



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DANIELLE GOMES CARVALHO
MARIA CECILIA CAVALCANTI JUCÁ

**EDIFÍCIOS INTELIGENTES: O ESTUDO DA APLICAÇÃO DE
TECNOLOGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NAS EDIFICAÇÕES**

Recife
2018

DANIELLE GOMES CARVALHO E MARIA CECÍLIA CAVALCANTI JUCÁ

**EDIFÍCIOS INTELIGENTES: O ESTUDO DA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS
PARA OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NAS EDIFICAÇÕES**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade Federal de Pernambuco
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

**Área de concentração: Engenharia Civil
Orientador: Prof. Dr. Maurício Renato
Pina Moreira.**

**Recife
2018**

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

C331e Carvalho, Danielle Gomes.
Edifícios inteligentes: o estudo da aplicação de tecnologias para
otimização de recursos nas edificações / Danielle Gomes Carvalho,
Maria Cecília Cavalcanti Jucá. - Recife, 2018.
75f., il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Renato Pina Moreira.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Otimização. 3. Automação. 4. Integração.
5. Edificação. 6. Sistemas. 7. Sustentabilidade. I. Jucá, Maria Cecília
Cavalcanti. II. Moreira, Mauricio Renato Pina (Orientador). III. Título.

624 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2018/ 318



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL UNIVERSIDADE
FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE
TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA
CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

CANDIDATO(S): 1 – Danielle Gomes Carvalho
2 – Maria Cecilia Cavalcanti Jucá

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Mauricio Renato Pina Moreira

Examinador 1: Fernando Jordão Vasconcelos

Examinador 2: Palloma Moura Barbosa

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: EDIFÍCIOS
INTELIGENTES O ESTUDO DA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA
OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NAS EDIFICAÇÕES**

LOCAL: sala 108 - CTG

DATA: 06/08/2018 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 15:30.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA 10,0 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões). O trabalho com nota no seguinte intervalo, $3,0 \leq \text{nota} < 7,0$, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado aprovado com exame final.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 06 de agosto e 2018

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especial:

A Deus, a quem depositamos nossa fé.

A nossas famílias, que sempre nos apoiaram nos estudos e nas escolhas tomadas.

Aos nossos colegas e amigos, pelo companheirismo e disponibilidade para nos auxiliar em vários momentos críticos e especiais durante a trajetória.

Ao orientador Prof. Dr. Mauricio Pina que teve papel fundamental na elaboração deste trabalho e no decorrer da graduação.

Aos mestres das Instituições: Universidade Federal de Pernambuco, University of Bristol e École des Ingénieurs de la ville de Paris, que não hesitaram em compartilhar conhecimento conosco.

RESUMO

A engenharia civil reúne a concepção, o projeto, a construção e a manutenção de todos os tipos de infraestrutura necessários ao bem-estar e ao desenvolvimento da sociedade. Tal área de conhecimento é responsável por desenvolver e criar conceitos e projetos disruptivos que facilitem o modo de vida da população. Sendo assim, em plena Era Digital, a grande mudança que a engenharia pôde promover, foi um conceito inovador de construção: Os Edifícios Inteligentes. Diferentemente das construções tradicionais, essas edificações foram criadas a partir da necessidade do usuário de interagir mais intensamente com seu meio, conseguindo assim desempenhar diversas novas funções automatizadas até então não aplicadas. São dotados de alta tecnologia e utilizam sistemas que buscam uma maior eficiência energética, conforto e comodidade aos seus usuários. Essa concepção engloba inúmeras áreas de conhecimento que se correlacionam: a engenharia, a informática, a arquitetura e a tecnologia da informação. Essa interdisciplinaridade apenas se tornou possível devido à divulgação de informações e à acessibilidade delas. Para um futuro próximo a tendência é agregar tecnologia às construções com o intuito de facilitar o dia a dia e promover qualidade de vida aos usuários, além de englobar novas técnicas de construção que também facilitem o processo construtivo. Esses edifícios propõem técnicas construtivas utilizando métodos sustentáveis, buscando minimizar os impactos ambientais provocados pela construção. Englobar sustentabilidade ao projeto agrega não somente benefícios ao meio ambiente, mas também valor social ao projeto. Ademais, em um edifício inteligente todos os seus sistemas são integrados de forma a trabalharem juntos, buscando uma melhora de desempenho e facilidade nas operações de manutenção. O conceito é uma tendência mundial que está em fase de desmistificação e conscientização dos seus benefícios. Para tal é fundamental um maior foco na aprendizagem do tema por parte dos engenheiros.

Palavras-chave: Otimização. Automação. Integração. Edificação. Sistemas. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Civil engineering brings together the concept, the project, the construction, and the maintenance of all types of infrastructure necessary to the well-being and development of the society. This area of knowledge is responsible for developing and creating disruptive concepts and projects that facilitate the life of the population. Therefore, in the Digital Era, the great change that engineering could establish was an innovative concept of construction: The Intelligent Buildings. Unlike traditional constructions, these structures were created based on the user's needs to enhance the interaction with their environment in a more intense manner, and then achieving several new automated functions that had not been applied before. It is equipped with high technology and uses systems that seek greater energy efficiency, comfort and convenience to their users. This idea encompasses many areas of knowledge that correlate: engineering, architecture, and information technology. This interdisciplinary approach has become possible only because of the disclosure of information and its accessibility. For the near future, the trend is to add technology to the constructions in order to simplify day-to-day life and increase the quality of life for users, as well as incorporate new techniques that also facilitate the construction process. These buildings propose techniques that use sustainable methods, seeking to minimize the environmental impacts caused by constructions. Bringing sustainability to the plan adds not only benefits to the environment, but also social value to the project. In addition to that, in an intelligent building all systems are integrated to work together, seeking improved performance and ease maintainability. The concept is a worldwide trend that is in the process of demystification and awareness of its benefits. For this, a greater focus on the subject's learning by the engineers is fundamental.

Keywords: Optimization. Automation. Integration. Building. Systems. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxo bottom-up para o desenvolvimento das cidades inteligentes	16
Figura 2 - Domótica, seus componentes e sua relação com outras ciências	21
Figura 3 - Rede Domótica	24
Figura 4 - EPMS	32
Figura 5 - Detalhe dos painéis vistos de fora.....	53
Figura 6 – a) Painéis fechados na Al-Bahr b) Painéis abertos na Al-Bahr	54
Figura 7 – Detalhe dos painéis vistos de dentro do edifício	54
Figura 8 – Maior detalhe no painel solar, situações fechado e aberto	54
Figura 9 – NASA Sustainability Base.....	56
Figura 10 – Tecnologias do NASA Sustainability Base	57
Figura 11 – Edifício Eldorado Business Tower.....	59
Figura 12 – Ventura Corporate Towers.....	60
Figura 13 – KNoT - Arquitetura Genérica de IoT para Resultados de Negócios... 	63
Figura 14 – Ilustração da “típica casa inteligente”	65
Figura 15 – Termostato Ecobee.....	67
Figura 16 – Fechadura Inteligente - Genie Smart Lock, na sua versão digital	67
Figura 17 – Fechadura Inteligente - Genie Smart Lock, na sua versão analógica	68
Figura 18 – Termostato Digital Nest	69
Figura 19 – Aplicativo de controle do termostato Nest	70
Figura 20 – Console Administrativo NuBryte	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	13
1.2.1	Objetivos Específicos.....	14
1.3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.4	METODOLOGIA	14
2	ORIGEM: CIDADES INTELIGENTES.....	15
2.1	SMART BUILDING: HISTÓRICO E CONCEITOS.....	17
3	DOMÓTICA.....	20
3.1	APLICAÇÕES.....	22
3.2	REDE DOMÓTICA.....	23
3.3	REDES ELETRÔNICAS	24
3.4	TECNOLOGIAS APLICADAS AOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES.....	25
3.4.1	Comunicação entre Dispositivos	25
4	SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	27
4.1	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR-CONDICIONADO (HVAC – HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING).....	27
4.2	SISTEMAS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO.....	29
4.3	SISTEMAS DE CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA	30
4.4	SISTEMAS DE CONTROLE DE ACESSO.....	33
4.5	SISTEMAS DE VIGILÂNCIA	33
4.6	SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO, ALARME E INCÊNDIO.....	34
4.7	SISTEMAS HIDRÁULICOS	35
4.8	SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DO EDIFÍCIO	36
5	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: INTEGRAÇÃO DO SISTEMA NATURAL AO ARTIFICIAL	38

5.1	SISTEMAS NATURAIS.....	40
5.1.1	Condições Ambientais Locais	40
5.1.2	Elementos de Projeto no Sistema Natural.....	43
5.1.2.1	Ventilação	45
5.1.2.2	Temperatura	46
5.1.2.3	Radiação Solar	47
6	ELEMENTOS DE OTIMIZAÇÃO CONSTRUTIVA: TÉCNICAS DA ATUALIDADE.....	48
6.1	GESSO ACARTONADO (DRYWALL).....	48
6.2	FORRO MODULAR	49
6.3	PISO ELEVADO	50
6.4	FACHADAS INTELIGENTES.....	51
7	EXEMPLOS DE EDIFÍCIOS INTELIGENTES.....	52
7.1	NO MUNDO.....	52
7.1.1	Edifício Al-Bahr, Abu Dhabi (Emirados Árabes Unidos).....	52
7.1.2	Nasa Sustainability Base, Moffet Field, Califórnia (EUA).....	55
7.2.	NO BRASIL.....	58
7.2.1	Eldorado Business Tower, São Paulo	58
7.2.2	Ventura Corporate Towers, Rio de Janeiro.....	59
8	PERSPECTIVAS PARA O FUTURO DOS EDIFÍCIOS: INTERNET DAS COISAS - IOT (INTERNET OF THINGS)	61
8.1	CASAS INTELIGENTES (SMART HOMES).....	64
8.1.1	Produtos Conectados.....	66
8.1.1.1	Termostatos.....	66
8.1.1.2	Fechaduras Inteligentes	67
8.1.1.3	Sistema de Detecção de Fumaça e Temperatura.....	68
8.1.1.4	Sistema Administrativo	70
9	CONCLUSÃO	71

REFERÊNCIAS 73

1 INTRODUÇÃO

É notório que o crescente uso das tecnologias está mudando a economia mundial, acarretando impactos em inúmeras indústrias. Se voltarmos o olhar para a construção civil e suas obras, já é uma realidade que vários benefícios já foram e ainda podem ser gerados dessa união entre as indústrias de Tecnologia da Informação (TI) e da Engenharia Civil. Pode-se imaginar essa aplicação tanto na etapa de construção do edifício como durante seu funcionamento. Os princípios básicos para um bom funcionamento de uma edificação são: o conforto, a segurança e sobretudo, a economia, tanto de custos diretos (tais como: água, luz, telefone) como também de custos indiretos: manutenção e operação.

Assim, novas formas de construir e manter um edifício foram criadas visando otimizar a produção e a manutenção do mesmo. Os impactos desse avanço da tecnologia fazem parte de um planejamento e/ou projeto na forma dos Edifícios Inteligentes (CASTRO NETO, 1994, s.p.), sugere a definição, seguindo o IBI (Intelligent Buildings Institute – EUA), de que os EI são aqueles “que oferecem um ambiente produtivo e econômico através da otimização de quatro elementos básicos: Estrutura (componentes estruturais do edifício, elementos de arquitetura, acabamentos de interiores), Sistemas (controle de ambiente, sistema de refrigeração e aquecimento, ventilação, iluminação, segurança e energia elétrica), Serviços (comunicação de voz, dados, imagens) e Gerenciamento (ferramentas para controlar o edifício e seus sistemas), bem como suas inter-relações”.

Assim, na década de 80 surgem os chamados Sistemas de Gestão Técnica que se dividem em componentes distintos de controle de funções de equipamentos sem nenhuma interação, pertencentes a fabricantes distintos. A partir daí, surge o conceito de serviço, juntamente com as funções iniciais de cada equipamento, ligados principalmente para gestão técnica. Em meio a tantos novos serviços, foi visto que o mais interessante desses dispositivos não era suas funções separadamente e sim, a possibilidade de interação entre elas e extração das novas potencialidades resultantes disso.

Já na década de 90, dissemina-se o conceito mais alargado de Edifícios Inteligentes onde a integração dos serviços assume papel principal. Integração essa também voltada às áreas de conhecimento necessárias para a execução de um edifício, de fato, inteligente. Onde pode-se relacionar, além das áreas até então em destaque: TI e Engenharia Civil, as áreas de arquitetura, engenharia eletrônica, ambiental e de energia, entre outras. Essa multidisciplinaridade só foi possível com a ampla disseminação de informações que se

tornavam cada vez mais acessíveis, além de necessárias para construção e operação utilizando métodos sustentáveis.

Hoje a sustentabilidade não é apenas uma tendência na construção civil, passou a ser uma realidade em todo o mundo e a não adoção desse conceito não faz mais sentido para um mercado competitivo. Os edifícios inteligentes são uma solução em engenharia, dotados de alta tecnologia. Assim os sistemas eletrônicos desempenham as mais variadas funções e utilizam sistemas que buscam a sustentabilidade, oferecendo mais qualidade de vida aos seus usuários.

O presente trabalho busca estudar e analisar a temática de edifícios inteligentes, apresentando a evolução das tecnologias aplicadas ao conceito, dando ênfase aos serviços e suas interações entre si. Serão demonstrados exemplos de obras inteligentes no Brasil e no mundo, tendo como propósito disseminar os esforços no sentido de aprimorar as técnicas na construção civil para um ganho em sustentabilidade, otimização de recursos e uma maior comodidade.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Desde os primórdios, o desenvolvimento de habitações era algo intrínseco à necessidade humana. Ressaltando o fato de que criar habitações mais seguras e confortáveis era também necessidade, além de símbolo de status e engenhosidade humana. Nos dias de hoje, outro fator importante a se adotar nas construções é a sustentabilidade, pois os alertas sobre os impactos causados pelo homem no ambiente se tornaram bastante corriqueiros. Além disso, juntamente com a avalanche tecnológica, nasceu o conceito de Edifícios Inteligentes, a prova clara de que o homem é incansável quando se pode engenhar para melhorar sua qualidade de vida.

Diante dessa realidade, foi escolhida uma temática atual para esse trabalho, estudando e exemplificando o que é possível ser feito para tal melhora. Além de situar o Brasil em relação ao mundo no aspecto de avanço e preocupação com o ambiente construtivo. É necessário estudar e pesquisar diretrizes e estratégias de ação para que o setor da construção civil possa colaborar na construção de uma sociedade mais sustentável, principalmente na realidade de países em desenvolvimento.

Outro ponto relevante que levou à escolha do tema, é a mudança comportamental humana em função dos impactos tecnológicos. O mundo de hoje não é mais o mundo de apenas 10 anos atrás, tudo passou a mudar em uma velocidade muito maior do que estamos acostumados, o mundo está com pressa. Sendo assim, em alta velocidade também deve ser o desenvolvimento

de novas técnicas no âmbito da construção para que esta possa colaborar, com eficiência, no incremento de conforto na vida em sociedade.

Consequentemente, a construção recorrente de Edifícios Inteligentes promove uma maior economia em recursos tanto para seu usuário, como para o meio ambiente. Sendo assim, fica explícita a motivação pela qual o tema foi escolhido. Com uma abordagem clara e expositiva, esse trabalho tem como objetivo disseminar todos os benefícios que a implantação do conceito de Edifícios Inteligentes pode causar na sociedade mundial.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Quando se reflete sobre o conceito de algo inteligente, logo associamos a questões tecnológicas, porém a definição de construções inteligentes busca alinhar tecnologias à economia, no sentido de diminuir custos no período da operação.

Uma *Smart City*, ou Cidade Inteligente, pode ser compreendida como aquela que associa cidades digitais ao crescimento inteligente, no qual o desenvolvimento é baseado em tecnologia de informação e comunicação. Uma cidade inteligente usa a tecnologia da informação para transformar a vida e o trabalho dos habitantes de uma forma significativa. Novos conceitos de cidades inteligentes surgiram e continuam surgindo a cada momento, fazendo-se evidente a necessidade de busca de soluções para as edificações, já que não existe cidades, em seu conceito, sem edificações. Assim, em menor proporção do que as cidades, os edifícios receberam atenção o suficiente da sociedade para se tornarem inteligentes.

No conceito de construções e operações, sabe-se que os edifícios possuem diversos subsistemas que os compõem. Em um edifício inteligente não é diferente, porém esses sistemas são integrados de maneira que todos se completam.

