de projeto e planejamento as instâncias de tomada de decisão, tanto formais quanto materiais e construtivas. Este resgate da materialidade está relacionado:

- Ao uso da modelagem da informação da construção que aproxima a representação dos elementos reais e construtivos, com todas as suas características físicas, compositivas, dimensionais, construtivas, financeiras e de logística. Modelar considerando de que é feito,

quem faz, quanto custa, como será transportado, quando chegará, como será construído etc.

- O projeto simultâneo e o trabalho colaborativo aproximam os diversos profissionais das diversas disciplinas, nivela e distribui o conhecimento sobre a materialidade de cada sistema e seus componentes, e diminui a dependência da especialização com o retorno da visão do todo por todos.
- A IoT permite que componentes e sistemas se comuniquem e tenham interação, aproximando o espaço real do espaço virtual imaginado na fase projetual.
- A GOC diminui a dissociação entre projeto e construção pois facilita o trabalho com os objetos complexos e edifícios maiores, mais sofisticados e com instalações múltiplas.
- As ontologias permitem a interoperabilidade entre sistemas BIM e IoT, liberando os recursos intelectuais humanos para a criatividade e materialidade em Arquitetura e Engenharia.

Os novos paradigmas da produção de edifícios em conjunto com as práticas de GOG podem, portanto, restabelecer a função dos projetos em busca de originalidade, construtibilidade, racionalização, qualidade, inovação e evolução tecnológica.

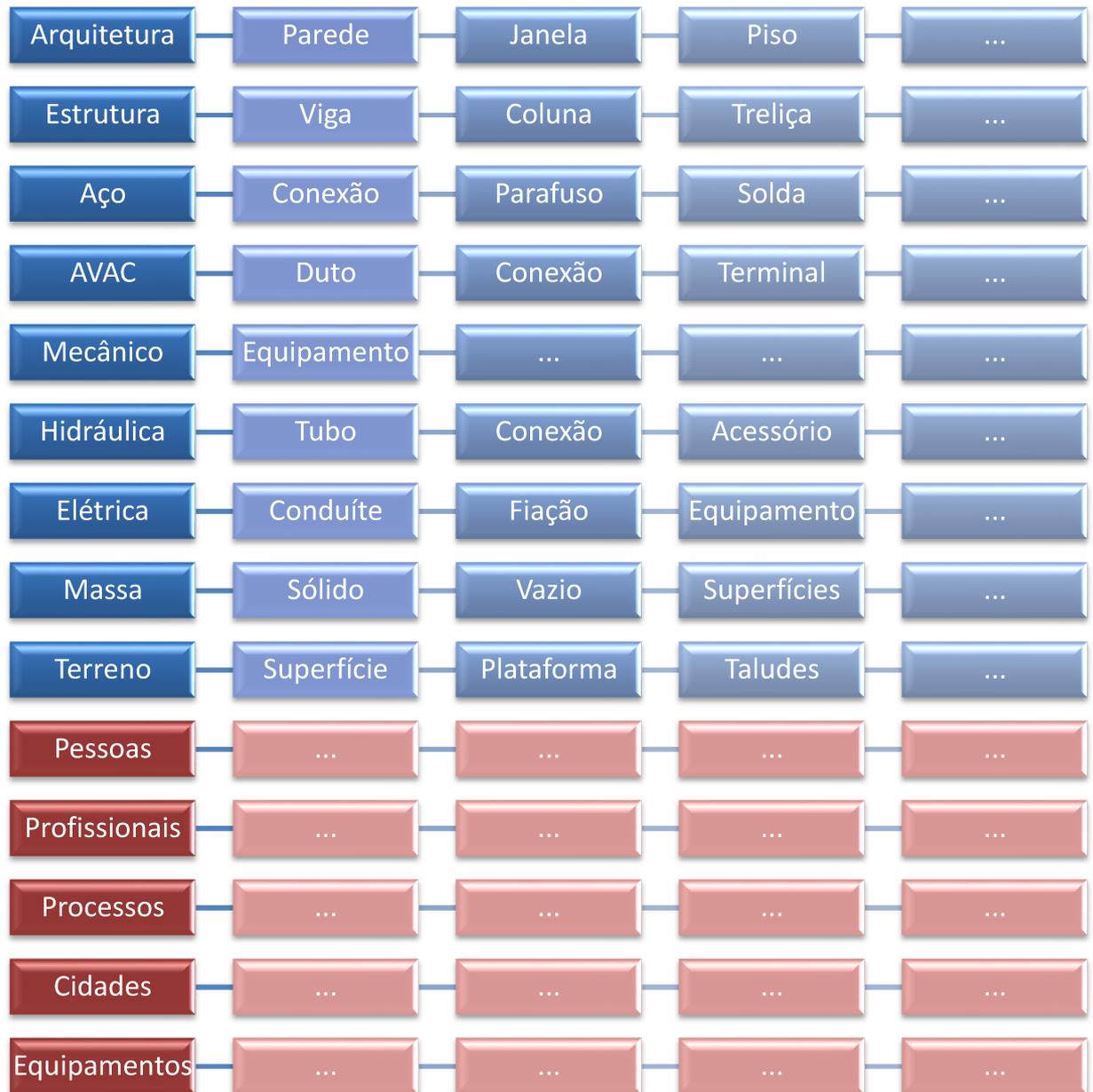
5.8 Evolução das ferramentas BIM para além do construtivo

A tecnologia BIM revolucionou a representação do edifício agregar à representação geométrica uma infinidade de informações necessárias à construção, fabricação e operação de um edifício. Aproximou em certo sentido o desenho e a geometria da obra. Contudo, ainda é muito preso ao componente material do edifício. Parece contraditório reclamar do aprisionamento material da tecnologia BIM logo após uma seção que direciona para a importância do resgate do domínio da materialidade da Arquitetura. Mas além de reforçar a importância da materialidade, dos benefícios da integração entre ferramentas de Arquitetura, estruturas e sistemas prediais, da ampliação para a atuação em todo ciclo de vida do edifício e demais vantagem proporcionadas pela tecnologia BIM, está-se propondo ir além dos itens construtivos e materiais, buscando exatamente uma tecnologia BIM para pessoas (FIG. 22). As ferramentas BIM podem ser organizadas de outra maneira, observando a lógica: Pessoas > qualidade de vida > espaço > elementos construtivos > design. A modelagem de massa em software BIM ainda é formal demais, como no modernismo e na tecnologia CAD. As ferramentas BIM precisam evoluir, por exemplo, nos quesitos descritos a seguir

- Pessoas: todas
- Profissionais, incluindo mão-de-obra e operários.

- Processos, incluindo metodologias de projeto
- Cidades
- Equipamentos e IoT

FIGURA 22 - Ferramentas BIM: evolução



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tecnologia BIM apresenta-se bastante adequada ao caráter essencialmente propositivo da indústria AEC, mas propositivo no sentido do espaço físico e material. Precisa evoluir no sentido do caráter virtual ou *smart* do edifício e da cidade.

5.9 Mudar o foco no desenho

Um modelo BIM é uma representação tridimensional, digital e virtual do edifício. Mas também pode-se ter um modelo tridimensional, digital e virtual do edifício em outras tecnologias, como a CAD ou qualquer modelador sólido ou de superfícies. Entretanto, uma grande diferença está no fato que à medida que as escolhas e decisões de projeto são feitas elas são adicionadas ao modelo sob a forma de informações legíveis pelo sistema e ao mesmo tempo se tornam fonte de informações cada vez mais sofisticadas, abundantes, úteis e produtivas.

O ideal de indústria no futuro é aquele no qual não seja mais necessário a produção de desenho 2D impressos. A representação bidimensional, conforme discutido no capítulo 2, é uma herança da revolução industrial. A Geometria Descritiva teve sua importância, mas é preciso dar um passo além.