Com isso em vista, o objetivo deste trabalho é buscar abordar e colocar em evidência as tecnologias construtivas e operacionais utilizada em um *smart building*, em todas as etapas, desde o projeto até a operação e manutenção. Além disso, existe o desejo de provocar a reflexão nos leitores em como uma construção inteligente pode impactar no planejamento de uma cidade.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Estudo de aspectos de locação de um edifício para maior aproveitamento dos recursos naturais;
- Uso de tecnologias inovadoras na construção de um edifício;
- Sistemas de automação e dispositivos conectados;
- Otimização de sistemas internos para operação e manutenção dos edifícios;
- Estudo dos benefícios geradas por uma construção inteligente;
- Detalhamento de obras existentes.

1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho fará uso referências bibliográficas de diferentes autores, nacionais e estrangeiros, embasadas em teses, livros, artigos, blogs, sites e revistas, publicadas por respeitadas instituições. Tendo como principal objetivo a pesquisa sobre métodos eficientes já utilizados no mercado, mas também considerando as novas tecnologias que estão sendo ainda planejadas no momento. Esse trabalho também fará uso de exemplos reais de edifícios já imersos no mercado, evidenciando as possibilidades de introdução de tecnologias para otimização de recursos.

1.4 METODOLOGIA

Esta monografia foi desenvolvida nos moldes de uma revisão bibliográfica, na qual definiu-se o tópico de interesse, buscou-se a literatura apropriada, analisou-se e sintetizou-se o conteúdo bibliográfico encontrado e concretizou-se esse documento com os resultados (CRONIN et al, 2008). Para orientar o trabalho, foram estabelecidas duas perguntas de pesquisa suficientemente focadas (BEECROFT et al, 2006 apud CRONIN, et al, 2008): "O que é um Smart Building?" e "Quais tecnologias já estão sendo aplicadas para a adoção desse conceito?". Estas questões serão respondidas ao longo do trabalho, correspondendo a uma revisão bibliográfica em torno do conceito de Smart Building, incluindo a apresentação de referências nacionais e internacionais.

2 ORIGEM: CIDADES INTELIGENTES

Cidades Inteligentes surgem da mudança que está ocorrendo na indústria de TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) para uma nova plataforma de tecnologia de crescimento e inovação. Sendo assim, seu conceito é algo amplo que abrange tanto a tecnologia quanto a qualidade de vida de seus cidadãos, além de sempre estar atrelado à estratégias econômicas. Segundo a união Europeia, *Smart Cities* são sistemas de pessoas interagindo e usando energia, materiais, serviços e financiamento para catalisar o desenvolvimento econômico e a melhoria da qualidade de vida. Esse conceito de cidade inteligente não é novo. Ele nasceu no início dos anos 80, nos Estados Unidos, com o uso de tecnologia na busca sistemática para solucionar, ou pelo menos minimizar, os principais problemas urbanos. Ao longo desses quase 40 anos, houve uma grande aceleração no processo de urbanização global. Segundo a ONU, saltamos de uma taxa de 39,28% da população mundial vivendo em cidades em 1980, para 54% em 2017. No Brasil, os números relacionados ao mesmo período são ainda mais impressionantes: de acordo com o IBGE, o país tinha 66% de sua população nos centros urbanos. Em 2020, esse índice tende a chegar a surpreendentes 90%.

O objetivo da iniciativa das Cidades Inteligentes é criar condições de sustentabilidade, melhoria das condições de existência das populações e fomentar a criação de uma economia criativa pela gestão baseada em análise de dados. Para fazer isso, as cidades devem enfrentar uma ampla gama de desafios urbanos (demanda crescente por energia, gestão de resíduos, gestão de tráfego, etc.) através de investimentos focados e coordenados. Já as tecnologias de Edifícios Inteligentes representam uma área de investimento que as cidades precisam considerar como parte do ecossistema mais amplo de cidade inteligente, podendo ser representado por infraestrutura e qualidade de vida dos cidadãos, explicitando a interligação de ambos os conceitos.

Segundo o pesquisador americano Boyd Cohen, Ph.D. em urbanismo e uma das referências na elaboração de metodologias que definem as chamadas *smart cities*, “cidades inteligentes são as que conseguem se desenvolver economicamente ao mesmo tempo que aumentam a qualidade de vida dos habitantes ao gerar eficiência nas operações urbanas”.

Já a definição utilizada pela IDC (*International Data Corporation*) sobre um projeto de uma Smart City é “aquela que usa dispositivos inteligentes, TICs e tecnologias de instrumentação para alcançar objetivos explícitos de desenvolvimento econômico sustentável e de melhoria de qualidade de vida para os cidadãos.”

Essas metas são alcançadas através de melhorias na prestação de serviços, uso mais eficiente dos recursos (humano, infraestrutura e natural), e a implementação de soluções financeiras e ambientais sustentáveis. De acordo com o *Cities in Motion Index*, do IESE Business School na Espanha, nove dimensões indicam o nível de inteligência de uma cidade: governança, administração pública, planejamento urbano, tecnologia, o meio-ambiente, conexões internacionais, coesão social, capital humano e a economia.

Cocchia (2014) advoga que o aparecimento do termo *Smart Cities*, na verdade, ocorreu segundo a estratégia *bottom-up* (de baixo para cima) já que a aplicação da TIC e de outras inovações tecnológicas ocorreu de forma independente e livre, com a finalidade de melhoria da qualidade de vida nas cidades. Assim, ainda segundo a autora, frequentemente, o aparecimento de cidades inteligentes é uma consequência de uma série de iniciativas individuais, ao invés do resultado de uma estratégia bem definida idealizada pela aplicação das políticas e das regras governamentais. A Figura 1 representa o nascimento, o desenvolvimento e a consolidação das cidades inteligentes segundo a estratégia *bottom-up*, conforme também exposto por Dameri (2013).

Figura 1 - Fluxo bottom-up para o desenvolvimento das cidades inteligentes



Fonte: Dameri R.P. (2013)

Pode-se observar que o uso intensivo dos recursos tecnológicos é o alicerce das cidades inteligentes, especialmente, da TIC. Esta possibilita conectar os diferentes atores do espaço urbano e suportar os serviços digitais provisionados pelas organizações públicas e privadas. A visão das Cidades Inteligentes é fornecer uma oferta mais inclusiva, segura, eficiente e serviços eficazes aos cidadãos, garantindo assim a habitabilidade e sustentabilidade da comunidade na cidade. As soluções para Smart Cities integram informações e operações dentro e entre os sistemas e domínios da cidade, onde envolvem-se com os cidadãos, as empresas e as

comunidade de novas maneiras. Neste contexto, engajar-se com planejadores urbanos, desenvolvedores privados, proprietários de edifícios corporativos e gerentes de propriedade, que têm um portfólio de instalações, torna-se um aspecto essencial para o desenvolvimento econômico sustentável. Não somente no contexto da gestão das instalações públicas de forma mais eficiente e sustentável, mas também incentivando a adoção mais rápida das tecnologias de edifícios inteligentes em propriedades comerciais.

Espera-se que as cidades inteligentes resolvam problemas além das questões básicas relacionadas à energia, água e transporte, como destinação inteligente de resíduos e possíveis tratamentos em função da geolocalização. Hall (2000) relata que as cidades inteligentes monitoram e integram todos os componentes críticos de sua infraestrutura, tais como: rodovias, pontes, túneis, redes ferroviárias, portos, plantas energéticas, edificações, sistemas de comunicação, redes de abastecimento de água, entre outros. Assim, otimizam seus recursos, planejam as atividades de manutenção preventiva e asseguram os aspectos de segurança, enquanto maximizam seus serviços para os cidadãos.

2.1 SMART BUILDING: HISTÓRICO E CONCEITOS

Define-se um edifício inteligente, como uma instalação que utiliza automação e integração como uma forma de medir, monitorar, controlar e otimizar operações. As tecnologias trabalham por uma convergência de informação e automação aplicados a construção civil. As soluções de *Smart Building* possibilitam ao proprietário e usuários acompanhamento em tempo real de dados que são gerados pelas tecnologias, anteriormente instaladas nas edificações. Esse processo permite o monitoramento de dados da edificação, como consumo de energia elétrica e climatização, além da possibilidade de controlar o sistema de incêndio e segurança.

Esse conceito busca desenvolver um sistema de inovação baseado em questões que envolvem as partes interessadas, envolvidas nos vários aspectos do funcionamento das cidades, mas que estas não estão ligadas diretamente ao governo. O objetivo de desenvolver um sistema em torno dos edifícios inteligentes é atender às metas de sustentabilidade nas cidades, conceito ligado ao de *Smart Cities*, tornando os centros urbanos mais eficientes e melhores de se viver. O desenvolvimento de um edifício inteligente, é um processo de investimento e transformação na gestão das instalações. O processo é enquadrado pela integração de controle de tecnologia de automação que utiliza análises e definições prévias que se aplicam a arquitetura da

edificação. Em um *smart building* não existe a utilização de tecnologias não padronizadas, ou seja, todas elas devem ser customizadas para que possam operar.

Existe a necessidade de aplicação das noções de integração entre os principais sistemas tecnológicos da edificação - automação, computação e comunicações. A solução ideal corresponde a uma sobreposição total dos vários sistemas, em que, do ponto de vista dos utilizadores, não seria possível distinguir sistemas específicos nem funções particulares.

A noção de integração assume uma importância fundamental no contexto dos edifícios inteligentes. Isso ocorre devido ao conjunto de vantagens e potencialidades que permitem oferecer o melhor aproveitamento dos recursos existentes e uma maior eficácia na sua utilização. Novas funções foram criadas com o intuito de acrescentar valor na interação e cooperação entre sistemas e aplicações. O que se obteve de resultado foram reações mais coordenadas e rápidas, capacidade de correlacionar informação, processamento e otimização de decisões e acesso aos vários sistemas através de um mesmo ponto. A partir desses resultados, foi gerada uma simplificação, flexibilização e eficácia na execução de tarefas complexas envolvendo diferentes sistemas.

Nas edificações alguns dos problemas mais comuns encontrados são: a falta de estacionamento, alto consumo de energia, gerenciamento inadequado de lixo, iluminação, falta de processos de controle, entre outros. Como efeito dessas dificuldades, estão sendo implantadas, cada vez mais, o conceito de edifícios inteligentes para a diminuição de custos e otimização dos processos. Com isso quanto mais inteligente é um edifício, mais eficiente é sua operação e manutenção, ocasionando uma redução de custos, consumo de energia e um possível comportamento ecológico, tão visado na atualidade.

A tecnologia da informação é um recurso fundamental para a evolução do desenvolvimento das operações nos edifícios inteligentes. Sistema de inteligência analítica e gerenciamento de dados são fundamentais, pois promovem uma resposta em tempo real aos dispositivos que gerenciam os equipamentos da edificação. Do ponto de vista energético, os edifícios inteligentes se tornam fator importante para apoiar a meta das *smart cities*, em termos de redução do consumo de energia e aumento da segurança energética.

Embora as vantagens da integração sejam indiscutíveis, existem alguns aspectos menos positivos que poderão causar problemas operacionais relacionados com a interação entre sistemas, podendo não ser trivial sua solução.

Os objetivos dos proprietários dos imóveis e da administração local, são os mesmos na maioria das áreas, e isso serve de meta para discussões básicas das partes interessadas dentro do conceito de *Smart Building*. Com isso, as partes interessadas buscam analisar curvas de desempenho e

programar a manutenção preventiva para equipamentos de grande porte. Essa ação gera uma diminuição dos desperdícios, minimizando assim danos ao equipamento e reduzindo da necessidade de reparos onerosos.

Existe uma redução significativa nos custos condominiais, em virtude do gerenciamento de energia. São feitas medições individualizadas de água, gás e energia. O valor do aluguel em edifícios inteligentes e sustentáveis é maior em torno de 30% do que o aluguel em edifícios convencionais, tornando-se um atrativo para investidores em imóveis. A aplicação de fontes de energias alternativas limpas e tratamento de efluentes, garantem a sustentabilidade e o retorno financeiro. Com isso, o uso racional dos recursos naturais permite que sejam adiados os investimentos em obras de geração de energia e captação de água.

3 DOMÓTICA

A Domótica, deriva das palavras Domus (casa) e Robótica (controle automatizado de algo), podendo assim ser definida como a ciência capaz de permitir o controle automatizado de uma residência, tornando-a por fim “inteligente” (ALVES e MOTA, 2003, p. 27). Outra definição é dada por Messias (2007, p. 12): A domótica é uma tecnologia recente que permite a gestão de todos os recursos habitacionais.

Outro elemento forte dentro do campo da “Domótica” é a Telemática (telecomunicações + informática). Esses dois elementos que, quando utilizados em conjunto, rentabilizam o sistema, simplificando a vida diária das pessoas e satisfazendo as suas necessidades de comunicação, conforto e segurança [...]. Neves (2002, p. 36) classifica a domótica como: A palavra Domótica se refere à ciência e aos elementos desenvolvidos por ela, que proporcionam algum nível de automação dentro da casa, desde um simples temporizador (*timer*) para acender e apagar uma lâmpada em uma determinada hora, até os mais completos sistemas capazes de controlar qualquer elemento elétrico dentro da residência.

A ciência moderna das instalações prediais para edifícios inteligentes é a Domótica. Sua tecnologia está baseada na presença de quatro principais fatores: eficiência energética, segurança, comunicação e conforto. Então, conforme a necessidade de seus usuários, é necessário a utilização de um conjunto de dispositivos, distribuídos na edificação. Tais dispositivos devem ser conectados entre si, sendo eles sensores, atuadores, controladores ou interfaces, para que esse sistema seja classificado como rede domótica. (ABREU, 2013, p. 1). Essa ciência surgiu nos primeiros edifícios nos anos 80, tentando controlar a iluminação, condições climáticas do ambiente, segurança e a interligação desses elementos. Hoje, a pretensão de serviços e otimização continua quase a mesma, porém ao invés de dedicado ao contexto militar ou industrial, é para o doméstico. (MESSIAS, 2007, p.12).

Atualmente existem várias denominações que podem ser aplicadas, que são: “*Home Control*”, “*Connected Home*”, “*Home Automation*”, “*Smart Home*”, automação residencial, entre outras. Símbolo de status e modernidade, essa tecnologia é considerada relativamente moderna e em expansão, proporcionando aos usuários largo conforto, convivência e economia. (Barros, 2010, p. 35).

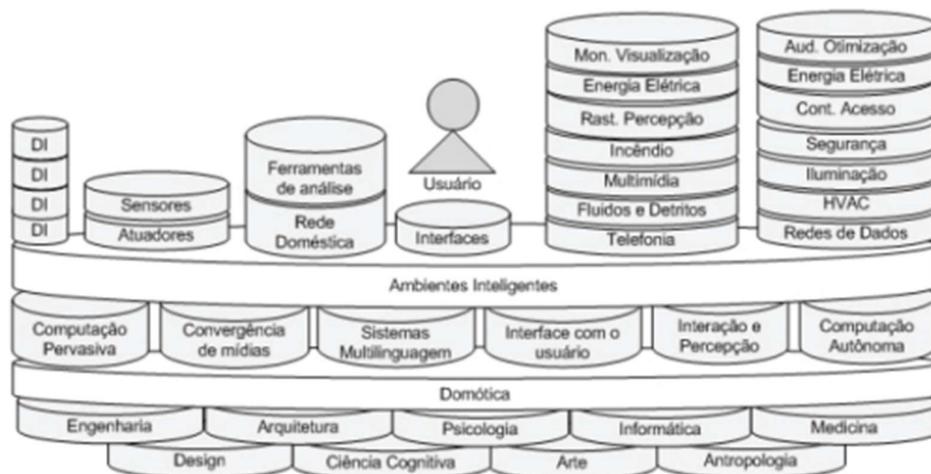
A domótica, por promover a automação de tarefas e aumento de facilidades na vida do usuário, vem se expandindo ano a ano. Houve um aumento no número de empresas especializadas que adentraram o mercado. Essa expansão deve-se em grande parte ao desenvolvimento cada vez maior de novas tecnologias, sobretudo a evolução da computação móvel (ABREU, 2013, p. 4).

Uma boa maneira de começar a implantação do sistema de automatização é um planejamento prévio do empreendimento, das opções viáveis e interessantes para aquele ambiente do edifício, por exemplo. Esse estudo é essencial para evitar aborrecimentos e gastos desnecessários. Outro cenário seria quando não é possível implantar tudo o que se deseja de uma vez, e assim, se faz necessário um novo planejamento para uma futura instalação dos componentes na estrutura. (BOLZANI, 2004, p. 46).

Bolzani (2010, p. 17) ainda disserta sobre o conceito quando diz que: “A proposta de uma arquitetura de *hardware* e *software* tem como finalidade estabelecer critérios e métricas entre fabricantes e consumidores e fomentar o desenvolvimento das várias camadas de serviço que compõem uma residência inteligente: a integração de redes de controle; gerenciamento e análise de sensores e atuadores; interfaces; redes de comunicação; e todos os problemas que envolvem a imersão de pessoas em ambientes computacionalmente ativos. Esse último deflagra uma série de discussões e questões em várias disciplinas quando o comportamento humano é avaliado. Os esforços da Engenharia, Medicina, Ciência da Computação, Inteligência Artificial e Psicologia se somam em uma nova ciência denominada Domótica.”

Na Figura 2, é possível identificar o nível de complexidade e multidisciplinaridade das ciências que compõem a Domótica. Sendo de fácil visualização a divisão entre as disciplinas multidisciplinares na base, conceitos e produtos na fase intermediária e, finalmente no topo, os serviços que são ofertados ao usuário final.

Figura 2 - Domótica, seus componentes e sua relação com outras ciências



Fonte: Bolzani (2010, p. 17)

3.1 APLICAÇÕES

A principal característica de um ambiente inteligente é a capacidade de integrar os sistemas de uma habitação, facilitando a utilização pelos usuários, além de promover conforto, conveniência, segurança e lazer. Ou seja, casa, prédio, edifício ou qualquer ambiente equipado com tecnologia de computação e informação que se antecipa às necessidades do usuário, é um local onde a domótica é aplicada. (Harper, 2003 apud Domingues 2013, p. 22).

Os equipamentos têm como suas características principais serem compactos, sempre otimizados para suas funções específicas, relativamente baratos, sendo confiáveis, robustos e de fácil utilização pelo usuário. Existe uma tendência de miniaturização dos equipamentos para menor gasto de espaço e recursos, sendo assim, há uma necessidade de minimizar os cabamentos e circuitos, facilitando a instalação e manutenção. Porém, o principal complicador é padronizar a comunicação entre os dispositivos, sendo isso chamado de Computação Pervasiva/Ubíqua, também conhecida como “Inteligência Ambiental”, visão na qual os seres humanos estão cercados pela computação e tecnologias de redes por todo o segmento de seu ambiente. Assim, promove-se uma interconexão de dispositivos inteligentes que podem ser integrados em uma rede de dados, oferecendo uma interface amigável de modo que o uso possa ser universalizado, tendo um sistema digital com manutenção e administração que tem a capacidade de entender e armazenar as necessidades peculiares de cada indivíduo. (BOLZANI, 2004, p.25)

Existem dois sistemas domóticos em relação às necessidades habitacionais, cada qual tem suas características específicas: os sistemas de controle doméstico e os sistemas multimídia. Os sistemas de controle doméstico são aqueles encontrados no gerenciamento de dispositivos eletroeletrônicos na habitação, onde os transdutores, aparelhos que transformam o efeito físico em sinal elétrico, atuam como sensores e fornecem informações para os controladores que automaticamente processam os dados e modificam a operação dos atuadores. Como exemplo temos controles de temperatura, iluminação, gerenciamento de energia, segurança, etc. Já os sistemas multimídia gerenciam equipamentos de áudio, vídeo e telecomunicações, onde fazem o controle do envio, processamento e recebimento de informações (DOMINGUES, 2013, p. 39).

3.2 REDE DOMÓTICA

A rede domótica também é conhecida como “*Home Area Networks*” (HAN), que simplificada é um conjunto de dispositivos inteligentes que utilizam um protocolo de comunicação sobre um ou mais meios físicos. Esses dispositivos são classificados como: sensores, atuadores, controladores, interfaces e dispositivos especializados. A diferença entre esses dispositivos está descrita na tabela 1.

Tabela 1 - Dispositivos de uma rede demótica

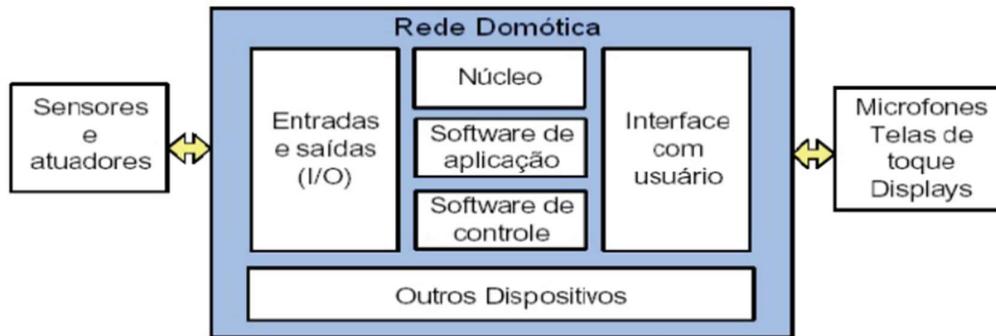
SENSORES	São dispositivos que coletam dados do campo, sejam variáveis utilizadas no controle (temperatura, velocidade, pressão, fugas de água, gás, etc.), seja para coletar dados para histórico e controle (contagem de objetos, medições de tensão e corrente, etc.) estes dispositivos são classificados como dispositivos de entrada , pois a informação entra no sistema e é enviada para o computador a partir deles. São ideais para serem usadas na garagem, cozinha, sala, despensa, hall, corredores, escadas e áreas de serviço, controlando a iluminação caso não haja pessoas presentes, o que gera um potencial de economia de energia de até 60% (Canato, 2007 apud Barros, 2010). Este dispositivo detecta automaticamente a radiação infravermelha, emitida pelo corpo humano, para então entrar em ação.
ATUADORES	São dispositivos de saída , já que a informação sai do sistema para o equipamento físico, para que este realize sua tarefa. Realizam o controle de elementos como eletroválvulas, motores (estores, portas, rega), ligar e desligar ou variar a iluminação ou aquecimento, ventilação e ar-condicionado, sirene de alarme, enfim, o uso é versátil. Há variados tipos magnéticos, hidráulicos, pneumático, elétricos ou de acionamento misto.
CONTROLADORES	Gerem a instalação e recebem a informação dos sensores transmitindo-a aos atuadores.
DISPOSITIVOS ESPECÍFICOS	Elementos necessários ao funcionamento do sistema como modems roteadores que permitem o envio de informação entre os diversos meios de transmissão onde viaja a mensagem.

Fonte: Barros (2010, p. 39)

A título de exemplificação, a Figura 3 mostra a composição de uma Rede Domótica. O funcionamento dos sensores e atuadores é dada de forma primária na rede, os sensores são ativados e enviam a informação ao atuador, que aciona os sistemas ativados (válvulas, motores, sistemas de iluminação, ar, etc.). É fornecido ao usuário informação por meio de microfones,

telas de toque e displays, tendo como intermediário toda a infraestrutura necessária que consiste em entradas e saídas por cabeamento ou rede sem fio, software operacional, cabeamento estruturado, etc.

Figura 3 - Rede Domótica



Fonte: Silva (2007) apud Barros (2010, p. 39)

3.3 REDES ELETRÔNICAS

Com relação ao seu alcance geográfico as redes podem ser classificadas em três principais tipos: LAN, MAN e WAN.

- a) LAN (“*local area network*”) tipo mais comum de rede em edifícios inteligentes pois são de caráter local, ou seja, estão ligados a uma pequena área geográfica. Outro uso comum é em escritórios ou sede de empresas, não dispersas geograficamente. A dimensão dessa rede vai desde unir 3 computadores até centenas de ligações entre computadores utilizadas por milhares de pessoas.
- b) MAN (“*metropolitan area network*”) abrange uma área geográfica de conexão entre computadores maior do que as LANs, a rede tem caráter metropolitano. De forma concisa, uma MAN é a interligação de várias LANs em uma cidade, formando uma rede de maior porte.
- c) WAN (“*wide area network*”) o maior porte e estrutura em telecomunicações, a rede WAN é a maior entre as três citadas. Abrange uma grande área geográfica, geralmente de caráter público por seu porte, mas pode também ser privada e alugada. Duas grandes redes locais separadas por uma grande distância são também consideradas WAN (NEVES, 2002, p.50). A interconexão de WANs é tão abrangente que pode ser extremamente simples a extremamente complexa como centenas de filiais interligadas

por roteamento especial e redes privativas virtuais (VPNs) para minimizar a despesa de envio de dados a longas distâncias. (FEY e GAUER, 2014, p.66)

Existem dois tipos de conexões para esses padrões de rede, que conseguem se estabelecer para a comunicação entre os dispositivos:

- a) Internet: sistema de redes interligadas com escala mundial que tem como principal objetivo facilitar os serviços de comunicação entre os usuários com agências governamentais, privadas, comércio eletrônico, pessoas, etc. Em seu histórico, foi restrita inicialmente para o uso do exército e instituições acadêmicas, porém hoje a realidade é que seu acesso é um Direito Humano (pela ONU) para comunicação expressa, comércio e envio de informações para milhões de usuários.
- b) Intranet: é uma tecnologia baseada na internet porém com acesso restrito a usuários de uma instituição/organização. Utilizando-se de um navegador de rede, a intranet é uma rede interna corporativa para facilitação e segurança da comunicação nas grandes organizações (FEY e GAUER, 2014, p.66).

3.4 TECNOLOGIAS APLICADAS AOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Atualmente existe uma grande gama de possibilidades quando falamos de tecnologias aplicadas aos Edifícios Inteligentes. Porém, há uma vasta demanda para integração da universalização do seu uso, sendo assim, é importante esclarecer que um edifício inteligente pode fazer uso de vários padrões tecnológicos a depender da necessidade e possibilidade apresentada.

3.4.1 Comunicação entre Dispositivos

A infraestrutura de uma rede domótica é composta pelos seguintes fatores: programas (*softwares*), equipamentos pontuais e centrais de comunicação entre o físico e os dispositivos conectados. Os quatro principais padrões de tecnologia das redes são: PLC, BUSLINE, wireless e Cabeamento Estruturado. Os três primeiros citados são utilizados quando estamos tentando implementar as integrações das tecnologias de um edifício inteligente a estruturas já existentes por sua maior facilidade de aplicação. Já o último padrão citado, os Cabeamentos Estruturados, é o mais recomendado no caso da construção da estrutura do edifício juntamente com sua rede de dispositivos conectados, já que não há rede elétrica pré-existente para interferir. Para uma

maior percepção desses padrões, escolhemos os três padrões mais conhecidos para maior detalhamento: BUSLINE, wireless e Cabeamento Estruturado.

- a) Sistema BUSLINE: Com o objetivo de reduzir custos e mão de obra, o sistema BUSLINE se utiliza de uma arquitetura de comunicação que tem como base um barramento composto por um cabo de par trançado de 24 volts, em paralelo aos cabos da rede elétrica, compartilhando a mesma infraestrutura física. Existe ainda a possibilidade de interconexão entre todos os módulos ligados ao barramento, como nos sistemas telefônicos convencionais que também podem ser utilizados no compartilhamento desses sinais de transmissão, principalmente áudio e vídeo. Mesmo que exista uma falta de energia na linha principal, é possível fazer configuração do sistema, o tornando mais confiável (DOMINGUES, 2013, p.41).
- b) Sistema *wireless*: caracterizada por redes sem fio, são baseadas em rádio frequência e sinais infravermelhos. Sua maior desvantagem é a falta de confiabilidade que existe nessas conectividades, já que pode haver quebra de sigilo quando acessada indevidamente. Principais tecnologias: *Wifi*, *Bluetooth*, *Zigbee* e *Z-Wave*. Entre elas, a mais utilizada atualmente em edifícios inteligentes é a rede *wifi*.
- c) Cabeamento Estruturado: a flexibilidade é a principal base para o sistema de cabeamento estruturado que permite a interconexão de computadores, equipamentos eletrônicos e de telecomunicações de um edifício inteligente. Como o sistema permite a mudança de tomadas dos equipamentos, sua maior vantagem é a confiabilidade e baixo custo, quando comparado ao sistema *wireless* (DOMINGUES, 2013, p.46).

As maiores dificuldades encontradas na implementação de edifícios inteligentes são a variedade de protocolos incompatíveis em relação às redes e suas interações com os dispositivos. Outra grande dificuldade é a instalação desses dispositivos, sendo necessário o serviço de uma mão de obra especializada gerando barreiras para o usuário final.

4 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A Automação Residencial é uma tecnologia que permite o controle dos equipamentos de forma prática e eficiente, facilitando o dia a dia através da programação de rotinas e otimização dos recursos do ambiente. Um “*BUILDING AUTOMATION SYSTEMS*” (BAS) pode ser definido como um controlador automático de um ou mais sistemas principais em uma edificação. De modo geral, um BAS serve para integrar os sistemas domóticos em uma edificação (LER, 2006, p. 21).

4.1 AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR-CONDICIONADO (HVAC – HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING)

A implementação do monitoramento e controle do Sistema de Condicionamento de Ar e Ventilação Mecânica como parte do sistema de automação de um *smart building*, objetiva a maior eficiência do uso da energia elétrica, além da melhoria geral das condições de manutenção e operação do sistema. Esse sistema será responsável pelo funcionamento partida/parada e supervisão do funcionamento das temperaturas dos equipamentos.

Os sistemas HVAC acondicionam o clima em um edifício. Em outras palavras, HVAC controla a temperatura ambiente, umidade, fluxo de ar e, sobretudo, a qualidade do ar. Um sistema típico agrega o ar externo, mistura com o ar entrando ou saindo do edifício, filtra o ar e depois o canaliza para um aquecedor ou refrigerador para adquirir a temperatura adequada. Por fim, distribui esse ar uniformemente para todas as partes da construção.

Esse sistema busca conforto envolvendo o controle de temperatura, umidade, velocidade do ar e fontes de radiação interagindo com os ocupantes. Um sistema HVAC bem dimensionado permite manipular essas variáveis através de limites específicos que podem ser estabelecidos pelo usuário. A automação predial pode contribuir para melhorar a gestão do ar-condicionado do prédio, por meio de sensores de temperatura, umidade e outros dispositivos que geram dados de entrada para o sistema e possibilita o controle de saídas. Também atuam no controle proporcional de válvulas, na velocidade de rotação dos ventiladores e na abertura das grelhas de insuflamento, de acordo com a demanda.

Esse sistema é compatível com qualquer fabricante de centrais de água gelada, torres resfriamento, fancoils, fancoletes e split.

Grandes edificações possuem vasta densidade de pessoas, iluminação e outros equipamentos, que acabam gerando mais calor, o que significa que o ar-condicionado ou a recirculação de ar acaba se tornando mais importante que prover calor, dependendo da região climática. Contudo, deve haver um sistema HVAC centralizado em edificações comerciais e institucionais, os diferentes setores de uma grande edificação possuem diferentes necessidades de temperatura, tudo é determinado pela forma como o espaço é utilizado (SINOPOLI, 2010, p. 32). O desenvolvimento de sensores e *softwares* para o controle de funcionamento da climatização permitiu um sistema de aquecimento independente por setores, fazendo o uso de válvulas eletrotérmicas com consumo reduzido. Um dos maiores objetivos da climatização é proporcionar o maior conforto possível. O sistema pode ser controlado pelo utilizador manualmente, por *smartphones* ou por *laptops*, via internet. Pode haver a programação dos horários para ativar ou desativar os equipamentos HVAC para poupar energia o sistema pode proporcionar:

- Otimização em relação ao meio externo;
- Auto adaptação, levando em conta o tempo de resposta dos aparelhos;
- A gestão de ambientes individualizados, cada um com um controle de temperatura;
- Controle à distância da temperatura interna da edificação;
- Adaptação para um nível de menor consumo, quando não houver ocupantes no ambiente;
- Desativação da calefação ou do ar-condicionado se alguma janela estiver aberta.

Os componentes que fazem parte do sistema podem ser bem complexos, consistindo de diversos equipamentos para seu funcionamento. Os principais são: aquecedores, compressores, unidades de tratamento de ar (AHU – *air handling unit*), unidades terminais de ar (ATU – *air terminal units*) e equipamentos de volume variável de ar (VAV – *air volume equipment*). Para um incremento na eficiência do sistema de aquecimento, pode-se recuperar o calor gerado pelo compressor, outro componente do sistema HVAC, ou utilizar versões em menor escala dos tradicionais aquecedores para gerar calor. Os compressores ou condicionadores de ar, utilizam as trocas de calor e um gás ou fluido circulante para refrigerar o ar que passa pela unidade. Estão geralmente localizados em uma área mecânica no térreo ou em uma zona central, quando se trata de um ambiente complexo. As unidades de tratamento de ar (AHU) são responsáveis por prover calor ou frio a diferentes partes de uma edificação, utilizando água gelada para refrigerar o ar ou vapor e água quente para aquecer o ar.