Se é criado um modelo do edifício que é alimentado com informações e decisões por todos os profissionais da organização, incluindo toda a vida do edifício, então desenhos serão sempre recortes instantâneos provisórios e incompletos, não fazendo mais sentido.

Propõe-se a eliminação da criação de desenhos, principalmente as projeções ortogonais, plantas, corte e fachadas, e conseqüentemente a impressão de folhas em papel. Propõe-se a diminuição da utilização de desenho bidimensionais como instrumentos principais de comunicação na indústria de AEC.

Mesmo considerando que os desenhos bidimensionais ainda sejam a saída final de qualquer projeto de edifício, a criação desses desenhos é um fluxo de trabalho arcaico, propenso a erros e muito pouco dinâmico. O trabalho de Gestão da Informação deve aliviar-se do gerenciamento manualmente centenas de folhas de desenho impressos, que é um processo frustrante, demorado e obsoleto. Também deve desonerar-se do gerenciamento das interdependências entre os desenhos. O novo paradigma é outro: Gestão do Conhecimento em AEC.

A tecnologia BIM contém gerador e gerenciador de folhas de desenhos bidimensionais que podem compor a documentação do projeto de um edifício. Estas ferramentas representam a possibilidade de manutenção de comunicação gráfica e fluxo de informação como no paradigma tradicional de projetos. Sua existência representa um compromisso de possibilitar uma migração progressiva entre as tecnologias CAD e BIM. Entretanto, considerando-se a possibilidade de todos os profissionais e pessoas envolvidas

em todo ciclo de vida de um edifício estarem diante de uma interface de saída dinâmica, uma tela tátil, seja um computador com monitor de vídeo, um *notebook*, um *tablet* ou mesmo um *smartphone*, não há mais a necessidade de produção de desenhos bidimensionais para que as informações de projeto sejam comunicadas.

5.10 Sustentabilidade como justificativa final

O tema sustentabilidade apresenta três dimensões: social, econômica e ambiental. Nas três dimensões significa melhoria da qualidade de vida das pessoas. Na dimensão social, a modelagem da informação da construção e o projeto simultâneo promovem uma melhor qualidade no design para as pessoas e a sociedade. Profissionais podem simular melhor, errar menos e promover um *design* mais criativo, clientes e usuários podem visualizar e participar melhor do processo, gestores de obra e de operação podem melhor gerenciar e resolver problemas, e o modelo BIM e os dispositivos IoT do edifício podem interoperar entre si e com a cidade toda. Na dimensão econômica, a modelagem da informação da construção o projeto simultâneo, a IoT e a GOC podem reduzir custos, diminuir desperdício, melhorar as análises e simulações, ampliar para todo ciclo de vida e gerar lucro. Na dimensão ambiental, podem diminuir a quantidade de emissão de gases de efeito estufa, melhorar o projeto com relação ao conforto térmico e eficiência energética, diminuir a geração de resíduos, facilitar a avaliação de impactos ambientais e permitir o planejamento e gestão de todo o ecossistema interdependente edifício/cidade/vida.

Portanto, o argumento para justificar a necessidade do uso da modelagem da informação da construção, do projeto simultâneo, da IoT e de GOC na produção de edifícios é a sustentabilidade, sinônimo de sobrevivência. Sustentabilidade é garantir a sobrevivência de todas as espécies, inclusive do *Homo sapiens*. Sustentabilidade é a capacidade de manter-se vivo, e com qualidade de vida. “À sociedade cumpre escolher a mudança a se fazer: uma escolha moral” (CAVALCANTI, 2012).

Desenvolvimento sustentável é um processo sócio/econômico/ambiental no qual o uso de matéria e energia é diminuído, reduzindo a extração de recursos da natureza, os impactos ambientais com o lançamento de dejetos são minorados, ampliando o bem-estar social e eficiência no uso de recursos (CAVALCANTI, 2012).

Elkington (1999) apresenta um modelo de negócios no qual as empresas têm que desenvolver vantagens competitivas sustentáveis, que requer uma revolução de pensar e agir em no mínimo sete dimensões: mercados, valores, transparência, tecnologia de ciclo de vida, parcerias, perspectiva de tempo e governança corporativa. Este modelo está de acordo com os elementos e preceitos do novo paradigma da produção de edifícios, associados a seguir:

- Mercados: As empresas precisam criar vantagens competitivas sustentáveis e entregar desenvolvimento sustentável exibido pelo mercado. A modelagem da informação da construção, IoT, trabalho colaborativo e gestão do conhecimento se apresentam como estratégias sustentáveis e inovadoras para enfrentar a concorrência.
- Valores: As empresas precisam renovar seus valores, como amplitude (para o mundo, global), qualidade (que substitui a quantidade), responsabilidade e diversidade. A modelagem da informação da construção, IoT, trabalho colaborativo e gestão do conhecimento representam uma mudança de paradigma na produção de edifícios em busca de uma tomada de decisão mais eficiente, exatamente com foco na amplitude, qualidade, responsabilidade e diversidade nessa tomada de decisão.
- Transparência: As empresas não podem mais manter segredos. A modelagem da informação da construção e o trabalho colaborativo, com uso de TI e GOC, dão visibilidade e transparência às decisões acerca da produção dos edifícios, baseando os processos num diálogo ativo com as diferentes partes interessadas, internas e externas à indústria AEC.
- Tecnologia de ciclo de vida: As empresas são responsáveis pelo meio ambiente e por todo o ciclo de vida de seus produtos, inclusive dos edifícios. Está nos fundamentos da modelagem da informação da construção ampliar o uso do modelo até o descarte do edifício.
- Parcerias: É obrigatório cooperar e desenvolver parcerias. O projeto simultâneo, com colaboração e GOC, amplia para a indústria de AEC esta capacidade de tomada de decisão e de responsabilidade divididas entre atores, com o compartilhamento da autoria.
- Perspectiva de tempo: A decisão de quando agir o mais rápido possível, caso a transmissão de informações torna-se imediata, e quando ter a visão de longo prazo requer ferramentas de modelagem e representação (BIM), parcerias (colaboração) e ferramentas de gestão do conhecimento (GOC).
- Governança corporativa: Uma proporção crescente de questões corporativas gira não apenas em torno do processo ou design de produto, mas também em torno do ecossistema de negócios. Também, como discutido no capítulo 4, um ecossistema interdependente de edifício/cidade/vida inteligentes deve partir das necessidades das pessoas, tendo a infraestrutura como suporte, e a governança como direção.

5.11 Construção coletiva

No domínio da produção de edifícios, os edifícios inteligentes, as cidades inteligentes, e a vida inteligente interagem de muitas maneiras em um ecossistema interdependente a serviço das pessoas, conforme mostrado no capítulo 4. Para que esta interação entre os componentes do ecossistema aconteça, é necessário a interoperabilidade, ou a capacidade dos sistemas e dispositivos se comunicarem de forma transparente. Nesse contexto, as ontologias são muito importantes, pois correspondem a uma representação de parte de um determinado domínio, legível por máquina, para fins de representação e recuperação de informação, com possibilidades de inferência automática. Desenvolver uma ontologia abrangente, que integre pessoas, cidades e edifícios, considere os modelos de informação da construção, o trabalho colaborativo, a IoT e a gestão e organização do conhecimento aplicada ao edifício, é trabalho gigantesco e que somente fará sentido de forma igualitária para todos os atores elaborada com uma construção coletiva.

Para a construção coletiva deste ecossistema interdependente e interoperável, orientado por ontologia, é importante a participação de todos. Toda a sociedade, em um movimento coordenado e constante, talvez sem fim.

Nessa construção coletiva alguns princípios são importantes:

- O foco deve estar nas pessoas.
- A justificativa é a sustentabilidade e a consequente sobrevivência da espécie.
- A ordem deve partir do geral para o particular.
- A direção deve ser na articulação entre o individual e o coletivo.
- A perspectiva deve ser de processo, não esperar um produto acabado e ter a consciência que nunca estará pronto.
- A valorização deve estar nas diferenças.
- A discussão sobre o poder decisório deve existir, com repercussões nas responsabilidades e uma mudança nas normas e leis.