4.2 SISTEMAS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO

A iluminação é uma parte significativa de um projeto arquitetônico, seja ele residencial ou comercial. Além da importância funcional, o efeito da luz pode provocar sensações e estimular ações diferentes em seus usuários. Sendo necessária para fornecer visibilidade aos ocupantes, estética dos ambientes e para segurança. Se estima que a iluminação consuma cerca de 30% a 40% da eletricidade utilizada no edifício. Iluminação desnecessária em um prédio não apenas desperdiça energia, mas também aumenta os custos de utilização. A iluminação pode afetar outros sistemas tecnológicos da construção, por exemplo, de acordo com sua utilização pelo custo de refrigeração dos espaços, onde a iluminação aumenta a temperatura interna (SINOPOLI, 2010, p. 47).

O ponto de partida no controle de iluminação é a setorização, ou seja, a divisão dos pavimentos em zonas e intensidade de iluminação desejada. O controle de iluminação pode ser dividido em duas formas, a digital e a analógica. O método mais utilizada é o digital, onde se divide cada conjunto de luminárias em grupos, de maneira a ligarmos 25, 50, 75 e 100% do setor em função da luminosidade. Este controle tem uma boa eficiência tomando como premissa seu custo. Já o controle analógico é muito mais oneroso inicialmente, em função dos equipamentos necessários para sua implementação como reatores eletrônicos e lâmpadas especiais. Quando da falta de fornecimento de energia elétrica, por parte da concessionária, o sistema de automação deverá comandar o desligamento da iluminação não vinculada aos circuitos de emergência.

Um sistema de controle de iluminação providencia aos habitantes a iluminação adequada de uma maneira eficiente, de acordo com a necessidade. Com isso as funções e estratégias desses sistemas são:

- Agendamento: um sistema de controle deve possuir um agendamento predeterminado onde as luzes são ligadas e desligadas.
- Sensores de ocupação: para espaços onde a ocupação é difícil de estimar (*lobbys* e espaços comuns), as luzes podem ser controladas por sensores de movimento ou ocupação.
- Luz diária: para reduzir a necessidade e o custo de utilizar luz artificial, um sistema de controle pode utilizar o máximo de luz natural quanto possível. A isso se dá o nome de “*Daylight harvesting*” ou “*daylighting*”.

- Fachadas de vidro: desenvolvidas para climas quentes com grande quantidade de radiação solar, funcionando como um filtro, dissipando frequências de luz que produzem calor enquanto minimiza a perda de transmissão de luz.

O sistema de controle de iluminação distribui a energia para as lâmpadas de maneira convencional, porém adiciona um controle digital e inteligência em alguns, senão todos, os dispositivos, controladores sendo o quadro de iluminação, interruptores, sensores de luz, sensores de ocupação, energia de reserva e acessórios. Isso aumenta significativamente as funcionalidades e flexibiliza o sistema, em virtude do controle digital e da inteligência agregada aos componentes.

Uma abordagem do sistema é o uso de controladores inteligentes, esses são distribuídos pela edificação e administram os quadros de distribuição. Como os controladores e o servidor do sistema estão conectados pela rede, as programações são compartilhadas. O controlador humano pode utilizar uma interface móvel no lugar de uma central fixa para programação e controle. Os controladores disponíveis no edifício devem ser concebidos de forma modular para que se permita expansões.

4.3 SISTEMAS DE CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA

Com o advento da tecnologia e evolução de paradigmas computacionais tais como a computação ubíqua e a Internet das Coisas (IoT), espera-se que os edifícios atendam a requisitos cada vez mais complexos. Um deles está relacionado à questão da eficiência energética, atualmente reconhecida como uma meta internacional para promover a sustentabilidade do planeta. Dados do *World Energy Council* (2016) mostram que, mesmo com a utilização crescente de fontes renováveis de energia, as derivadas do petróleo, carvão e gás ainda são as principais fontes para geração de energia. Com o crescente consumo de energia e elevada emissão de gases do efeito estufa (GEE), em que 25% dessa emissão vem da produção de eletricidade, tornou-se indispensável encontrar formas de contribuir com a economia de energia. Prédios e indústrias contribuem diretamente com 27% de emissão direta de GEE e 22% de emissão indireta através da eletricidade, além de serem responsáveis por 34% e 28% do consumo de energia no mundo, respectivamente (World Energy Council 2016, s.p.).

Um sistema de gerenciamento de energia elétrica de um edifício (EPMS – *Electric Power Management System*) monitora a distribuição de energia para uso e qualidade. Um

EPMS é uma ferramenta que permite que um proprietário tenha capacidade de monitorar seu sistema de energia. Através do gerenciamento da ferramenta, permite a supervisão do consumo elétrico em toda a instalação. Também é possível analisar dados históricos para encontrar problemas de energia. Ele fornece informações em tempo real do seu equipamento e ambiente, permitindo avaliar e responder a condições anormais em tempo hábil.

Possuir um sistema EPMS permite ao usuário, identificar e isolar grandes consumidores de eletricidade dentro de suas instalações. Permitindo reduzir ineficiências e desperdícios relacionados ao consumo de energia. Isso é baseado nos dados que o sistema adquire e que pode ajudar na definição, e até mesmo iniciar o planejamento para redução do consumo e custo. O EPMS ajuda os gerentes e engenheiros de instalações a se tornarem um pouco mais proativos em relação a problemas como:

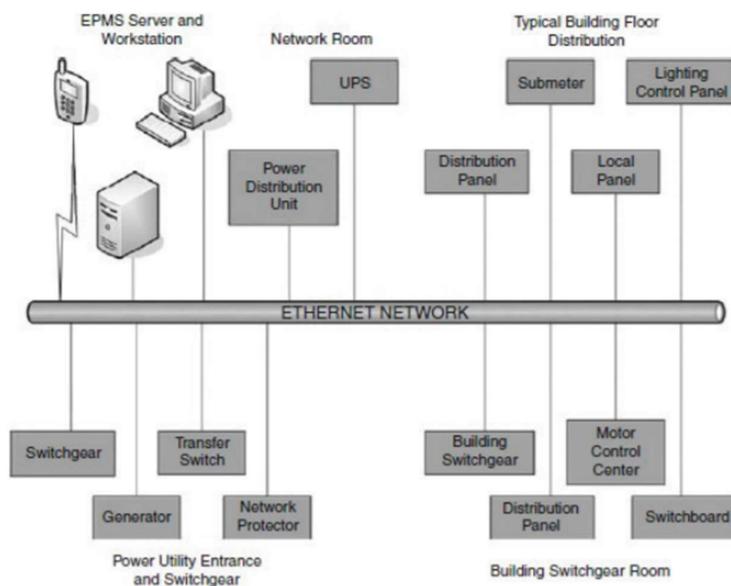
- Alocação de custos: a maioria dos aparelhos eletrônicos atuais é fornecida com recursos de medição integrados ao equipamento. Os mesmos dispositivos de proteção que informam a um disjuntor quando desarmar podem também transmitir os dados de energia a um sistema EPMS.
- Capacidade: um EPMS pode informar se você está excedendo a capacidade de um circuito. Isso é especialmente útil se você planeja conectar uma nova máquina ao sistema elétrico.
- Qualidade de energia: os problemas de qualidade de energia têm um grande impacto em aparelhos eletrônicos sensíveis, que não toleram picos de energia ou grandes variações. Ter um EPMS com medidores avançados (como medidores e analisador de qualidade de energia) permite determinar um risco potencial em termos de equipamentos que ficam off-line devido à baixa qualidade.

Com todas essas qualidades, podemos definir que o EPMS pode gerenciar alerta, calcular tendência de uso, diagnosticar problemas e agendar manutenções, além de fornecer dados sobre o consumo de energia para um usuário específico ou inquilinos (SINOPOLI, 2010, p. 60).

O funcionamento desse sistema, basicamente é através do monitoramento da entrada de energia em uma edificação. Os componentes de um EPMS incluem dispositivos de monitoramento e controle, conforme Figura 4. O EPMS monitora as cargas dos equipamentos, entradas na unidade de monitoramento podem ser transformadores de corrente ou de potência assim como os outros sensores ou dispositivos de monitoramento.

Transformadores de corrente são utilizados para gerar informações de acordo com a corrente elétrica enquanto que os transformadores de potência são usados para informar sobre as medições de voltagem elétrica. Tipicamente as unidades de monitoramento são formadas por microprocessadores, memória *onboard* e podem ser programadas ou já possuem uma pré programação para o monitoramento, testes e diagnóstico. Também podem informar localmente e/ou pela rede EPMS. A unidade de monitoramento deve possuir entradas para a distribuição de componentes específicos como disjuntores.

Figura 4 - EPMS



Fonte: Sinopoli (2010, p. 60)

Os *displays* são responsáveis pelo monitoramento de uma carga elétrica ou equipamento. Podem ser locais, específicos ou do equipamento, podendo também fazer o monitoramento de múltiplas cargas e dispositivos. Alguns *displays* podem ser conectados a múltiplos monitores e são aptos a se comunicarem com uma central de trabalho do operador, via rede de dados padrão. A central de trabalho para se operar a EPMS é composta de um computador pessoal (PC) com um *software* específico. Opera com os dados fornecidos dos equipamentos e *displays*, para análise e tomada de decisão.

Esse sistema deve ser ainda responsável pelo controle de ligamento e desligamento dos quadros de força de energia normal e estabilizada (tomadas de piso) para atuação destes.

4.4 SISTEMAS DE CONTROLE DE ACESSO

A importância de um sistema para controle de acesso é incrementar a segurança da edificação. O sistema de acesso mais básico ou típico opera através de um cartão que o usuário passa em uma máquina leitora para uma porta particular e baseado na informação do cartão e dos dados particulares do portador, porta e acesso, o sistema pode destrancar portas ou impedir o acesso. O uso de sistemas de controle de acesso é aplicado em áreas de uma edificação onde o acesso necessita ser controlado. São instaladas leitoras em locais estratégicos, estando associadas a dispositivos de bloqueio eletromagnéticos ou eletromecânicos, tipo catracas, fechos, fechaduras, cancelas motorizadas, que irão bloquear o acesso de pessoas ou veículos.

Esse sistema consiste em uma rede de processadores locais (coletores - leitoras de cartão) interligados a um processador central, normalmente situado na Central de Automação e Supervisão. Podendo ser associado a um Subsistema de Circuito Fechado de Televisão - CFTV para a verificação de quaisquer eventualidades que possam ocorrer nas áreas restritas, fornecendo mais subsídios a central, para uma tomada de ações corretivas, mesmo remotamente. A integração do sistema de vigilância, com o CFTV, e controle de acesso garante um ambiente mais seguro

4.5 SISTEMAS DE VIGILÂNCIA

Sistemas de vigilância por vídeo, também conhecido como circuito fechado de televisão (CCTV – Closed Circuit Television), é parte essencial em um planejamento de segurança em uma edificação inteligente. O planejamento pode incluir aspectos físicos e operacionais como qualquer outro sistema de segurança assim como integrar o controle de acessos e detecção de intrusos. É importante frisar que a instalação de qualquer sistema de vigilância deve levar em consideração os aspectos legais, assim como manter o direito de privacidade. Por exemplo, não é aconselhável colocar câmeras onde o usuário requer privacidade de seus atos ou não colocar câmeras apenas de aspecto estético apenas para haver a ilusão de que há segurança. Os sistemas de vigilância foram por muitas décadas baseados na tecnologia analógica, a mudança para a tecnologia digital acompanhou a maior parte da indústria eletrônica (SINOPOLI, 2010, p. 84).

4.6 SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO, ALARME E INCÊNDIO

O crescimento urbano ocasiona uma maior aglomeração de pessoas nos mais diversos setores da atividade humana, o próprio crescimento das edificações urbanas é um exemplo disto. Paralelamente ao crescimento, a construção civil mudou bastante de uma maneira geral, uma nova realidade de edificações com estruturas mais leves e flexíveis, onde tijolos e concreto são substituídos por painéis divisórias, fachadas de vidro e outros materiais que dificultam a proteção patrimonial e prevenção do combate a incêndios. Com isso medidas foram adotadas para garantir a segurança patrimonial e a segurança contra incêndios em todos os campos da atividade humana.

Sistemas de alarme e incêndio são os elementos primários para a segurança dos ocupantes em qualquer edifício. Instalados corretamente, esse sistema reduz a probabilidade de vítimas e os danos causados pelo fogo, fumaça, calor e outros fatores. Devido à sua importância, as normas, regulamentos e leis são fundamentais para sua elaboração, sendo necessários projetos bem dimensionados e detalhados. Onde a premissa a ser adotada é que parte das pessoas, presentes na edificação, não estarão em condições de abandonar o prédio por si só. Por exemplo, no caso de hospitais, algumas pessoas, dado seu estado físico, dependerão de equipamentos dos quais não podem desligar-se. Desta forma, torna-se imprescindível a detecção de qualquer princípio de incêndio tão logo este ocorra, aumentando as possibilidades de combatê-lo e preparando, quando necessário, o abandono organizado.

As novas tecnologias empregadas nos Sistemas de Automação da Supervisão Predial, proporcionam sistemas de detecção e alarme de incêndio constituídos de conjuntos de sensores (automáticos e manuais). Estrategicamente dispostos e adequadamente interligados, fornecem informações sobre princípios de incêndios à central para serem processados e retornados aos diversos andares do edifício através de indicações sonoras e/ou visuais. Ainda através do disparo de sistemas automáticos de combate, torna-se possível a integração de todos os subsistemas de instalações de uma edificação nos Sistemas de Automação e Supervisão Prediais. Também é possível detectar princípios de incêndios em sua fase mais inicial, resguardando ao máximo a segurança e minimizando os danos materiais. Através de uma mais rápida identificação e confirmação do local, pelos laços detectores e outros subsistemas, é possível organizar e orientar as melhores rotas de evacuação de forma rápida e eficiente, reduzindo desta forma os possíveis danos pessoais.

4.7 SISTEMAS HIDRÁULICOS

O projeto hidráulico em edifícios inteligentes, é diferente pois a princípio busca-se diminuição de gastos com água adotando sistemas de automatização onde irá ocorrer um monitoramento dos níveis de água dos reservatórios e supervisão e controle para acionamento das bombas de recalque da edificação. Esse sistema deverá ser integrado com o sistema de combate ao incêndio. O funcionamento do sistema de automação ocorrerá das seguintes maneiras:

- Supervisão de Níveis, Consumo e Vazamentos: Busca determinar uma rotina inteligente de controle, que realiza o acionamento das bombas de recalque fora do horário de maior consumo, salvo se o nível de água assumir o nível mínimo determinado (consumo + reserva de incêndio). Sempre será registrado os consumos, de maneira que possibilite a verificação de situações adversas;
- Supervisão e Controle de Bombas: As bombas de recalque dos reservatório irão funcionar de maneira a garantir o máximo aproveitamento das mesmas, bem como o revezamento das bombas, para que possibilitem um aumento de vida útil. Este controle visa detectar falhas no funcionamento das bombas, evitando diversos prejuízos e agendando uma boa rotina de manutenção.

Edificações que estão adotando o conceito “smart”, estão se ligando também ao conceito sustentável. Nesse contexto, é disseminada a prática de reaproveitamento da água da chuva. Para tal, as construções idealizam em seus projetos o aproveitamento pluvial com para irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários e lavagem de pisos. Além dessa utilização, as águas de condensação provenientes de aparelhos de ar-condicionado também podem ser reutilizada para o mesmo fim. Sabe-se que é possível economizar até 25% de água.

Apesar dessa prática demonstrar-se bastante eficaz, o reaproveitamento não deve ser feito de maneira irresponsável pois diversas pesquisas (May, 2004; Jackes et al., 2005; Valle et al., 2005) demonstram que a água de chuva possui poluentes (substâncias tóxicas e bacterianas), que em contato com o corpo humano ou ingeridas, causam diversas doenças. Sugere-se então que as águas pluviais reaproveitadas sejam sempre previamente tratadas, mesmo que não sejam utilizadas para fins potáveis.

4.8 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DO EDIFÍCIO

Eficiência e sustentabilidade se tornaram características altamente valorizadas quando o assunto é a construção e administração de edifícios. Por isso, atualmente há uma grande busca por soluções capazes de otimizar desde atividades simples realizadas na manutenção de edificações, como a limpeza, até tarefas mais complexas, como a redução do consumo de energia. Com base nisso, foi detectado a necessidade de criação de um sistema computadorizado para o gerenciamento dos edifícios, onde fosse possível monitorar e controlar toda a parte mecânica e elétrica do prédio.

Um sistema de gestão visa assegurar um gerenciamento adequado e otimizado dos processos de funcionamento dos subsistemas do edifício. De acordo com as necessidades de conforto e operação dos utilizadores, são minimizados os desperdícios, tais como a energia consumida para o mesmo trabalho útil produzido e os custos associados à exploração e manutenção das instalações.

O sistema de gerenciamento de edifício BMS, vem do inglês Building Management System. Em uma explicação simples, BMS é um sistema computadorizado implantado em edifícios, que serve para monitorar e controlar toda a parte mecânica e elétrica do prédio. Os serviços podem incluir iluminação, aquecimento, ventilação, ar-condicionado, controle de acesso físico, detecção e alarmes contra incêndio e elevadores, entre outros.

O BMS inclui um software, um banco de dados em um servidor e um sistema de sensores inteligentes conectados a uma rede de transmissão de dados. Os sensores espalhados pelo edifício recolhem informações que são enviadas ao BMS, onde são armazenadas em um banco de dados. Se um sensor colhe informações que não combinem com condições pré-definidas, o BMS dispara um alarme. Em um data center (central de dados), por exemplo, um alarme será acionado quando a temperatura do rack de rede atingir um limite inaceitável para a segurança. Dependendo do sistema, o BMS pode ser instalado como um aplicativo isolado ou então ser integrado a outros programas de monitoramento. Nos casos mais avançados, o BMS pode monitorar e gerenciar uma enorme variedade de serviços no prédio, por meio de múltiplas plataformas e protocolos, propiciando ao administrador do edifício uma visão eficiente de todas as operações em andamento.

As plataformas da BMS incluem qualquer sistema de controle baseado em computador que monitore alguns ou todos os sistemas mecânicos e elétricos do edifício, incluindo os domínios de energia e segurança de um prédio. Equipamentos desses domínios podem ser configurados para transmitir e receber dados para essas plataformas. Os algoritmos complexos

que essas plataformas são capazes de realizar constituem a base para edifícios mais inteligentes com dispositivos de IoT totalmente integrados. Através de uma plataforma centralizada, o consumo de energia e os custos operacionais de um edifício podem ser reduzidos, a administração de sistemas de segurança pode ser simplificada, ativos e indivíduos dentro do prédio podem ser rastreados e domínios podem se tornar responsivos e adaptar-se à presença ou ausência de ocupantes.

Estima-se que um sistema BMS pode resultar em uma economia de até 30% no custo da energia elétrica do prédio. Sem dúvida, a eficiência energética é uma das grandes vantagens, uma vez que o sistema permite:

- Análise e monitoramento do consumo de eletricidade;
- Controle da iluminação, ligando e desligando luzes automaticamente;
- Controle do ar-condicionado;
- Ajustar a temperatura do ar-condicionado;
- Criar medidas de economia para áreas desocupadas do edifício.

Além da eficiência energética, a automação predial proporciona economia de recursos hídricos, reduz os custos operacionais e diminui a incidência de falhas humanas na operação dos equipamentos. Pela redução do consumo de energia em um edifício, o Building Management System (BMS) também reduz a emissão de gases nocivos à natureza, o que é fundamental para a preservação do meio ambiente.

Um BMS pode operar de modo integrado ao sistema hidráulico do prédio, reduzindo o uso de água. Com isso busca a eliminação de desperdícios, esse sistema favorece o uso eficiente de recursos, o que também minimiza os impactos sobre o meio ambiente. Também é permitido o levantamento de dados por agências governamentais para a validação do consumo de energia no edifício, garantindo o cumprimento das leis ambientais.

5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: INTEGRAÇÃO DO SISTEMA NATURAL AO ARTIFICIAL

Eficiência energética consiste em alcançar o mesmo resultado em termos de produção, consumindo menos energia. O consumo de energia passou a ser um indicador de atividade e desenvolvimento de um país, porém esta percepção foi extrapolada entre consumo e desenvolvimento a todos os setores industriais e sociais. Assim foi colocado de lado os parâmetros de eficiência no consumo de energia, sendo somente valorados pelos índices de rentabilidade em curto prazo.

Um sistema que valoriza a eficiência energética, exclusivamente, em benefícios a curto prazo, pode conduzir a uma concepção do bem-estar imediato sem que haja medidas para a continuidade do conforto social. Enquanto que ações baseadas em manter os índices de conforto e atividade utilizando técnicas eficientes de geração, transporte e consumo de energia, pode manter e incrementar tanto o conforto da sociedade quanto a produtividade industrial do país, diminuindo o número de megawatts consumidos.

A redução do consumo com fundamentos na eficiência energética permite um maior acesso da população à situação de conforto desejada. Enquanto que a redução dos custos de produção aumentaria a competitividade da indústria, transformando em um fator dinamizador da economia de um país, razão pela qual a área das edificações tem um potencial enorme no campo da eficiência energética. (FERRER e GARRIDO, 2013, p. 2). Em virtude dessa possibilidade de minimização de custo de operação, esse tema de estudo tem ganhado cada vez mais atenção no âmbito de planejamento das edificações.

Em décadas passadas, essa preocupação não existia, pois o custo de combustível era acessível. Em virtude da afirmação anterior, a maioria das edificações desperdiçaram oportunidades de economizar energia e reduzir custos. Onde os prédios abordavam somente os carácter estéticos, assumindo que a climatização seria atendida pelos sistemas convencionais. Observa-se ainda que o consumo energético na construção civil ocorre desde a etapa pré-operacional pela extração e fabricação de materiais, transporte e construção do edifício, como também durante a ocupação e a operação de elevadores, bombas, equipamentos de automação, e de forma mais intensiva em sistemas de iluminação e condicionamento térmico ambiental (Baltar, Kaehler e Pereira, 2006).

Compreende-se por eficiência energética em um prédio, a adequação da construção ao entorno para reduzir sua demanda energética. Buscando a utilização da energia solar ou fontes complementares para suprir a demanda energética da construção com relação ao aquecimento,

refrigeração e iluminação. A finalidade de reduzir o consumo de energia de é a diminuição nas emissões de CO₂ e outros agentes de poluição atmosférica.

Segundo (FERRER e GARRIDO, 2013,p. 2), os objetivos que devem ser atingidos com a eficiência energética são:

- Propiciar condições adequadas para conseguir edifícios mais eficientes do ponto de vista energético tanto em novas obras, quanto em já existentes, considerando o clima ao redor sem ser alheio a arquitetura do edifício;
- Favorecer a utilização dos recursos naturais renováveis para o condicionamento dos edifícios, também conhecido como uso de técnicas naturais de condicionamento, considerando os componentes, as técnicas construtivas e a localização do edifício;
- Integrar os sistemas solares ativos de aquecimento térmico ou de produção de eletricidade como outro componente do edifício.

Para obter sucesso nesses objetivos, se faz necessário o uso de técnicas arquitetônicas mais favoráveis ao clima na localidade da edificação, diferentes isolamentos, fachadas e distribuição dos espaços. A utilização de energia solar passiva através de uma arquitetura coerente, damos o nome de Arquitetura Bioclimática.

Esta arquitetura, procura utilizar do sol de forma ativa, proporcionando uma integração dos sistemas de energia solar e de aquecimento de fluidos. Procura-se também a produzir eletricidade, usando coletores solares térmicos e módulos fotovoltaicos como elementos que compõem a edificação. Toda esta integração deve ser considerada já no início de projeto, já que o desenvolvimento e difusão da energia solar ativa nos países ditos industrializado passam por sua integração nos edifícios.

Atualmente existe uma grande preocupação social com a economia energética e com o meio ambiente, refletindo o crescimento do setor de energia solar. Porém, um projeto energeticamente consciente passa pelo aproveitamento dos recursos naturais do lugar, dessa forma se faz necessário desenvolver e fortalecer as condições adequadas para o aproveitamento destes. Em consequência o planejamento é uma condição fundamental, para um melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Para conseguir atingir o conceito de eficiência energética, sem que se reduza os níveis de conforto térmico exigido pelos indivíduos que os ocupam. A Arquitetura Bioclimática é um conceito definido a partir da otimização entre o uso energético com o meio ambiente. Busca-se

uma arquitetura plana e lisa, proporcionando ao clima, a principal adoção do desenho arquitetônico.

Esse conceito então pretende-se tomar como base a construção de edifícios de modo que, com um consumo mínimo de energia, consiga manter as condições de conforto requeridas pelo usuário. São considerados algumas técnicas de projeto que aproveitem de forma ideal às condições ambientais do meio ambiente que a construção foi inserida (energia solar, temperatura e direção dos ventos).

Com o estudo de conceitos ligados ao conforto térmico e economia de energia, tornou-se possível a obtenção de edifícios com grande economia de energia. Mesmo com a ausência da instalação de sistemas de aquecimento ou refrigeração, foram apenas utilizados os materiais convencionais de construção. O sucesso dessa técnica só foi possível, com a permissão da passagem de vento, como objeto de controle da temperatura na edificação. Porém na maioria das vezes, nos edifícios convencionais e dependendo da climatologia exterior, não se conseguem temperaturas interiores dentro dos níveis de conforto aceitos, devido à sua grande variação.

5.1 SISTEMAS NATURAIS

Sistemas naturais são aqueles que têm como objetivo maximizar os elementos e condições naturais externas como temperatura, radiação solar e umidade do ar para uso interno do edifício.

5.1.1 Condições Ambientais Locais

O início da conceituação de um smart building se inicia com o projeto arquitetônico. Na concepção do projeto é necessário considerar o local e a suas envolventes, a localização, orientação, forma e desenho das estruturas. Um bom projeto de edificação inteligente deve responder simultaneamente à eficiência energética e às necessidades de conforto do usuários, seja ele visual e térmico. O estudo do clima local, comportamento dos ventos e da incidência de radiação solar são variáveis que variam de acordo com a orientação do edifício, seu estudo é de extrema importância, devendo estes serem considerados para obtenção de um sucesso no projeto arquitetônico.

Com isso a arquitetura de um edifício deve abranger todos os aspectos visando a integração de iluminação, ventilação natural, além da utilização de materiais e sistemas construtivos adequados.

Um edifício inteligente deve ser integrado no meio ambiente no qual está inserido, tanto no seu interior como no exterior para produzir assim um menor impacto, tirando partido de todos os sistemas naturais que possam existir (refrigeração passiva, ventilação e iluminação natural), sendo estes completados por eficientes sistemas eletrônicos e eletromecânicos que vulgarmente designamos por sistemas de Domótica.

Toda elaboração de um projeto de edificações, desde a fase do estudo da concepção até o seu uso, deve ser previsto os efeitos do clima. Sempre buscando a eficiência energética e o conforto térmico. Se torna necessário o conhecimento do clima e do local, obrigando o projetista a produzir um estudo que forneça informações básicas à montagem do programa de necessidades.

Torna-se de extrema importância o conhecimento das diferenças conceituais entre tempo e clima. Tempo é a variação diária das condições atmosféricas, enquanto que Clima é a condição média do tempo em uma dada região baseada em medições de longos períodos de tempo (30 anos ou mais). O projeto arquitetônico deve considerar o clima local e suas variáveis, que se alteram ao longo do ano devido a elementos de controle, tais como: altitude, barreiras montanhosas e correntes oceânicas. Os fatores climáticos atuam de forma intrínseca na natureza e a ação simultânea das variáveis climáticas exercerá influência no conforto do espaço construído. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 71).

Para a melhor utilização dos fatores climáticos na elaboração de um projeto arquitetônico, vamos apresentar os conceitos de radiação solar, umidade do ar e temperatura. Permitindo obtermos vantagens ou ao menos evitar o efeito das variáveis no projeto, de forma a produzir um ambiente com as condições ideais aos usuários.

a) Radiação Solar:

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta, resultando fonte de calor e luz. O sol, é um elemento de grande importância para o estudo da eficiência energética, pois permite um aproveitamento da luz solar no interior da edificação. Geralmente adota-se luz ou calor como prioridade em um projeto, deixando o segundo para ser controlado com sistemas artificiais.

Iremos definir o que chamamos de radiação direta e difusa. Pois a partir dessas conceituações permitiremos uma utilização desse conceito para o aproveitamento da radiação solar como forma de auxílio na adoção do projeto, buscando uma melhor eficiência energética.

A parcela que atinge diretamente a terra é chamada de radiação direta e sua intensidade depende da altura solar e do ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora. Essa é a que mais influencia os ganhos térmicos de uma edificação além de ser a fonte de luz mais intensa. Uma parte da radiação global incidente na atmosfera sofre um espelhamento, sendo essa parte denominada radiação difusa. Essa é proporcionalmente maior conforme mais nublado for o céu. Nestes casos a parcela direta da radiação solar se reduz bastante e as fachadas de uma edificação tenderão a receber a mesma quantidade de radiação difusa. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 73).

A radiação solar é a principal fonte de luz natural. Uma parcela da luz que penetra em um edifício, principalmente a direta, é absorvida e convertida em calor. Quando uma superfície refletora é iluminada por uma fonte de luz primária como a luz solar ou a luz do céu, esta é uma fonte indireta de luz.

Muitos projetistas preferem excluir completamente a luz direta do sol no interior da construção. Devido à sua importância como aquecimento solar passivo, a radiação solar direta é muitas vezes considerada indesejável para a iluminação por conta de sua radiação térmica, o que é uma concepção errada do assunto. A eficácia da luminosa na luz natural direta é maior que a maioria das alternativas de luz artificial. A luz natural direta introduz menor quantidade de calor por lúmen que a maioria das lâmpadas, sendo a luz natural uma estratégia atrativa para diminuir a carga de resfriamento necessária em edifícios.

b) Temperatura:

Temperatura é hoje uma das grandezas mais medida e controlada em todo o mundo, sendo reconhecida como a quantidade de calor que existe no ambiente. Encontrando-se de uma forma desigual na superfície da Terra. A variação da temperatura na superfície terrestre resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do sol de local para local.

Um conceito adotado para manter a temperatura interior nas edificações mais amenas é inércia térmica. Estando relacionado com a capacidade da transferência mais gradual de temperatura. Por exemplo, o solo se mantém em temperaturas mais amenas que o ar exterior, e pelo conceito de inércia térmica a terra ganha ou perde calor lentamente se submetida a temperaturas respectivamente mais altas ou baixas. Com isso o calor armazenado no solo pode

ser útil onde as noites são frias e os dias quentes, se a edificação for integrada à terra permite uma absorção do calor nos horários mais frios do dia.

A partir da mudança da velocidade dos ventos no ambiente, proporciona na edificação um ganho ou perda térmica. Com isso os projetistas costumam utilizar a rosas dos ventos, pois conhecendo a direção dos fluxos de ar permite o posicionamento das aberturas, de modo a conseguir aproveitar o vento fresco em períodos quentes e evitar o vento forte em períodos frios. A presença de vegetação, outras edificações e obstáculos podem alterar as condições de ventos do local, assim como se pode utilizar o perfil topográfico de um terreno para canalizar os ventos, desviando-os ou trazendo para a edificação. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 78)

c) Umidade do Ar:

A umidade do ar ou atmosférica é a quantidade de água existente no ar na forma de vapor. Ela resulta da evaporação de fontes de água e da evapotranspiração dos vegetais. É um elemento atmosférico que exerce influências sobre a temperatura, chuva e sensação térmica.

Em locais com alta umidade, a transmissão da radiação solar é reduzida já que o vapor de água e as nuvens absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte de volta ao espaço. Em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites frias; em locais úmidos, as temperaturas extremas tendem a ser atenuadas. Em altas umidades relativas temos mais dificuldades em evaporar o suor, aumentando a sensação de desconforto térmico.

A umidade pode ser modificada nas proximidades da edificação, com a presença de água ou vegetação. As massas de água (lagos, fontes ou espelhos d'água) umidifica o ar, sendo utilizado para refrescar os prédios. Já o vegetal umedece o ar do seu entorno por meio da evapotranspiração. Uma superfície gramada, por exemplo, reflete menor quantidade de radiação que uma superfície seca, seja em parte por absorver calor seja pela sua evapotranspiração.

5.1.2 Elementos de Projeto no Sistema Natural

Possuindo a ciência nos conceitos previamente discutidos com relação ao conforto e desempenho energético em edifícios. E após estudado as condições ambientais a que a edificação será instalada, deve-se então entender os efeitos desses fatores na eficiência energética.

Para início da elaboração de um projeto de um edifício inteligente, o primeiro passo será a definição da destinação do empreendimento. Existem diferenças significativas no consumo de energia do setor residencial para o setor comercial. Isso ocorre devido a densidade de pessoas ocupando o mesmo espaço, e o fluxo de pessoas que entram e saem destes ambientes podem ser contínuo. Em virtude desse aspecto mais energia é consumido para aclimação e iluminação.

Após definido a utilização do edifício, deve existir um estudo acerca das variáveis climáticas a qual o prédio se encontra. Para que assim seja possível tirar proveito ou evitar os efeitos dessas variáveis, de forma a produzir um ambiente com as condições determinadas aos usuários. Existem diversas formas para aproveitar as condições climáticas em prol da eficiência energética e ainda atendendo ao conforto dos usuários.