6 CONCLUSÕES

A motivação para o presente trabalho partiu da inquietude acerca do uso de novas tecnologias para produção do edifício e falta de estrutura e formação para adequada gestão e organização do conhecimento, fundamental para correta tomada de decisão.

Foram trabalhadas as interfaces entre a Ciência da Informação, especificamente a Gestão e Organização do Conhecimento, e o domínio AEC, especificamente a produção de edifícios, na busca de uma conexão entre essas áreas.

A perspectiva de análise da produção atual de edifícios sob novo paradigma informacional foi ampliada a partir de um trabalho exploratório. Apresentou-se um estudo panorâmico, não exaustivo, sobre aspectos da ciência da informação (CI) e da produção de edifícios, apontando recentes contribuições em quatro de suas possíveis interseções: Gestão da informação e do conhecimento (GIC), Colaboração, Ontologia, KOS.

O objetivo geral foi atingido na medida em que foram elencadas, como resultado da pesquisa, algumas diretrizes comportamentais e procedurais para produção de edifícios, considerando seu novo paradigma, como fenômeno informacional, no contexto da AEC, a partir do referencial teórico e metodológico da Gestão e Organização do Conhecimento (GOC), GIC, KOS e ontologias.

Como contribuição, de acordo com o objetivo geral proposto, foram listadas as diretrizes e uma palavra chave que representa o pensamento em cada uma (FIG. 23).

FIGURA 23 - Diretrizes para produção do edifício

Perspectiva Integradora entre AEC e GOC	• Interdisciplinaridade
Campo ampliado para todo ecossistema interdependente	• Abrangência
Gestão especializada	• Gestão
Mudança curricular	• Formação
Foco nas pessoas	• Convergência
Olhar para o outro	• Solidariedade
Retorno à materialidade	• Realidade
Evolução das ferramentas BIM para além do construtivo	• Vida
Mudar o foco no desenho	• Modelagem
Sustentabilidade como justificativa final	• Sobrevivência
Construção coletiva	• Democracia

Fonte: Elaborado pelo autor.

A proposta de uma perspectiva integradora entre a Arquitetura, Engenharia e Construção AEC e a Gestão e Organização do Conhecimento GOC resume-se na adoção da interdisciplinaridade entre os dois campos, o que pretende trazer competência informacional aos profissionais e à indústria de AEC. Cabe aos profissionais compreender, sistematizar e gerenciar a relação cíclica entre conhecimento e informação nos processos em toda vida útil do edifício. Cada ator deve, por exemplo, ao utilizar um modelo BIM do edifício, compreendê-lo como parte de um processo de fluxo dinâmico de informação que envolve toda a organização.

A proposição de ampliação do campo para todo o ecossistema interdependente significa uma expansão da abrangência na produção e na representação do edifício, considerada fundamental para a interoperabilidade entre equipamentos e sistemas, partindo das necessidades e dos estados de uma pessoa, das funções de infraestrutura necessárias para atender a essas necessidades humanas e dos parâmetros de governança exigidos.

A recomendação de utilizar uma gestão especializada em informação e conhecimento para edifícios e cidades reconhece a carência dessa formação em arquitetos e

engenheiros e indica a inclusão de profissionais formados e com experiência em GOC para integrar a equipe para a produção de um edifício e gestão das cidades.

A inclusão de conteúdos e desenvolvimento de habilidades relativos à Gestão e Organização do Conhecimento nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia é outra diretriz apresentada, e a estratégia mais interessante é incluir a GOC e a Modelagem da Informação da Construção como conteúdos transdisciplinares nas disciplinas de produção de edifícios. Para isto, o professor deve ter um conhecimento prévio do assunto. Propõe-se uma mudança curricular para alteração da formação de arquitetos e engenheiros.

O fundamento do foco nas pessoas e na busca do que as pessoas precisam ou das necessidades humanas sintetizam a convergência de todo esforço na produção e gestão dos edifícios e das cidades.

Uma nova perspectiva de entendimento para o edifício e a cidade se apresenta na contínua interação e cooperação mútua ou recíproca entre componentes do ecossistema: olhar para o outro. Solidariedade ou compromisso pelo qual todos se obrigam uns aos outros e cada um a todos. Ao projetar e modelar um edifício, imaginar que este modelo será recebido e lido pelo cliente/usuário e pelos profissionais da organização envolvida em sua produção, mas também por pessoas, máquinas e equipamentos de IoT no próprio edifício, nos demais edifícios e na cidade. Modelar o edifício pensando na cidade e naqueles não imediatamente envolvidos neste objeto.

Outra diretriz para a produção do edifício é o retorno da materialidade ao projeto, com ampliação do tempo e esforço de planejamento e diminuição do tempo e esforço de execução, desde que o planejamento seja o mais próximo possível da realidade.

A evolução das ferramentas BIM deve estar orientada em sua ampliação para além do construtivo e material, atingindo mais aspectos da vida e em busca de uma tecnologia BIM para pessoas.

Propõe-se a eliminação do foco no desenho como principal materialização da informação na produção de edifícios, através da extinção da feitura de desenhos, principalmente as projeções ortogonais - plantas, corte e fachadas - e da impressão em papel. Significa um novo olhar para a representação do edifício sob o abrigo da modelagem.

A sustentabilidade apresenta-se como justificativa para a necessidade do uso da modelagem da informação da construção, do projeto simultâneo, da IoT e de GOC na produção de edifícios para assegurar a sobrevivência de todos.

Democracia, no sentido do entendimento esclarecido e da participação direta, efetiva, igualitária e inclusiva de todos os envolvidos, retrata a proposta de construção coletiva de uma ontologia abrangente, que represente o ecossistema interdependente e interoperável, e que integre pessoas, cidades e edifícios.

Este trabalho apresenta-se como uma nova reflexão sobre a Arquitetura com o foco nas pessoas, mas na nova pessoa do século 21, conectada, preocupada com a sobrevivência da espécie e conseqüentemente com a sustentabilidade, com bastante tecnologia ao seu entorno e vivendo uma *smart life*.

Continua-se defendendo uma arquitetura que não esqueça que é construção, como dizia Lucio Costa, mas uma construção do novo século, no qual a tecnologia, a informação e o conhecimento podem ajudar a dar sentido a uma coabitação caótica sobre o espaço urbano contemporâneo.

No passado, teóricos defenderam o cruzamento de fronteiras entre Arquitetura, Urbanismo, Pintura, Literatura e Engenharia. Defende-se agora o cruzamento das fronteiras entre todos eles, a tecnologia e a Ciência da Informação, com ansiedade por não ver limites entre estéticas, culturas, territórios e épocas, entendendo que um bom projeto de vida cruza essas fronteiras.

Para os Arquitetos significa alterar o ato de pensar, algo muitas vezes consolidado e de difícil mudança. Esbarra-se na inércia intelectual.

De um lado tem-se a arquitetura que é todo espaço modificado pela vontade humana. De outro, um mundo virtual, um outro tipo “espaço”, às vezes visível outros não, conectado, sensitivo, com inteligência artificial e capaz de tomar decisões. A arquitetura precisa conectar estes dois mundos de maneira que um considere e ajude o outro.

Arquitetos Urbanista, Engenheiros e todos os profissionais de AEC estão diante de novos desafios que necessitam de novas formas de compreender o edifício e a cidade:

- Desafio material de considerar não só a materialidade tradicional – materiais de construção – mas também para os novos componentes inteligentes. arquitetura não é mais composta por materiais inertes e *not smart*.
- Desafio no tempo, de incluir todo o ciclo de vida do edifício e da cidade. A arquitetura não termina na entrega da obra.
- Desafio no espaço real e virtual, de olhar não só para seu edifício, mas para todos, para equipamentos, IoT, sistemas, cidade. O edifício não está sozinho.
- Desafio da Gestão e da Organização do conhecimento. O profissional Arquiteto não está sozinho.
- Desafio do foco nas pessoas. Arquitetura é para pessoas.
- Desafio da Sustentabilidade, da preservação do planeta e da espécie humana. Não basta buscar o abrigo, mas o abrigo para sempre e para quem virá depois.