Sendo assim o estudo da bioclimatologia, estudo do clima (climatologia) às relações com os seres vivos, é imprescindível para um sucesso do projeto. Pois com o conhecimento dos conceitos básicos que relacionam clima e conforto, compreende-se a importância da bioclimatologia aplicada aos edifícios inteligentes. O importante é saber integrar e melhorar a eficiência dos sistemas, naturais e artificiais, traçando uma relação de custo/benefício em cada solução. Ressaltando que a integração entre sistemas naturais e artificiais é encorajada, pois além da economia de energia, propicia ambientes mais agradáveis. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 260).

O primeiro passo na elaboração do projeto é identificar nas edificações, onde é o maior gasto de energia e estudar quais são as possibilidades que podem ser concebidas. De uma maneira geral, para economizar energia, as soluções devem envolver uma redução no consumo de energia dos sistemas de climatização, iluminação e aquecimento. Vamos tomar como exemplo o setor comercial, onde as edificações podem funcionar durante 24 horas, dependendo da função a que é destinada a construção. Em alguns casos a iluminação com boa qualidade e quantidade é imprescindível, como em escritórios de desenho ou de consertos delicados. Também existem locais onde a iluminação deve ser reduzida ou até evitada em boa parte do tempo, como em boates e cinemas. Já em relação ao conforto térmico, para alguns ambientes sua necessidade é secundária (alguns tipos de depósitos, prédios de estacionamentos) e em alguns casos é o principal fator do ambiente (shopping centers, galerias comerciais, etc.), todas essas diversidades indica a importância dos estudos sobre a o tipo de apropriação do edifícios e consumo de energia de cada sistema.

A palavra integração tem origem no termo latim *integratio*. Trata-se da ação e efeito de integrar ou integrar-se (constituir um todo, completar um todo com as partes que faltavam ou fazer com que alguém ou algo passe a pertencer a um todo).

O conceito de integração entre os sistemas naturais e artificiais consiste em saber aproveitar a fonte natural em prol da eficiência energética. Baseando-se na utilização de técnicas de controle da fonte natural. Essas ações para o controle das variáveis naturais, consiste na tomada de ações de controle, por meio de sistemas artificiais. A utilização de sistemas de controle, permitindo o acionamento independente das lâmpadas, tais como sensores de presença evita o gasto excessivo de energia elétrica. Segundo Marcos Barros “a eficiência energética de sistemas de iluminação de uma edificação está diretamente relacionada a duas variáveis: uso adequado da luz natural e luz artificial (sistemas de iluminação artificial eficientes). Sistemas automáticos de controle da iluminação artificial em resposta à luz natural fazem a integração dos sistemas natural e artificial garantindo maior eficiência energética ao sistema de iluminação”.

Com base no conceito acima vamos exemplificar técnicas para a utilização otimizada dos sistemas naturais. Vamos citar abaixo algumas técnicas para o uso promissor das variáveis temperatura, ventilação e radiação, que irão otimizar a utilização dos sistemas artificiais.

5.1.2.1 Ventilação

As técnicas que podem ser aplicadas para otimização da ventilação natural são as seguintes:

- **Orientação:** maximizar a exposição da edificação ao fluxo de ar, orientando-o corretamente e empregando recursos aplicáveis à sua forma. O estudo da forma e da orientação também pode explorar a iluminação natural e favorecer ganhos solares de calor.
- **Projetar espaços fluidos:** os espaços interiores fluidos permitem a circulação de ar entre os diversos ambientes internos e entre o exterior. Podem ser utilizados diversos dispositivos para permitir a ventilação natural e ao mesmo tempo manter a privacidade dos interiores, como por exemplo venezianas ou elementos vazados.
- **Ventilação vertical:** o ar quente por ser menos denso, tende a se acumular nas partes mais elevadas do interior de um determinado espaço. A retirada do ar quente pode criar

um fluxo de ar ascendente gerado por aberturas em diferentes níveis. Isto pode ser feito por meio de aberturas no telhado e exaustores.

5.1.2.2 Temperatura

Consiste na retirada de calor do ar pela evaporação de água ou evapotranspiração das plantas. As técnicas de resfriamento evaporativo que podem ser utilizadas para reduzir a temperatura do ar são as seguintes:

- Construir áreas gramadas e arborizadas: uma superfície com cobertura vegetal exposta ao sol, consome parte do calor para realizar a fotossíntese. Outra parte é utilizada para evaporar a água (evapotranspiração das plantas). Isso resulta na criação de um microclima mais ameno que refresca os espaços interiores da edificação;

- Resfriamento evaporativo das superfícies edificadas: esta técnica é utilizada para diminuir a temperatura das superfícies de uma edificação. Coberturas porosas absorvem a água da chuva e do sereno noturno, sendo evaporadas posteriormente com a incidência do sol, desse modo a telha perde calor, o que reduz os ganhos térmicos por condução e a temperatura radiante. O incremento desta técnica pode ser obtido com o umedecimento periódico do telhado nos dias mais quentes, através de tubulações perfuradas colocadas próximas à cumeeira. Uma alternativa é molhar as áreas pavimentadas com este tipo de tubulação, outra medida é cobrir as paredes externas da edificação com vegetação, já que a temperatura é reduzida através da evapotranspiração e sombreamento da radiação solar. Em regiões com climas bem delimitados, a aplicação de vegetação com folhas caducas implica em proteção no verão e ganhos solares no inverno;

- Resfriamento evaporativo indireto: a aplicação desta técnica consiste em soluções arquitetônicas como a instalação de um jardim ou tanque de água sobre o telhado. A incidência do sol provoca a evaporação da água ou a evapotranspiração do vegetal, retirando o calor da cobertura. Dessa forma a superfície do telhado é resfriado e consequentemente há a diminuição da temperatura no ambiente interno;

- Umidificação: em regiões que possuem a umidade relativa do ar muito baixa (inferior a 20%), são passíveis de causar desconforto (mucosas ressecadas e princípios de desidratação, etc.). a solução adotada é umidificar o ar através da evaporação da água por meio

de fontes ou espelhos d'água próximos à construção de forma que se possa criar um microclima no entorno.

5.1.2.3 Radiação Solar

As técnicas para se obter o aquecimento solar passivo são as seguintes:

- Ganho direto: esta técnica consiste em permitir o acesso da radiação solar diretamente ao interior, por meio de aberturas laterais (janelas e paredes transparentes) ou zenitais (claraboias e domos). Os elementos transparentes geram um “efeito estufa” que aquece os ambientes. Um exemplo de aplicação desta técnica são os solários.

- Ganho indireto: uma das técnicas para se obter um ganho indireto de aquecimento, é construir jardins de inverno, que captam a radiação solar e a distribui indiretamente aos ambientes. Outra opção é construir paredes de acumulação, que são constituídas de materiais de elevada inércia térmica nas orientações mais expostas à insolação, acumulando o calor e distribuindo ao ambiente por radiação de onda larga e convecção. A colocação de vidro evita que a parede perca calor por convecção e radiação para o exterior. Conhecida por parede trombe, esta técnica consiste em criar uma convecção induzida pelo aquecimento do ar no espaço entre o vidro e a parede. O ar quente tende a subir, sugando mais ar fresco pela abertura inferior do sistema.

6 ELEMENTOS DE OTIMIZAÇÃO CONSTRUTIVA: TÉCNICAS DA ATUALIDADE

A evolução da construção civil caminha em direção a racionalidade, procurando cada vez mais utilizar sistemas construtivos modulados, visando a redução do tempo de execução das edificações.

Em virtude da concepção de mudanças futuras decorrentes de reformas do espaço de salas internas de prédio comercial e públicos, busca-se a aplicação de novas tecnologias na construção civil que permita essa dinamicidade. Com isso o conceito de modulação vem sendo implantado em salas comerciais, pois permite que haja mudanças sem necessariamente haver uma reforma. Conforme definição de Camacho (2001), “Sistema construtivo: um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo.” Com isso essa definição do tipo de sistema construtivo deve ser definida ainda na fase de projeto, pois a definição do mesmo irá impactar no custo, prazo, projetos e partes envolvidas.

Nos últimos anos, o Brasil tem sido testemunha de acirramento da concorrência setorial, com crescentes exigências de melhor relação custo-benefício dos produtos. Para fazer frente a este ambiente competitivo, espera-se em curto ou médio prazo, um desenvolvimento tecnológico que contemple a criação e o aperfeiçoamento de materiais e componentes, e também procedimentos operacionais e organizacionais (projeto, planejamento, administração e controle de operações construtivas) que proporcionem aos edifícios ou a suas partes, padrões de qualidade, de custo ou de desempenho superiores.

6.1 GESSO ACARTONADO (DRYWALL)

O sistema construtivo de vedação de paredes internas em gesso acartonado nos prédios comerciais e residenciais evidencia cada dia mais o mercado da construção civil, tornando o ramo imobiliário mais competitivo e exigente. A utilização desse sistema, ocasiona uma redução de resíduos, resultando em uma obra limpa. Além de permitir rapidez na execução, facilidade de manutenção, alívio de carga, redução de consumo de material, menor consumo de mão de obra e, conseqüentemente, redução de custos. Em contrapartida, não poderá ser utilizado como estrutura e nem aplicado em fachadas.

Esse sistema consiste em placas de gesso é feita de gesso endurecido revestido dos dois lados por papel cartão. As chapas específicas são produzidas, por processo de laminação

contínua de uma mistura de gesso, água e aditivo prensada entre duas lâminas de cartão (Kraft).

O tipo de placa irá ser definido para o local de aplicação, atualmente existem três tipos:

- ST (Standard) – para uso geral em áreas secas;
- RU (Resistente a umidade) – contém hidrofugantes em sua fórmula e é indicada para uso em áreas sujeitas a umidade por tempo limitado e de forma intermitente;
- RF (Resistente ao Fogo) – é indicada para as áreas secas nas quais se exija um desempenho superior frente ao fogo.

A sustentação da parede é decorrente das estruturas metálicas que encontra-se no interior das parede, essas são fabricadas em aço galvanizado. A grande vantagem desse tipo de parede, é que os sistemas metálicos permitem a passagem dos sistemas de instalações das redes hidráulica, elétrica e sanitária, nos vãos entre chapas de gesso acartonado.

6.2 FORRO MODULAR

Os forros modulares são constituídos de placas levemente apoiadas sobre estruturas com perfis “T” invertidos clicados, formando módulos de 1250x625mm ou 625x625mm, suspenso por suportes reguladores e interligadas por tirantes em aço galvanizado até o elemento de suporte (laje, estrutura metálica ou de madeira). São estruturas perfeita para áreas que necessitam de facilidade de acesso para manutenção periódica, pois por inúmeras vezes acima do forro são necessários inspeções periódicas, para eventuais manutenção em parte elétrica, ar condicionado, caixas de som, entre outras. Esse sistema de forro permite a abertura da placa e sua retirada total para trabalho acima do nível do forro.

Além da facilidade de manutenção os forros modulares proporciona melhor redução de ruídos e absorção de sons indesejáveis, além de reduzir também a reflexão de luz e ser capaz de melhorar os espaços sem comprometer diretamente o estilo arquitetônico do local. É também um forro que atende os padrões anti-incêndio e evita a propagação da chama e desenvolvimento de fumaça tóxica.

Os forro modulares são mais econômicos quando utilizado com placas de: lã de vidro, fibra mineral ou lã de rocha os mesmos tem função térmica, tornando uma estabilidade na temperatura do ambiente proporcionando um consumo menor de energia elétrica possibilitando a diminuição do uso de ar condicionado.

6.3 PISO ELEVADO

Uma das tecnologias que têm elevado potencial de permitir avanços tecnológicos, pelo ganho de eficiência, pelo incremento do desempenho, pela qualidade no processo de produção e que auxiliaria as empresas construtoras a enfrentarem o acirrado mercado é a tecnologia construtiva de piso elevado para áreas internas de edifícios, como alternativa à produção tradicional do subsistema de vedação horizontal com piso aderido. Esta tecnologia, objeto da presente pesquisa, coloca-se como um elemento facilitador de manutenções programadas sob a camada de piso, já que permite acesso às instalações dispostas no espaço de entrepiso e acesso à própria impermeabilização, racionalizando estas práticas e tendo, como consequência, a redução do custo global da edificação.

Esse sistema é bastante utilizado em áreas internas de empreendimentos corporativos, laboratórios, hospitais e centros de tecnologia, pela sua praticidade de acesso, manutenção e ampliação de toda infraestrutura e cabeamento instalados sob o mesmo permitindo a fácil alteração do layout. A grande vantagem do sistema de piso elevado em relação ao sistema convencional é a não necessidade do uso de argamassas de assentamento e rejuntamento para instalação das peças, portanto a utilização do sistema de piso elevado encurta o prazo de finalização da obra.

Outra vantagem desse método é que ele contribui para o isolamento acústico, impedindo a propagação de sons de passos ao pavimento inferior e protegendo a estrutura contra a ação do fogo. Com esta solução torna-se possível a execução de reformas, sem a necessidade do uso de novos materiais, porque se reaproveita o piso existente. Em contrapartida, a edificação deve apresentar requisitos mínimos para permitir a instalação das peças como altura mínima entre pavimentos (pé direito) e estrutura capaz de resistir aos esforços devido ao peso do conjunto.

O uso dessa tecnologia pode ser aplicado para áreas externas, onde sua principal destinação é à captação e retenção de águas pluviais. Sendo instalada em laje impermeabilizada sobre pedestais, o vão inferior funciona como um reservatório. O piso drena áreas de circulação, evitando o acúmulo de água e a formação de poças, e pode destinar seu volume à alimentação de jardins suspensos, promovendo redução do consumo e uso adequado da água potável. Contudo, essa solução ainda apresenta um custo alto em virtude do produto e mão de obra especializado, sendo necessário a avaliação do seu custo-benefício.

6.4 FACHADAS INTELIGENTES

A proteção do ambiente externo com o interno da edificação, se dá por meio da fachada. Tornando-se a parte mais expressiva do prédio, pois é responsável pela separação e filtragem entre o exterior e interior, tem como finalidade a proteção dos habitantes da intensidade dos agentes externos e criando um ambiente estável e confortável. É nela, também, que acontece o resultado da primeira troca térmica, isso influencia diretamente na eficiência energética do edifício.

Incorporar inteligência a seu sistema é uma forma de tentar otimizar o conforto interno e de minimizar os gastos energéticos da edificação, resultando em sistemas conhecidos como fachadas inteligentes. Funciona através da otimização das diferentes funções que são influenciadas através da passagem de energia do ambiente externo para o interno. Alguns exemplos dessas funções são: maximizar a luz natural, proteger da radiação solar, controle da ventilação, absorver calor, gerar eletricidade, entre outros.

As fachadas inteligentes devem funcionar em conjunto com o meio ambiente, aproveitando plenamente as influências positivas encontradas na natureza. Essas fachadas podem integrar diferentes tipos de tecnologias em sistemas construtivos: fachada dupla, fachada dupla ventilada, fachada de vidro duplo, fachada solar, fachada cinética, dentre outros.

7 EXEMPLOS DE EDIFÍCIOS INTELIGENTES

O conceito e a aplicação de edifícios inteligentes já são uma realidade, o presente capítulo tem como objetivo evidenciar tal presente com exemplos de alguns dos edifícios inteligentes já existentes no Brasil e no Mundo.

7.1 NO MUNDO

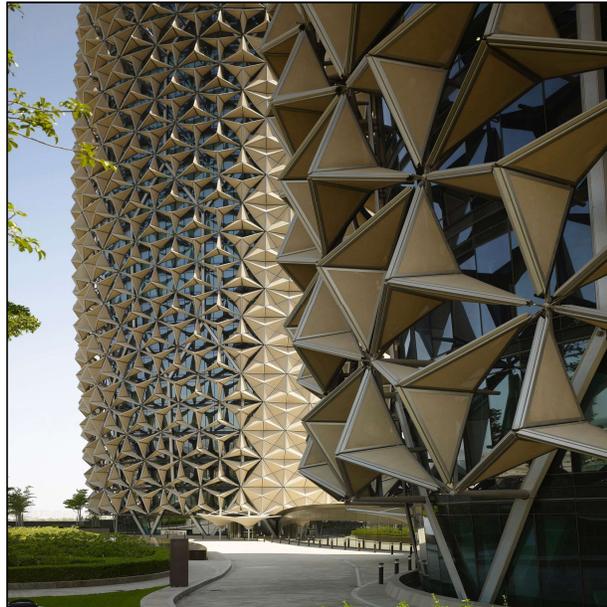
Dois dos mais famosos edifícios inteligentes do mundo serão tratados em detalhe, com algumas questões sobre técnicas e dispositivos utilizados em cada um.

7.1.1 Edifício Al-Bahr, Abu Dhabi (Emirados Árabes Unidos)

Projetado pelo escritório Aedas Architects, as impressionantes torres de Al-Bahr, concluídas em 2012, são mundialmente conhecidas por seu sistema dinâmico e inovador de sombreamento interno. Essa tecnologia faz com que o edifício tenha a capacidade de redução da insolação em 50%. A inspiração para essa fachada dinâmica dessas torres de 25 andares foi a partir das tradicionais treliças árabes, chamadas Mashrabiya (Architizer.com, 2014, s.p.).

O que se tem mais comumente, no oriente médio, são prédios desenvolvidos para lidar com o ganho solar, já que se trata de uma região quente (com temperaturas máximas de até quarenta e nove graus Celsius) e árida: o grande diferencial das torres é o uso da tecnologia para tal função combinado com o seu design arrojado. No projeto das torres, o ponto chave foi considerar o renovado interesse em eficiência energética em Abu Dhabi, além do desejo de se utilizar tecnologia moderna para a realização do empreendimento. O formato chegou a sua proposta final, circular, depois de muitos refinamentos e ajustes para reduzir a área de superfície e obter-se essa eficiência. Com auxílio de parâmetros e algoritmos computadorizados foi possível chegar no design, como mostrado nas figuras 5, 6, 7 e 8, desejado pelos arquitetos (CTBHU, 2013, s.p.).

Figura 5 - Detalhe dos painéis vistos de fora



Fonte: Architizer (2014, s.p.)

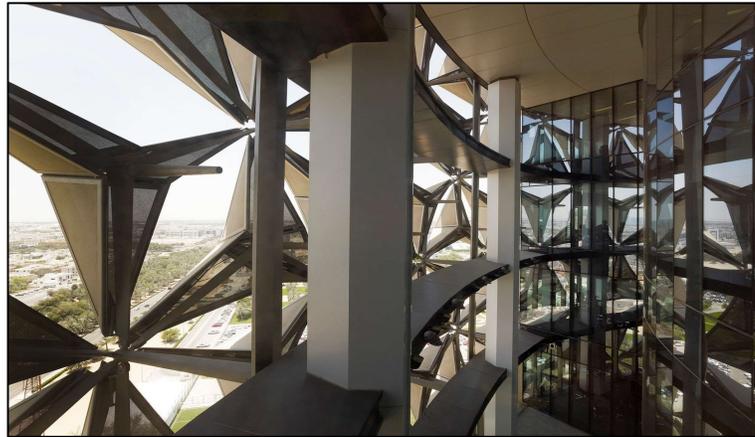
Os componentes móveis da fachada são compostos por painéis semitransparentes de PTFE (politetrafluoretileno) combinados em um esquema semelhante ao de guarda-chuvas. Os mais de mil painéis se abrem ou fecham de acordo com a incidência de raios solares sobre eles. O objetivo desse movimento é bloquear os raios solares diretos responsáveis pelo calor e permitir a penetração dos raios indiretos responsáveis pela iluminação natural. Dessa maneira é possível otimizar o uso da radiação solar, e aumentar o conforto térmico, reduzindo o gasto de energia com luz artificial (CTBHU, 2013, s.p.). Além da prioridade pelo uso de vidro, para permitir a entrada de luminosidade natural, os telhados foram equipados com placas fotovoltaicas, sendo capazes de gerar aproximadamente 5% de energia necessária para abastecer toda a estrutura. Já os jardins de inverno internos são uma forma auxiliar de aliviar os efeitos da exposição solar, eles estão localizados ao longo da fachada sul do edifício. Tais jardins ajudam também no conforto para os usuários deixando o ambiente mais leve e agradável, quando utilizado para reuniões e pausas.

Figura 6 – a) Painéis fechados na Al-Bahr b) Painéis abertos na Al-Bahr



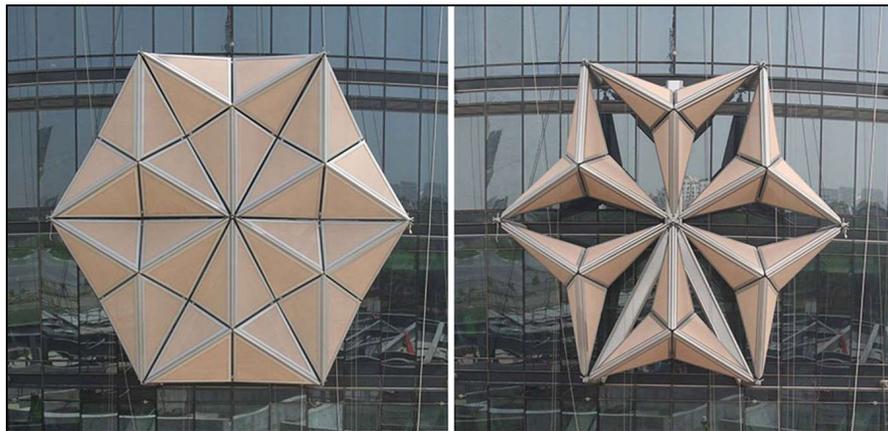
Fonte: Mega Engenharia (2014, s.p.)

Figura 7 – Detalhe dos painéis vistos de dentro do edifício



Fonte: Architizer (2014, s.p.)

Figura 8 – Maior detalhe no painel solar, situações fechado e aberto



Fonte: Zupi.com (2015, s.p.)

Para saber um pouco mais sobre as torres, escaneie o QR Code abaixo com a câmera do seu smartphone e tenha acesso ao vídeo produzido pela CNN (2012) sobre esse edifício inteligente que inspira e serve de modelo para novas construções.



7.1.2 Nasa Sustainability Base, Moffet Field, Califórnia (EUA)

O complexo construído em 2011, da NASA (Administração Americana da Aeronáutica e Espaço - National Aeronautics and Space Administration) não um edifício governamental comum. Ao construir essa edificação, o objetivo da NASA era mostrar como um empreendimento federal, com agenda restrita e orçamento comum, poderia ser um modelo de efetividade e sustentabilidade. Foi o primeiro complexo federal a receber o certificado de sustentabilidade LEED Platinum. A partir das necessidades explícitas da indústria da construção por métodos e ferramentas inovadoras que possam controlar e entender os sistemas de energia e água, por exemplo, a NASA contribui com sua expertise em aviação, TI, veículos de exploração espacial e habitats para construir o ambiente.

Desenvolvido pelo escritório de arquitetura William McDonough Partners, conhecido por seu design “berço ao berço”, priorizou a utilização de materiais que foram recuperados, renovados ou reciclados (Architizer, 2014, s.p.). A aparência estética do edifício foi inspirado e baseado em dois conceitos: o design correspondente ao local e a biofilia (amor à natureza).

O prédio conta com uma tecnologia inteligente de controle inspirado no programa da agência para segurança de aeronaves. Essa tecnologia foi usada para controlar diferentes zonas no edifício e providenciar dados em tempo real sobre o fluxo de ar em toda a estrutura. Além disso, foram utilizados na construção células de combustível BloomBox ES-5700, que captam mais eletricidade que a de pico demandada em todo o complexo, exportando o excesso para rede de energia local com o sistema de Smart Grid (McDonough Partners, 2013, s.p.).

O sistema de gerenciamento de energia é um sistema de controle inteligente e adaptável. Foi desenvolvido, a priori, para a indústria aeroespacial mas sua aplicação em edifícios inteligentes se mostrou bastante eficaz sendo utilizado em inúmeras tarefas importantes para o gerenciamento da edificação, como otimização de operações, detecção e manutenção de falhas de fornecimento, detecção e adaptação de conforto para os usuários. Mais de dois mil sensores geram dados, instantaneamente ou em intervalos programados, podendo assim serem feitas análises de performance, detecção de anormalidades, antecipação de falhas e estudos sob demanda (McDonough Partners, 2013, s.p.).

Para a otimização do uso de energia, os sistemas de aquecimento e resfriamento combinam estratégias passivas, com o uso de Hidrogênio Geotermal, e ativas, com o uso de dissipadores de calor. Contribuindo também para uma maior eficiência energética, foram utilizadas tecnologias como o uso de janelas automatizadas, persianas inteligentes e iluminação eficiente integrada a sensores de luz. Outra estratégia utilizada foi a concepção arquitetônica das extremidades da edificação visando uma maior ventilação natural. A fachada permite penetração da luz solar e a escolha arquitetônica de expor a estrutura garante estabilidade contra movimentos sísmicos, maximiza o espaço interno utilizável e a consistência visual do edifício (McDonough Partners, 2013, s.p.).

O sistema de reaproveitamento de águas cinzas, desenvolvido pela NASA, para a Estação Espacial Internacional, ilustrado na figura 9, onde a reciclagem de água ocorre em um circuito fechado. Durante a construção, a reutilização de água foi dada por reaproveitamento no uso em sanitários, reduzindo assim a demanda em mais de 50% quando comparado ao padrão industrial americano (McDonough Partners, 2013, s.p.).

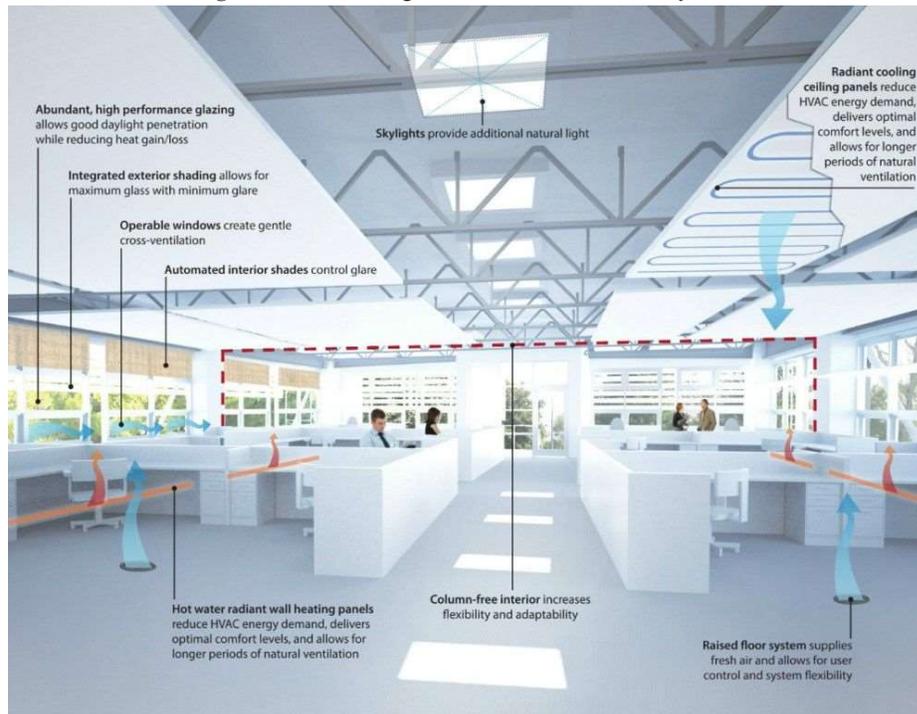
Figura 9 – NASA Sustainability Base



Fonte: McDonough Partners (2013, s.p.)

Existem diversas soluções adotadas internamente no edifício, a Figura 10 elucida algumas delas como utilização de forros que reduzem o calor, claraboias para iluminação natural, vão livre sem pilares para uma maior flexibilidade de utilização de espaço, entre outros.

Figura 10 – Tecnologias do NASA Sustainability Base



Fonte: Architizer (2014, s.p.)

Para saber um pouco mais sobre as torres, escaneie o QR Code abaixo com a câmera do seu smartphone e tenha acesso ao vídeo produzido pela NASA's Ames Research Center (2012) sobre esse edifício sustentavelmente inteligente que inspira e serve de modelo para novas construções.



7.2. NO BRASIL

A preocupação com a otimização de uso de edifícios não é apenas um privilégio de países desenvolvidos, essa questão já chegou há muitos anos no Brasil, sua aplicação têm sido vista, principalmente, em edifícios comerciais. Alguns exemplos serão explorados nesta seção.

7.2.1 Eldorado Business Tower, São Paulo

Com obra concluída em 2007, o Eldorado Business Tower foi o primeiro edifício a receber o certificado LEED Platinum (Leadership in Energy and Environmental Design, criado nos Estados Unidos em 1998 pelo Green Building Council), o mais alto da categoria na América Latina. Está localizado na Av. das Nações, na região da Marginal Pinheiros. Sua arquitetura é marcante e imponente, como mostrado na figura 11, a torre destinada a escritórios tem centro de convenções e heliponto para até dois helicópteros de dez toneladas cada.

O Eldorado Business Tower possui ar-condicionado Central, certificação green building e um total de 1815 vagas de estacionamento. Imponente em sua altura, o edifício possui 32 andares (totalizando 141 metros de altura) e lajes a partir de 1897 m², atendidos por 29 elevadores sociais que conseguem atingir uma velocidade de até 6 metros por segundo. Passados mais de 10 anos desde o término da sua construção, o Eldorado Business Tower é classificado como AAA (triple A), entrando para o seleto grupo dos melhores edifícios da cidade de São Paulo, sendo referência no padrão de especificações técnica e alta performance. Com padrão corporativo de ocupação, o edifício é sede de empresas dos segmentos Bancário / Financeiro, Construção Civil e Seguros / Previdência Privada. Possui uma fachada de alto padrão, se tornou referência de imagem corporativa para as grandes empresas.

Os principais resultados que demonstram sua alta performance são: 33% de economia no consumo de água potável, comparado ao padrão norte-americano; 100% de economia em água potável para irrigação; 18% de economia no consumo de energia; 74% de todo resíduo gerado na obra foi desviado de aterros; 30% de todo material empregado é de origem reciclada; 50% de todo material adquirido é de origem local; 95% de toda madeira é certificada pelo FSC (Forest Stewardship Council); 25% de redução da vazão e volume de água lançada na rede pública durante as chuvas. (IBDN, 2012, s.p.)

Figura 11 – Edifício Eldorado Business Tower



Fonte: IBDN (2012, s.p.)

7.2.2 Ventura Corporate Towers, Rio de Janeiro

Inauguradas em 2010, as duas torres são atualmente ocupadas pela Petrobrás, Finep, Caixa Econômica Federal e BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), estão localizadas na Cidade Nova. O arranha-céu, mostrado na figura 12, foi construído pelo consórcio Camargo Corrêa e Método em parceria com a Tishman Speyer, que investiram em conjunto 650 milhões de reais.

O empreendimento contou com diferentes tecnologias que reduzem o impacto sobre o meio ambiente tanto na obra quanto no dia a dia dos usuários. As duas torres, cada uma de 36 andares, totalizam 170 mil metros quadrados de área construída, sendo 106 mil metros quadrados de área locáveis (IBDN, 2012, s.p.).

A edificação recebeu o certificado LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), por atender a uma série de exigências sustentáveis, entre elas o uso inteligente e racionalizado de água, energia, lixo, etc.

O edifício inteligente conta com sistemas computadorizados de avaliação de intensidade de luz. Em dias nublados, a luz artificial é intensificada nos ambientes, já em dias de sol, o sistema reduz automaticamente a iluminação. O sistema complexo da edificação conta com vidros especiais que garantem a iluminação natural e o conforto térmico em seu interior.

Também existe um controle do descarte de entulho e reciclagem de lixo no sistema (IBDN, 2012, s.p.).

Figura 12 – Ventura Corporate Towers



Fonte: IBDN, (2012, s.p.)

8 PERSPECTIVAS PARA O FUTURO DOS EDIFÍCIOS: INTERNET DAS COISAS - IOT (INTERNET OF THINGS)

Devido à crescente e acelerada evolução das tecnologias a cada dia que passa, torna extremamente difícil mensurar, exemplificar e comentar o que há de mais novo nesse âmbito que seja aplicável a edifícios inteligentes. Portanto, será descrito neste capítulo o conceito e grande tendências tecnológicas atual: a Internet das Coisas. Vale ressaltar que essa é a perspectiva atual e em alguns anos novas tendências tecnológicas irão surgir e assim o edifício inteligente estará sempre em franca expansão.

O termo internet das coisas (IoT) ou internet de tudo, se refere ao conceito de que a maioria dos dispositivos estão ou podem estar ligados entre si através do uso da internet para troca de informações e tomada de decisões em função das análises de dados coletados. Um bom exemplo do uso de IoT seria o recebimento de informação vinda de um sistema de pedágios diretamente para um carro, onde esse absorveria essa informação ao seu sistema de GPS e assim, traçaria uma rota otimizada ao destino final (ALLTOMATIC, 2015, s.p.).