Como possibilidade de estudos futuros, pode-se indicar a implementação e experimentação e de uma ou mais diretrizes em ambientes de aprendizagem, como

disciplinas dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia, e nos escritórios de projeto e construtoras.

Espera-se que os estudos nesta área cresçam e que as relações entre AEC e GOG se fortaleçam em prol de benefícios mútuos, motivados sempre pela sustentabilidade e preservação do planeta e da vida.

Finalmente, é importante reconhecer que o Arquiteto não é sabedor de tudo, não tem o controle sobre todas as coisas e é provável que não resolverá todos os problemas, mas deve admitir, por isto mesmo, que não fará Arquitetura sozinho e que a complexidade do mundo e os saberes necessários aumentaram, entre eles a gestão e organização do conhecimento. A postura deve voltar-se menos para si ou para a arquitetura e mais para as pessoas e para a vida atuais.

REFERÊNCIAS

- AKSAMIJA, Ajla; IORDANOVA, Ivanka. Computational Environments with Multimodal Representations of Architectural Design Knowledge. **International journal of architectural computing** v. 8, n. 4, p. 439-460, 2010. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/1478-0771.8.4.439>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- ALMEIDA, Hyggo. Tudo conectado – Internet das Coisas. **Revista da Sociedade Brasileira de Computação**, v. 29, abr. 2015. Disponível em:<http://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_29_pdf/comp_brasil_2015_4.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2018.
- ALMEIDA, Maurício Barcellos. Revisiting Ontologies: a necessary clarification. **Journal of the American Society of Information Science and Technology**, v. 64, n. 8, p. 1682–1693, maio, 2013. Disponível em:< <https://doi.org/10.1002/asi.22861>>. Acesso em: 29 mar. 2016.
- ALMEIDA, Maurício Barcellos et al. A formação em ciência da informação no modelo do movimento I-school: o programa de pós-graduação em gestão e organização do conhecimento. In: ENCONTRO IBÉRICO EDICIC-2017, VIII, Coimbra. **Anais do VIII Encontro Ibérico EDICIC-2017** Universidade de Coimbra: 2017. Disponível em: <http://mba.eci.ufmg.br/sitenovo/wp-content/uploads/2015/12/EDICIC2017_PPGGOC_web.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2018.
- ALVARENGA, Lídia. Representação do conhecimento na perspectiva da Ciência da informação em tempo e espaço digitais. **Encontros Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.**, Florianópolis, v. 8, n. 15, 2003. Disponível em:< <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2003v8n15p18> >. Acesso em: 21 jun. 2017.
- AMORIM, Arivaldo Leão de. Linguagem, Informação e Representação do Espaço. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, 4., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/PROURB, 2000. 1CD.
- ASBEA. **Guia sustentabilidade na arquitetura**: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes / Grupo de Trabalho de Sustentabilidade AsBEA. São Paulo: Prata Design, 2012.
- AZHAR, Salman et al. Building Information Modeling for Sustainable Design and LEED® Rating Analysis. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 217-224, mar. 2011. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001482?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- BARACHO, Renata Maria Abrantes; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; ALMEIDA, Maurício Barcellos. Ontologia, Internet das Coisas e Modelagem da Informação da Construção (BIM): Estudo Exploratório e a Inter-relação entre as Tecnologias. In: Ontobrás 2017 – X SEMINAR ON ONTOLOGY RESEARCH IN BRAZIL, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: Mara Abel -

Institute of Informatics - Federal University of Rio Grande do Sul. v. 1908, 2017. p. 141-146. Disponível em: < <http://mba.eci.ufmg.br/sitenovo/wp-content/uploads/2015/12/Artigo-Otobr%C3%A1s-2017-web.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; TEIXEIRA, Livia Marangon Duffles; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. Ontologias como suporte a modelagem da informação na arquitetura, engenharia e construção. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 1, p. 183-195, jan./abr. 2017. Disponível em: < <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/4022> >. Acesso em: 01 jul. 2018.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; CUNHA, Izabella Bauer de Assis; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. Information modeling and information retrieval for the Internet of Things (IoT) in Buildings. In: The 9th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, 2018, Orlando. IMCIC 2018 – **Proceedings...** v. 1. Orlando: International Institute of Informatics and Systemics, 2018a. v. II. p. 89-94. Disponível em: < <http://www.iis.org/CDs2018/CD2018Spring/papers/ZA948QH.pdf> >. Acesso em: 01 jul. 2018.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; CUNHA, Izabella Bauer de Assis; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. Information Modeling and Information Retrieval for the Internet of things (IoT) in Buildings. **Journal of systemics, cybernetics and informatics**, v. 16, n. 2, p. 85-91, 2018b. Disponível em: < [http://www.iiisci.org/journal/CV\\$/sci/pdfs/ZA948QH18.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/sci/pdfs/ZA948QH18.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2019.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; SOERGEL, Dagobert; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; HENRIQUES, Mariana Almeida. A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities / Smart Buildings / Smart Life. In: The 10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, 2019, Orlando. IMCIC 2019. **Proceedings...** v. 1. Orlando: IIS - International Institute of Informatics and Systemics, 2019. v. II. p. 110-115. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/332028167_A_Proposal_for_Developing_a_Comprehensive_Ontology_for_Smart_Cities_Smart_Buildings_Smart_Life>. Acesso em: 30 mar. 2019.

BARATTO, Romullo. A imagem fala: ou, por que precisamos ir além dos renders. **ArchDaily Brasil**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/795322/a-imagem-fala-ou-por-que-precisamos-ir-alem-dos-renders>>. Acesso em: 8 abr. 2019.

BARBOSA, R. R. Gestão da informação e do conhecimento: origens, polêmicas e perspectivas. **Informação & informação**, Londrina, v. 3, n.especial, p. 1-25, 2008. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/viewFile/1843/1556>>. Acesso em 26 jun. 2015

BARISON Maria Bernardete; SANTOS Eduardo Toledo. Tendências Atuais para o Ensino de BIM. In: V TIC, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: 2011.

BELLINI, Pierfrancesco et al. Km4City ontology building vs data harvesting and cleaning for smart-city services. **Journal of Visual Languages & Computing**, v. 25, n. 6, dez. 2014, p. 827-839. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2014.10.023> Acesso em: 05 jul. 2017.

BONINO, Dario et al. ALMANAC: Internet of Things for Smart Cities. In: 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUTURE INTERNET OF THINGS AND CLOUD, 3, 2015, Roma. **Anais... IEEE**: 2015, pp. 309-316. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7300833>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

BORKO, H. **Information science**: what is it? *American Documentation*, v.19, n.1, p. 3-5, 1968.

BRASCHER, Marisa; CAFÉ, Lígia; Organização da informação ou organização do conhecimento?. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 9, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANCIB/USP, 2008. Disponível em: <<http://enancib.ibict.br/index.php/enancib/ixenancib/paper/viewFile/3016/2142>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria no. 1770, de 21/12/1994. Cursos de Arquitetura e Urbanismo: Diretrizes Curriculares Gerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 243, Seção 1, p. 20.346, 23 dez. 1994. Disponível em: <http://www.lex.com.br/doc_351157_PORTARIA_N_1770_DE_21_DE_>. Acesso em: 21 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional De Educação Câmara De Educação Superior. RESOLUÇÃO Nº 2, DE 17 DE JUNHO DE 2010. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 37-38, 18 jun. 2010. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=5651-rces002-10&Itemid=30192>. Acesso em: 21 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **BIM BR Construção Inteligente**. Livreto. Brasília. 2018a. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf>. Acesso: em 22 dez. 2018.

BRASIL. Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 maio 2018b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm>. Acesso em: 21 jun. 2018.

BRIET, S. **Qu'est-ce que la documentation?** Paris: Édit - Éditions Documentaires Industrielles et Techniques, 1951. 48p. Disponível em: <<http://martinetl.free.fr/suzannebriet/questcequeladocumentation>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

BRUNTLAND, Gro. Harlem. (Org.). **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford: Oxford University Press. 1987. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017

B-SCADA. **CitiWork Sensing Platform Brochure**, 2017. Disponível em: <<http://scada.com/software/citiworx/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

BUCKLAND, Michael K. What's a document?. **Journal of the American Society of Science Information**, v. 48, n. 99, set. 1997. p. 804-809.

BURT, Patricia; KINNUCAN, Mark. **Information models and modelling techniques for information systems**. Annual Review of Information Science and Technology, 1990, p.175-208.

BYNUM, Patrick; ISSA, Raja R. A.; OLBINA, Svetlana. Building Information Modeling in Support of Sustainable Design and Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 1, p. 24-34, jan. 2013. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000560>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

CABRÉ, Maria Teresa. La terminologia, una disciplina en evolución: pasado, presente y algunos elementos de futuro. **Debate Terminológico**, n. 1, jan. 2005. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/riterm/article/download/21286/12263>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

CAMBIAGHI, Henrique et al. **Diretrizes gerais para intercambialidade de projeto CAD: integração entre projetistas, construtoras e clientes**. São Paulo: PINI, 2002. 199p. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/7e942be1be1f79072a2cffe3f27a270a.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CAMPOS, Maria Luiza de Almeida. Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais. **Ciência da Informação**, v. 33, n. 1, jan./abr. 2004. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1064>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

CAPURRO, Rafael. Epistemologia e ciência da informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 5., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciência da Informação e Biblioteconomia, 2003.

CAVALCANTI, Clóvis. Sustentabilidade: mantra ou escolha moral? uma abordagem ecológico-econômica. **Estudos Avançados**, v. 26, n.74, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142012000100004>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CERP IOT - Internet Of Things European Research Cluster. **Internet of Things: Strategic Reserach Roadmap**. 2009. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/loT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf>. Acesso em: 18 maio 2016.

CHECCUCCI, Erica Sousa; PEREIRA, Ana Paula Carvalho; AMORIM, Arivaldo Leão de. A Difusão das Tecnologias BIM por Pesquisadores do Brasil. In: V TIC, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: 2011. 20p.

CHONG, Heap Yih; LEE, Cen Ying; WANG, Xiangyu. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v.142, p.4114-4126, jan. 2017. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez27.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652616315748>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CHOO, Chun Wei. **A organização do conhecimento**: Como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões. São Paulo: Senac, 2003.

CLEMENTS-CROOME, Derek J. What do we mean by intelligent buildings? **Automation in Construction**, v. 6, p. 395-400, set. 1997. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580597000186#!>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

CORREA, Fabiano Rogerio; SANTOS, Eduardo Toledo. Ontologias na construção civil: uma alternativa para o problema de interoperabilidade com o uso do IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 9, n. 2, p. 7-22, jul./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/69141/93381>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

COSTA, Gonçal; MADRAZO, Leandro. Connecting building component catalogues with BIM models using semantic technologies: an application for precast concrete components. **Automation in Construction**, v. 57, p. 239-248, set. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051500117X?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

COSTA, Lucio. **Ensino do desenho**, 1940. In COSTA, Maria Elisa. Com a palavra, Lucio Costa – Seleção de textos. Rio de Janeiro: Aeroplano Editora, 1999.

COSTA, Ruben et al. Facilitating knowledge sharing and reuse in building and construction domain: an ontology-based approach. **Journal of Intelligent Manufacturing**, London, v. 27, n. 1, p. 263-282, fev. 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-013-0856-5>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

DAVENPORT, Thomas H.; PRUSAK, Laurence. **Conhecimento empresarial**: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 237p

DENNING, Peter James; YAHOLKOVSKY, Peter. Getting to “we”. **Communications of the ACM**, v. 51, n.4, p. 19–24, abr., 2008. Disponível em: <<https://cacm.acm.org/magazines/2008/4/5424-getting-to-we/abstract>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

DEUTSCH, Morton. **A resolução do conflito**: processos construtivos e destrutivos. In: AZEVEDO, André Gomma de (Org.). Estudos em arbitragem, mediação e negociação, v. 3. Brasília: Grupos de pesquisa, 2004. p. 29-98.

DING, Lieyun et al. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. **Safety Science**, v. 87, p. 202-213, ago. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753516300492>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook**: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 490p.

ELKINGTON, John. **Cannibals with forks**: Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: John Wiley & Son Ltd, 1999

FABRICIO, Márcio Minto; BAÍA, J. L.; MELHADO, Sílvio Burrattino. Estudo do fluxo de projetos: cooperação seqüencial x colaboração simultânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: GEQUACIL/UPE, 1999. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/item/001047864>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Sílvio Burrattino. Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios. In. SEMINÁRIO INTERNACIONAL: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI. 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU-USP, 1998.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 350p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/item/001297219>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

FADEYI, Moshood Olawale. The role of building information modeling (BIM) in delivering the sustainable building value. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 6, n. 2, p. 711-722, dez., 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016302047>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

FERNANDEZ-MOLINA, Juan Carlos. Enfoques objetivo y subjetivo del concepto de información. **Revista Española de Documentación Científica**, v. 17, n. 3, 1994, p. 320-331.

FROHMANN, Bernd. O caráter social, material e público da informação. In: FUJITA, M.; MARTELETO, R.; LARA, M. (orgs). A dimensão epistemológica da ciência da informação e suas interfaces técnicas, políticas e institucionais nos processos de produção, acesso e disseminação da informação. São Paulo: Cultura Acadêmica; Marília: Fundepe, 2008, p. 19-34.

GARBER, Richard. **BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling**. 1 ed. Chichester: Wiley, 2014. 248p.

GARCÍA GUTIÉRREZ, Antônio Luis. **Lingüística documental: aplicación a la documentación de la comunicación social**. Barcelona: Mitre, 1984.

GAO, Ge et al. A query expansion method for retrieving online BIM resources based on Industry Foundation Classes. **Automation in Construction**, v. 56, p. 14, ago. 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515000849>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 200 p.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 178 p.

GILCHRIST, Alan. Thesauri, taxonomies and ontologies – an etymological note. **Journal of Documentation**, v.59, n.1, p.7-18, 2003. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/00220410310457984>>. Acesso em: 18 maio 2016.

GÓMEZ-ROMERO, Juan et al. A fuzzy extension of the semantic Building Information Model. **Automation in Construction**, v. 57, p. 202-212, set. 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515000850>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

GRAY, Barbara. **Collaborating: Finding common ground for multiparty problems**. San Francisco: Jossey-Bass, 1989.

GRENON, Pierre; SMITH, Barry; GOLDBERG, Louis J. **Biodynamic ontology: applying BFO in the biomedical domain**. In: PISANELLI, D. M. Ontologies in Medicine. Amsterdam: IOS Press, 2004. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/7885199_Biodynamic_Ontology_Applying_BFO_in_the_Biomedical_Domain>. Acesso em: 21 jun. 2016.

GRIFFITH, B. C. **Key papers in information science**. New York: Knowledge Industry Publ, 1980. 439p.

GTBIM – GRUPO TÉCNICO BIM. Guia AsBEA boas práticas em BIM. Fascículo I. Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM. São Paulo: AsBEA, 2013. Disponível em:
<<http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/a607fdeb79ab9ee636cd938e0243b012.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

GTBIM – GRUPO TÉCNICO BIM. Guia AsBEA boas práticas em BIM. Fascículo II. Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução. São Paulo: AsBEA, 2015. Disponível em:
<<http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/d6005212432f590eb72e0c44f25352be.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

HAN, Kevin; CLINE, David; GOLPARVAR-FARD, Mani. Formalized knowledge of construction sequencing for visual monitoring of work-in-progress via incomplete point clouds and low-LoD 4D BIMs. **Advanced Engineering Informatics**, v. 29, n. 4, p. 889-901, out. 2015. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034615001093>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

HOIS, Joana; BHATT, Mehul; KUTZ, Oliver. Modular Ontologies for Architectural Design. In: Conference on Formal Ontologies Meet Industry, 2009, Amsterdam. **Proceedings...** 2009. Disponível em:
<<https://pdfs.semanticscholar.org/a49e/4eb1ff10b0d313d80c8c62d3bd7a5834a6e0.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

HOLLAND, Robert et al. Integrated Design Courses Using BIM as the Technology Platform. In: THE BIM-RELATED ACADEMIC WORKSHOP, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.:Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em:
<https://www.academia.edu/765507/Integrated_Design_Courses_Using_BIM_as_the_Technology_Platform>. Acesso em: 02 jun. 2015.

HOWELL, Shaun, REZGUI, Yacine, BEACH, Thomas. Integrating building and urban semantics to empower smart water solutions. **Automation in Construction**, v.81, p. 434-448, set. 2017. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.004>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

JASPER, Robert; USCHOLD, Mike **A framework for understanding and classifying ontology applications**. 1999. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.39.6456>>. Acesso em: 11 maio 2017.

KARAN, Ebrahim Parvaresh; IRIZARRY, Javier. Extending BIM interoperability to preconstruction operations using geospatial analyses and semantic web services. **Automation in Construction**, v. 53, p. 1-12, maio 2015. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051500031X>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

KARAN, Ebrahim Parvaresh; IRIZARRY, Javier; HAYMAKER, John. Generating IFC models from heterogeneous data using semantic web. **Construction Innovation**, v. 15, n. 2, p. 219-235, 2015. Disponível em: < <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/CI-05-2014-0030> >. Acesso em: 21 jun. 2016.

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**, Seoul, v. 20, n. 5, p. 1669-1675, jul. 2015. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-015-0791-4> >. Acesso em: 21 jun. 2016.

KIM, Karam et al. Semantic material name matching system for building energy analysis. **Automation in Construction**, v. 30, p. 242-255, mar. 2013. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512002063?via%3Dihub> >. Acesso em: 21 jun. 2016.

KIM, Tai-hoon; RAMOS, Carlos; MOHAMMED, Sabah. Smart City and IoT. **Future Generation Computer Systems**, v. 76, p. 159–162, nov. 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.03.034> >. Acesso em: 01 jul. 2018.

KOCHEN, Manfred. **Principios of information retrieval**. Los Angeles: Melville, 1974. 203p.

KOMNINOS, Nicos et al. Smart city ontologies: Improving the effectiveness of smart city applications. **Journal of Smart Cities**, Vol. 1, pp. 1-16, set. 2015. Disponível em: < <https://www.urenio.org/wp-content/uploads/2015/09/2015-Smart-City-Ontologies.pdf> >. Acesso em: 01 jul. 2018.

KOWALTOWSKI, Doris C.C.C.K. et al. **O processo criativo: relacionando a teoria à prática no ensino do projeto arquitetônico**. Campinas: Editora Faculdade de Engenharia Civil Universidade Estadual de Campinas, 2000. Disponível em: < https://www.academia.edu/1293420/O_PROCESSO_CRIATIVO_RELACIONANDO_A_TEO_RIA_%C3%80_PR%C3%81TICA_NO_ENSINO_DO_PROJETO_ARQUITET%C3%94NICO >. Acesso em: 27 abr. 2017.

KYMMELL, Willem. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations**. New York: McGraw Hill, 2008, 270p.

LACERDA, Flávia; LIMA-MARQUES, Mamede. Da necessidade de princípios de arquitetura da informação para a internet das coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 2, p. 158-171, abr./jun. 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/2356> >. Acesso em: 27 abr. 2017.

LE COADIC, Y. **A Ciência da Informação**. 2. ed. Brasília: Briquet de Lemos Livros, 2004.

LEE, Do-Yeop et al. A linked data system framework for sharing construction defect information using ontologies and BIM environments. **Automation in Construction**, v. 68, p.

102-113, ago. 2016. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580516300838>>. Acesso em: 21 ago.
2016.

LEE, Ghang, SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M. Specifying parametric building project behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, n. 15, p.758-776, nov., 2006, Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580505001445?via%3Dihub> >.
Acesso em: 14 jul. 2017.

LEE, Jaewook; JEONG, Yongwook. User-centric knowledge representations based on ontology for AEC design collaboration. **Computer-Aided Design**, v. 44, n. 8, p. 735-748, ago. 2012. ISSN 0010-4485. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448512000723?via%3Dihub>>.
Acesso em: 21 jun. 2016.

LEE, Seulki; KIM, Karam; YU, Jungho. BIM and ontology-based approach for building cost estimation. **Automation in Construction**, v. 41, p. 96-105, maio 2014. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051300188X?via%3Dihub>>.
Acesso em: 21 jun. 2016.

LEE, Seulki; KIM, Karam; YU, Jungho. Ontological inference of work item based on BIM data. **KSCE Journal of Civil Engineering**, Heidelberg, v. 19, n. 3, p. 538-549, mar. 2015. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-013-0739-5>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

LEE, Yong-Cheol; EASTMAN, Charles M.; SOLIHIN, Wawan. An ontology-based approach for developing data exchange requirements and model views of building information modeling. **Advanced Engineering Informatics**, v. 30, n. 3, p. 354-367, ago. 2016. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034616300738?via%3Dihub>>.
Acesso em: 21 ago. 2016.

LÉVY, Pierre. **A máquina universo**: criação, cognição e cultura informática. Porto Alegre: ArtMed, 1998. 173p.

LIU, Hexu; LU, Ming; AL-HUSSEIN, Mohamed. Ontology-based semantic approach for construction-oriented quantity take-off from BIM models in the light-frame building industry. **Advanced Engineering Informatics**, v. 30, n. 2, p. 190-207, abr. 2016. Disponível em:<
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034616300246?via%3Dihub>>.
Acesso em: 21 jun. 2016.

LONDON, S. **Collaboration and community**. 1995. Disponível em: <[http://](http://www.scottlondon.com/reports/collaboration.pdf)
<http://www.scottlondon.com/reports/collaboration.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016

MACGEE, James; PRUSAK, Laurence. **Gerenciamento Estratégico da Informação**. 16.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1994.

MAYR, Philipp et al. Recent applications of Knowledge Organization Systems: introduction to a special issue. **International Journal on Digital Libraries**, v. 17, n. 1, p. 1–4, mar. 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00799-015-0167-x>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

MEIRA, Maria Elisa. Laboratórios, labinf / labcon / labtec: configurações preconizadas. In: IX CONABEA – CONGRESSO NACIONAL DA ABEA ÉTICA PARA O III MILÊNIO – XVI ENSEA – ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 1999.

MELHADO, Silvio Burrattino; AGOPYAN, Vahan. **O conceito de projeto na construção de edifícios**: diretrizes para sua elaboração e controle. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: USP, 1995. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00139.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2016.

MELHADO, Silvio Burrattino. O processo de projeto no contexto da busca de competitividade. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL GESTÃO E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997, p. 7-51.

MENEZES, Alexandre Monteiro de. **O uso do computador no ensino de desenho de representação nas Escolas de Arquitetura**: estudo de caso das Escolas de Arquitetura Federais Brasileiras. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola de Arquitetura, UFMG, Belo Horizonte, 1998.

MENEZES, Ebenezer Takuno de; SANTOS, Thais Helena dos. **Dicionário Interativo da Educação Brasileira - Educabrazil**. São Paulo: Midiamix, 2001. Disponível em: <<https://www.educabrazil.com.br>>. Acesso em: 05 de jan. 2019.

MERLIN, Iria Aparecida Stahl. Preferências pessoais na escolha de representações arquitetônicas: aspectos da formação do arquiteto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL PSICOLOGIA E PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - INTERFACES E POSSIBILIDADES EM PESQUISA E APLICAÇÕES, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Luna Produções Ltda., 2000. 1CD.

MÉTRAL, Claudine; FALQUET, Gilles; VONLANTHEN, Mathieu. **An Ontology-based Model for Urban Planning Communication**. In: TELLER Jacques, LEE John R., ROUSSEY Catherine (eds) Ontologies for Urban Development. Studies in Computational Intelligence, vol 61. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ed24/0a9c9cc23e1d082ad7a3ba9e687eb64d6529.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

MIGNARD, Clement; NICOLLE, Christophe. Merging BIM and GIS using ontologies application to urban facility management in ACTIVE3D. **Computers in Industry**, v. 65, n. 9, p. 1276-1290, dez. 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361514001432?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

PAULA, Nathália de; UECHI, Mônica Emiko; MELHADO, Silvio Burrattino. Novas demandas para as empresas de projeto de edifícios. **Ambiente Construído**, v.13, n.3, p.137-159, set. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=2&script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000300009&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 21 jun. 2018.

NEPAL, Madhav Prasad et al. Ontology-based feature modeling for construction information extraction from a building information model. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 27, p.555-569, set. 2013. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CP.1943-5487.0000230>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

NIKNAM, Mehrdad; KARSHENAS, Saeed. Integrating distributed sources of information for construction cost estimating using Semantic Web and Semantic Web Service technologies. **Automation in Construction**, v. 57, p. 222-238, set. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515000813?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. **Gestão do conhecimento**. Tradução de Ana Thorell. Porto Alegre: Bookman, 2008.

OGDEN, Charles Kay; RICHARDS, Ivor Armstrong. **Pensamentos, palavras e coisas**. In: _____. O significado de significado. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1972. p. 23 – 44.

OLIVEIRA, Márcia M. P. de; VICTOR, Clarice Loretta. A base legal e o ensino de desenho frente às novas tecnologias. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 4., SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 14., 2000, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 2000. 1CD.

PARK, Chansik et al. A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template. **Automation in Construction**, v. 33, p. 61, ago. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512001598>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

PARK, Jaehyun et al. Building Information Modelling Based Energy Performance Assessment System: an assessment of the Energy Performance Index in Korea. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 12, n. 3, p. 335-354, 2012. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/14714171211244587>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. Uma Reflexão sobre a Informática na Representação Gráfica da Arquitetura. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v.6, n.6, p.124-136, dez.,1998.

PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. **A modelagem tridimensional informatizada: um instrumento de ensino de projeções ortogonais em arquitetura**. 2001. Dissertação - Mestrado Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2001, 121p.

PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; BARACHO, Renata Maria Abrantes. A. Relações entre a Gestão da Informação e do Conhecimento e uso de Sistemas BIM por Arquitetos e Engenheiros. In: 4o. SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO, 2015, Belo Horizonte. **Anais do 4o. Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação**. Belo Horizonte: Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável MACPS e IEDS, 2015.

PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; BARACHO, Renata Maria Abrantes; PORTO, Marcelo Franco. A gestão da informação e do conhecimento, o trabalho colaborativo e o uso da tecnologia BIM por arquitetos e engenheiros. In: XVII ENANCIB 2016 - ENCONTRO NACIONAL EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 2016, Salvador. **Anais do XVII ENANCIB 2016 - Encontro Nacional em Ciência da Informação**. Salvador: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Ciência da Informação (ANCIB), 2016.

PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; BARACHO, Renata Maria Abrantes; ALMEIDA, Maurício Barcellos. Ontologia no suporte a modelagem da informação da construção (BIM): um estudo exploratório sobre a inter-relação entre as tecnologias envolvidas. In: XVII ENANCIB 2016 - ENCONTRO NACIONAL EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 2016, Salvador. **Anais do XVII ENANCIB 2016 - Encontro Nacional em Ciência da Informação**. Salvador: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Ciência da Informação (ANCIB), 2016.

PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993. 507p.

PILEHCHIAN, Behzad; STAUB-FRENCH, Sheryl; NEPAL, Madhav Prasad. A conceptual approach to track design changes within a multi-disciplinary building information modeling environment. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 42, n. 2, p. 139-152, jan. 2015. Disponível em: < <https://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/cjce-2014-0078> >. Acesso em: 21 jun. 2016.

PORTO, Marcelo Franco et al. Automatic Analysis of Standards in Rail Projects. **Journal of systemics, cybernetics and informatics**, v. 13, n.4, p. 39-44, 2015. Disponível em <[http://www.iiisci.org/journal/CV\\$/sci/pdfs/MA969EM15.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/sci/pdfs/MA969EM15.pdf)>. Acesso em 02 jun. 2019

PORTO, Marcelo Franco; FRANCO, José Ricardo Queiroz. Modelagem da Informação para Otimização de Sistemas de Combate a Incêndios e Pânico em Edificações. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência Da Informação**, v. 9, p. 188-207, 2016. Disponível em

<<https://search.proquest.com/openview/18e7452106024d857c678937f3d0ce9b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=307051>>. Acesso em 02 jun. 2019

PORTO, Marcelo Franco et al. Automatic Code Checking Applied to Fire Fighting and Panic Projects in a BIM Environment - BIMSCIP. **Journal of systemics, cybernetics and informatics**, v. 15, n.3, p. 86-90, 2017. Disponível em <[http://www.iiisci.org/Journal/CV\\$/sci/pdfs/ZA440ZP17.pdf](http://www.iiisci.org/Journal/CV$/sci/pdfs/ZA440ZP17.pdf)>. Acesso em 02 jun. 2019

PORTO, Marcelo Franco et al. BIM as a Structural Safety Study Tool in Case of Fire - BIMSCIP. **Journal of systemics, cybernetics and informatics**, v. 16, n.1, p. 81-86, 2018. Disponível em < [http://www.iiisci.org/journal/CV\\$/sci/pdfs/ZA662JA18.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/sci/pdfs/ZA662JA18.pdf)>. Acesso em 02 jun. 2019

POVEDA-VILLALÓN Maria; GARCÍA-CASTRO, Raul; GÓMEZ-PÉREZ, A. Building an Ontology Catalogue for Smart Cities. In: 10TH EUROPEAN CONFERENCE ON PRODUCT & PROCESS MODELLING (ECPM 2014), 10, Viena. **Anais...** 2014. Disponível em:< http://oa.upm.es/36715/1/INVE_MEM_2014_193269.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2018.

PNUD PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Buildings: investing in energy and resource efficiency**. In: UNEP United Nations Environment Programme. Towards a Green Economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. 2011. Disponível em: <https://www.cbd.int/financial/doc/green_economyreport2011.pdf > Acesso em: 10 jul 2018.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos** (Guia PMBOK®). 5.ed. Newtown Square: Project Management Institute, Inc., 2013. 567 p.

QUIVY, Raymond; CAMPENHOUDT, Luc Van. **Manual de investigação em Ciências Sociais**. Lisboa: Gradiva, 2005.

REIZGEVIČIUS, Marius et al. Promoting Sustainability through Investment in Building Information Modeling (BIM) Technologies: A Design Company Perspective. **Sustainability**, v.10, n. 3, mar. 2018. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/600>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

RENDÓN ROJAS, Miguel. Relación entre los conceptos: información, conocimiento y valor. Semejanzas y diferencias. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 52-61, maio/ago. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v34n2/28555.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

REYCHAV, Iris; MASKIL LEITAN, Reuven; Mchaney, Roger. Sociocultural sustainability in green building information modeling. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n.9, p. 2245-2254, nov. 2017. Disponível em: < <https://link-springer-com.ez27.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10098-017-1409-y>>. Acesso em: 10 jul. 2018

ROSA, Silvana Bernardes. **A integração do instrumento ao campo da engenharia didática – o caso do perspectógrafo**. 1998. Tese - Doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1998.

SANTOS, Eduardo Toledo; BARISON, Maria Bernardete. BIM e as universidades. **Revista Construção e Mercado**, v.115, 2011. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282479-1.aspx>>. Acesso em: 07 dez. 2015.

SARACEVIC, Tefko. Ciência da informação: origem, evolução e relações. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, jan./jun. 1996. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/235>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

SHAH, Chirag. Collaborative Information Seeking. **Journal of the Association for Information Science and Technology**. v.65, n.2, p. 215–236, jan. 2014. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/asi.22977>>. Acesso em: 10 mai. 2016

SILVA, Margarete Maria de Araújo; PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio; SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. Materialidade no Projeto de Arquitetura. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v.8, n.9, p.177-193, dez.,2001.

SOERGEL, Dagobert. **Digital Libraries and Knowledge Organization**. In: KRUK Sebastian Ryszard; MCDANIEL Bill (Ed.) *Semantic Digital Libraries*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008, p. 9-39. Disponível em:< https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-85434-0_2#citeas>. Acesso em: 01 jul. 2018.

SOERGEL, Dagobert. **Knowledge Organization Systems. Overview**, 2009. Disponível em:< www.dsoergel.com/SoergelKOSOverview.pdf >. Acesso em: 01 jul. 2018.

SOERGEL, Dagobert. Unleashing the Power of Data Through Organization: Structure and Connections for Meaning, Learning and Discovery, **Knowledge Organization**, v. 42, n. 6, p. 401– 427, jan. 2015. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/293027204_Unleashing_the_Power_of_Data_Through_Organization_Structure_and_Connections_for_Meaning_Learning_and_Discovery>. Acesso em: 01 jul. 2018.

STAAB, Steffen; STUDER, Rudi. **Handbook on Ontologies**. Berlin: Springer, 2004

STUDER, Rudi; BENJAMINS, V. Richard; FENSEL, Dieter. Knowledge engineering: principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1-2, p.161-197, mar. 1998. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169023X97000566>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, maio 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

SUCCAR, Bilal. **Building information modelling**: conceptual constructs and performance improvement tools. 2014. PhD Thesis - School of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering and Built Environment, University of Newcastle, Newcastle, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Bilal_Succar/publication/260145769_Building_Information_Modelling_conceptual_constructs_and_performance_improvement_tools/links/0a85e52fc047dcdc87000000/Building-Information-Modelling-conceptual-constructs-and-performance-improvement-tools.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2016.

TAIEBAT, M.; KU, K.; McCOY, A. BIM in Integrated Learning Environments for Construction: The Students' Perspectives. In: THE BIM-RELATED ACADEMIC WORKSHOP, 2010, Washington D.C. **Proceedings...** Washington D.C.: Guilherme Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2015.

TAYLOR-POWELL, Ellen; ROSSING, Boyd; GERAN, Jean. **Evaluating collaboratives**: Reaching the potential (Tech. Rep.). Madison, WI: University of Wisconsin-Extension. 1998. Disponível em: < <https://learningstore.uwex.edu/Assets/pdfs/G3658-08.pdf> >. Acesso em: 10 mai. 2016

TEIXEIRA, Livia Marangon Duffles; AGANETTE, Elisangela. Ontologias no suporte à caracterização de processos uma proposta de estudo. In: CONFERÊNCIAS IBERO-AMERICANAS WWW/INTERNET E COMPUTAÇÃO APLICADA, 2016. **Actas...** 2016. P. 149-159.

TEIXEIRA, Livia Marangon Duffles; BARACHO, Renata Maria Abrantes. Considerações ontológicas sobre modelar em AEC. In: Ontobrás 2017 – X SEMINAR ON ONTOLOGY RESEARCH IN BRAZIL, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: Mara Abel - Institute of Informatics - Federal University of Rio Grande do Sul. v. 1908, 2017. p. 119-124. Disponível em:< <http://ceur-ws.org/Vol-1908/paper11.pdf> >. Acesso em: 01 jul. 2018.

TELLO, Rafael; RIBEIRO, Fabiana Batista. **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012. 160p.

TORRES, Simone; ALMEIDA, Maurício Barcellos; SIMÕES, Maria da Graça. Princípios para modelagem de domínios em sistemas de organização do conhecimento (SOC). In: III CONGRESSO ISKO ESPANHA-PORTUGAL, III, (2017), Coimbra. **Anais eletrônicos III Congresso ISKO Espanha-Portugal, 2017**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319493009_PRINCIPIOS_PARA_MODELAGEM_

DE_DOMINIOS_EM_SISTEMAS_DE_ORGANIZACAO_DO_CONHECIMENTO_SOC>. Acesso em: 01 jul. 2018.

UNESCO/UIA. Carta UNESCO/ UIA para a formação em arquitetura. Tóquio: 2011. Disponível em: < <http://www.cialp.org/documentos/1439567302V4pFQ3qn3Jd55EK0.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, **Population Division** (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition, 2018. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Download/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

VENUGOPAL, Manu; EASTMAN, M. Charles; TEIZER, Jochen. An ontology-based analysis of the industry foundation class schema for building information model exchanges. **Advanced Engineering Informatics**, v. 29, n. 4, p. 940-957, out. 2015. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034615001019?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

VICKERY, Brian Campbell. Ontologies. **Journal of Information Science**, London, v. 23, n. 4, p. 227-286, ago. 1997. Disponível em:< <https://doi.org/10.1177/016555159702300402>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

VIGOTSKI, Lev Semenovich. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2015a. 224p.

VIGOTSKI, Lev Semenovich. **Pensamento e Linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2015b. 212p.

VIGOTSKY, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanavich; LEONTIEV, Aléxis N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 14. ed. São Paulo: Ícone Editora da Universidade de São Paulo, 2016. 232p.

WAND, Yair; STOREY, Veda Catherine; WEBER, Ron. An ontological analysis of the relationship construct in conceptual modeling. **ACM Transactions on Database Systems**, New York, v. 24, n. 4, p. 494-528, dez. 1999. Disponível em:< <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.408.2083&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

WANG, Haiyuan et al. An Intelligent Monitoring System for the Safety of Building Structure under the W2T Framework. **International Journal Of Distributed Sensor Networks**, ago. 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1155/2015/378694>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

WASHBURN, Doug; SINDHU, Usman. **Helping CIOs understand “smart city” initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO**. Cambridge: Forrester Research. 2010. Disponível em: <<http://c3328005.r5.cf0.rackcdn.com/73efa931-0fac-4e28-ae77-8e58ebf74aa6.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

WILSON, Tom D. The nonsense of knowledge management. **Information research**, v.8, n. 1, p. 8-1, 2002.

WONG, Wucius. **Princípios de Forma e Desenho**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

YANG, Deli; LIU, Feng; LIANG, Yiduo. A survey of the internet of things. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-BUSINESS INTELLIGENCE, 2010. **Proceedings...** Atlantis Press, 2010. Disponível em: < <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icebi-10/2082>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

ZHANG, Le.; ISSA, Raja R. A. Ontology-based partial building information model extraction. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 27, n. 6, p. 576, nov. 2013. Disponível em: < <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CP.1943-5487.0000277> >. Acesso em: 21 jun. 2016.

ZHANG, Sijie; BOUKAMP, Frank; TEIZER, Jochen. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). **Automation in Construction**, v. 52, p. 29-41, abr. 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515000242?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 jun. 2016.