A ideia é tornar o mundo físico e o digital em um só, pela comunicação dos dispositivos, data centers e computação em nuvem. Essa tendência de conectar objetos que se comunicam entre si é discutida desde 1991, quando a internet e a conexão TCP/IP começaram a se popularizar. Quem primeiro pensou na conexão dispositivo-dispositivo (D2D - Device to Device), que faz parte de um conceito maior de “várias webs”, foi o cofundador da Sun Microsystems, Bill Joy. Já em 1999, Kevin Ashton estabeleceu a base para o que seria a Internet das Coisas (IoT) em um laboratório de AutoID na MIT. Ashton propôs o termo “Internet das Coisas” enquanto pesquisava maneiras de a Procter & Gamble melhorar suas transações comerciais conectando informações RFID à Internet. Esse termo foi utilizado primeiramente por Kevin Ashton, considerado o criador desse termo (POSTSCAPES, 2017a). Dez anos depois escreveu o artigo “A coisa da Internet das coisas” para RFID Journal (ZAMBARDA, 2015, s.p.).

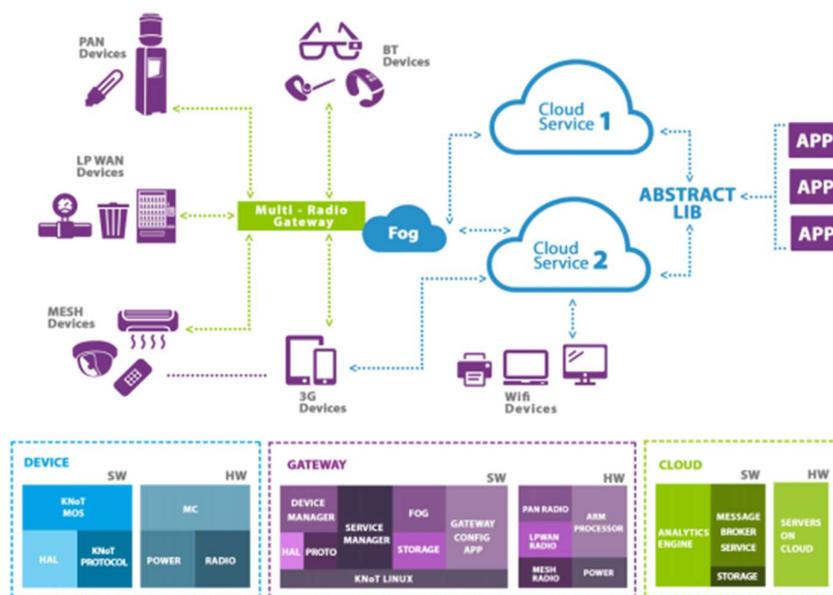
Para exemplificar a aplicação de IoT, a fabricante de elevadores Thyssenkrupp juntamente com a Microsoft desenvolveram um sistema inteligente e online para monitoração de elevadores através de call centers e técnicos. O software funciona em grandes redes de computadores de mesa e portáteis (laptops), além de poder ser executado em uma aplicação para tablets Windows. Mostrando a flexibilidade de acesso para ambos usuários finais da proposta.

Atualmente não só computadores convencionais estão conectados à internet, como também uma grande heterogeneidade de equipamentos, tais como TVs, laptops, geladeira, fogão, eletrodomésticos, automóveis, smartphones, entre outros. Nesse novo cenário, a pluralidade é crescente e previsões indicam que mais de 50 bilhões de dispositivos estarão conectados até 2020 (MANCINI, 2018, p.1). A rede pode intervir em pequenos gadgets ou em infraestruturas complexas, diante disso empresas de todo o mundo começaram pesquisas e desenvolvimento de soluções para unificar a internet das coisas.

Em julho de 2014, as empresas Intel, Samsung e Dell, entre outras fábricas de computadores, se uniram com o objetivo de padronizar essas conexões, em um grupo chamado “Consórcio de Interconexão Aberta” (OIC - Open Interconnect Consortium). A principal proposta é criar um protocolo comum para garantir o bom funcionamento da conexão entre os mais variados dispositivos. Além dessa, existem outras iniciativas nesse sentido, como a do grupo Allseen Alliance, que tem como membros empresas de grande porte e peso na indústria como LG, Panasonic, Qualcomm, D-link e Microsoft (ZAMBARDA, 2015, s.p.). Na perspectiva Brasil, não ficamos tão atrás dos gigantes quando o assunto é IoT, por aqui também estão sendo desenvolvidas soluções com esse mesmo objetivo. Em Recife, no CESAR (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife) foi desenvolvido uma meta-plataforma KnoT que tem como objetivo unificar e facilitar a comunicação dos objetos conectados, como mostrado na figura 13. Atualmente, existem várias plataformas que promovem soluções em IoT. Cada uma, no entanto, possui protocolos específicos, que não conversam entre si.

O KNoT (knot.cesar.org.br) revoluciona o mercado brasileiro ao ser a única capaz de conectar as diversas plataformas existentes, fornecendo ao ecossistema nacional de tecnologia da informação e comunicação uma infraestrutura adequada à realidade das empresas no que se refere às suas necessidades e disponibilidade de gastos com desenvolvimento. A proposta é que essa infraestrutura seja disponibilizada fim a fim, desde o hardware, que habilitará a conectividade nas coisas, até o serviço de compartilhamento de dados, tradução de protocolos e disponibilização de bibliotecas para o desenvolvimento de aplicações (CESAR, 2017, s.p.). O projeto KnoT foi considerado o Modelo de Referência Arquitetural para os Dispositivos de Internet das Coisas, em maio de 2018, pela Comissão de Estudos 20 de Padronização de Telecomunicações das Nações Unidas (ITU-T), que congrega mais de 700 organizações públicas e privadas de 191 países.

Figura 13 – KNoT - Arquitetura Genérica de IoT para Resultados de Negócios



Fonte: CESAR (2017, s.p.)

A integração entre os dispositivos em edifícios inteligentes, assim como aumentar a conectividade, sensores e segurança, pode trazer inúmeros benefícios, tanto operacionais como também com relação à experiência dos usuários. Para alcançar esses objetivos, os edifícios inteligentes agregam as vantagens da IoT para gerar, analisar e transmitir dados (INTEL CORPORATION, 2015, s.p.). A aplicação de IoT em smart buildings pode ser dada por meio dos BAS (sistema de automação de edifício) com auxílio do BMS (building management system) para que todos os sistemas prediais - elétrico, de iluminação, de ar-condicionado, rede de dados, entre outros - possam conversar entre si e tomar decisões de forma autônoma com o uso de Inteligência Artificial, ou apenas parcialmente autônoma - dentro do escopo pré programado.

Ao integrar e conectar todos os dispositivos de forma organizada e inteligente, os resultados também se tornam inteligentes. Um resultado possível dessa análise e combinação de dados são sistemas de manutenção preventiva, baseados em históricos, estatísticas e experiências adquiridas, somado aos dados coletados dos sensores para um maior desempenho (ALLTOMATIC, 2015, s.p.). Com um smartphone ou outro dispositivo móvel, como um tablet, os usuários têm a possibilidade de controlar remotamente os sistemas de iluminação e climatização, por exemplo, de acordo com suas necessidades. Da mesma forma, detectada a ausência de pessoas em determinado cômodo, o sistema pode se desligar ou reduzir as

atividades dos equipamentos automaticamente, economizando assim energia (ALLTOMATIC, 2015, s.p.). A internet das coisas é uma grande aliada das concessionárias, uma vez que, através de mecanismos de automação, é possível diminuir a demanda de energia elétrica nos períodos de maior consumo, ou seja, se torna desnecessário uma expansão de rede instalada (ALLTOMATIC, 2015, s.p.).

8.1 CASAS INTELIGENTES (SMART HOMES)

O conceito de casas inteligentes vem sendo discutido desde os anos 80, mesmo com as limitações técnicas, a população mundial sempre teve anseio por facilidades domésticas sugeridas pela automação. Atualmente, com a Revolução 4.0, toda a onda de conectividade, ampla popularização da internet wireless pelo mundo e seu fácil acesso tornou dispositivos inteligentes e conectados uma realidade. A casa inteligente foi concebida para trazer uma maior qualidade de vida aos seus usuários, seu projeto é desenvolvido com o objetivo de facilitar serviços, automatizar funções dentro e fora da construção através de uma rede de dispositivos conectados. A total funcionalidade de uma casa inteligente está diretamente ligada à disponibilidade de acesso permanente à internet, ou seja, se torna dependente de uma boa conexão à rede, mesmo que uma conexão de alta velocidade não seja necessária para todos os aparelhos instalados na habitação. Há muitas possibilidades de mudança no conceito de Casa Inteligente, que vêm mudando com o decorrer do tempo e continuará mudando conforme o avanço da tecnologia (SORRELL, 2014, s.p.).

A tecnologia IoT vem com a responsabilidade de popularizar as Smart Homes, tornando-as uma realidade à medida que seus objetos vão se tornando conectados. A IoT irá possibilitar que todos os dispositivos eletrônicos de um ambiente possam se conectar à internet e ter seus comandos acessíveis remotamente pelo usuário. A famosa firma de consultoria Gartner Inc. (2014, s.p.), em um estudo afirma que “Em um mercado consolidado de IoT, uma residência familiar poderá chegar a ter 500 dispositivos conectados e inteligente por volta de 2020”.

O número de dispositivos dotados de inteligência crescerá de forma lenta por pelo menos essa década devido a muitos dispositivos domésticos serem substituídos de forma desordenada, sem um planejamento voltado para a conectividade entre eles. No entanto, uma casa inteligente “madura” não irá existir até 2020 ou 2025, produtos inteligentes domésticos já

começam a ser produzidos e as primeiras oportunidades de negócios estão a surgir (GARTNER, 2014, s.p.).

Um ponto chave entre a conectividade dos dispositivos e da edificação será a tecnologia de rede wireless, porém não será a única via de comunicação dominante. Wifi, bluetooth, celular e várias outras tecnologias encontrarão lugar no ambiente inteligente de uma smart home. Por tantas variações na tecnologia usada, protocolos e normas se farão necessárias para tentar regularizar as comunicações e regulação de proteção de dados. A maioria dos equipamentos será portátil e não possuirão acesso direto a suprimento de energia cabeado, sendo assim, a indústria de baterias ficará aquecida e terá a responsabilidade de produzir baterias que tenham uma maior duração, além de maior armazenamento de energia e recarga sem fio para uma maior satisfação dos usuários (GARTNER, 2014, s.p.).

Uma típica casa inteligente já em um nível de maturidade mais elevado, seria como a da figura abaixo, com dispositivos conectados, em todos os cômodos, que se comunicam entre si facilitando a rotina dos seus moradores.

Figura 14 – Ilustração da “típica casa inteligente”



Fonte: CORINNE (2015, s.p.)

Em 2014 o número de casas inteligentes na Europa e América do Norte chegou a 10,6 milhões em 2014, segundo o estudo da empresa Berg Insight. O mercado norte americano registrou um crescimento de 70% no ano passado, o que corresponde a 7,9 milhões de Smart Homes (SMARTBUILDINGS, 2015, s.p.).

Comparando os dois continentes, a América do Norte é o maior e mais avançado mercado de casas inteligentes do mundo, o crescimento deve se manter nos próximos anos e elevar o número de habitações desse tipo nos Estados Unidos e Canadá para 38,2 milhões em 2019. Já o mercado europeu está atrasado dois ou três anos em relação ao mercado americano em relação à maturidade e penetração, no final do ano 2014 o número de casa inteligentes europeias eram 2,7 milhões (SMARTBUILDINGS, 2015, s.p.).

Existem uma série de produtos já no mercado que fazem parte do portfólio de dispositivos conectáveis para tornar-se uma casa “comum” em uma casa inteligente. Entre os de maior sucesso estão os termostatos inteligentes, sistemas de segurança, lâmpadas inteligentes, câmeras ligadas em rede e sistemas de áudio (SMARTBUILDINGS, 2015, s.p.).

8.1.1 Produtos Conectados

Entrando no detalhe de alguns desses produtos conectados para que sua aplicação fique exemplificada no presente trabalho.

8.1.1.1 Termostatos

Para um maior controle da temperatura da casa são usados os termostatos inteligentes que estão conectados aos smartphones ou sites de internet e podem criar comportamentos no sistema de ar-condicionado, o objetivo é deixar o ambiente na temperatura desejada pelo usuário no horário desejado, a depender dos seus horários de chegada e saída do ambiente, por exemplo, reduzindo o gasto com o energia elétrica (OLHAR DIGITAL, 2014, s.p.).

Um modelo de termostato como o Ecobee, que desenvolveu um modelo de aquecimento e refrigeração acelerado, será exemplificado neste item. Seu funcionamento se dá por um pequeno sensor wireless que é instalado no cômodo de interesse e o termostato irá manter a temperatura conforme programado remotamente pelo celular, dispositivo local ou site. Todas as funções podem ser acessadas via smartphone por meio de uma aplicação e tem compatibilidade com o Apple Home Kit (PROSPERO, 2015, s.p.).

Figura 15 – Termostato Ecobee

Fonte: PROSPERO (2015, s.p.)

8.1.1.2 Fechaduras Inteligentes

Um dispositivo bastante utilizado em casas inteligentes são as fechaduras inteligentes que consegue detectar automaticamente a presença de uma pessoa por conexão bluetooth diretamente pelo smartphone do usuário, sendo possível também fechar e abrir a fechadura remotamente. Há a opção de enviar chaves eletrônicas a outras pessoas e fazê-las funcionar somente quando permitido. O que facilita bastante a vida dos usuários, principalmente aqueles que recebem prestadores de serviço em casa em momentos que o proprietário não se encontra. A fechadura pode se conectar ao sistema de automação da residência, fornecendo informações ao termostato quando os habitantes estão ausentes para que o aparelho entre em modo econômico (ALLEN, 2015, s.p.).

Figura 16 – Fechadura Inteligente - Genie Smart Lock, na sua versão digital

Fonte: TechTudo (2014, s.p.)

Figura 17 – Fechadura Inteligente - Genie Smart Lock, na sua versão analógica



Fonte: TechTudo (2014, s.p.)

8.1.1.3 Sistema de Detecção de Fumaça e Temperatura

O funcionamento tradicional de um sistema de detecção de fumaça se dá ao soar um alarme sonoro quando existe uma quantidade específica de partículas de monóxido de carbono (CO) no ar, essa detecção é feita por diferentes sensores a depender do tipo de alarme. Dentre as variedades de alarmes existentes para casas, existem alguns mais tecnológicos e outros mais tradicionais. Entre os usados em casas inteligentes, temos: o Sensor Bi mimético, que funciona com um gel que muda de coloração ao absorver certa quantidade de CO, essa transição de cor que faz com que o alarme dispare. Há os Semicondutores de óxido metálico, seu funcionamento se dá a partir de um chip de silício que detecta quando o CO já está em níveis de danificar e diminuir a resistência elétrica do circuito. Existem também os sistemas baseados em sensores eletroquímicos, que possuem eletrodos imersos em uma solução química que tem a capacidade de mudar a corrente elétrica quando em contato com certa quantidade de CO, assim como os outros, disparando o alarme sonoro (SAFEWISE, 2015, s.p.).

De modo geral o funcionamento de um termostato digital se inicia pelo sensor. Este componente transmite a informação diretamente para o leitor digital, onde há a conversão em temperatura e possível ocorrência de chamas. Assim é possível que um circuito meça essa resistência e a converta em temperatura, realizando a função de termômetro. O controle de temperatura realizado por um termostato digital ocorre principalmente com o acionamento e desligamento (comutação) de relés. Um relé é um interruptor eletromecânico que, em um termostato, geralmente é ligado a um dispositivo de aquecimento ou de refrigeração. Através da temperatura identificada pelo sensor, o software do termostato calcula a melhor forma de

estabilizar a temperatura em um valor específico, acionando ou desligando o relé (AGEON, 2015, s.p.).

Um dos melhores termostatos inteligentes, o Nest, está pronto para tomar uma casa inteira, graças a um protocolo que permite que vários tipos de dispositivos conversem entre si de maneira rápida e direta – trata-se do Nest Weave. Assim como os objetos conectados por meio de IoT, os termostatos também estão sujeitos à interconexão com os outros objetos da casa. O principal objetivo do Nest Weave é tornar a casa mais “atenciosa”, fazendo estudo de comportamento dos usuários, podendo ser programada manualmente ou se auto programar para adaptação de acordo com a rotina dos usuários. A grande diferença entre a comunicação desses dispositivos e qualquer objeto conectado (IoT) é que a comunicação dessa plataforma se dá especificamente para produtos Nest apenas, caso a lâmpada inteligente for de outra marca, essa interconectividade não se dará de forma fluida e eficiente como no outro caso. Na nova versão do termostato Nest, mostrada nas figuras 18 e 19, que está sendo estudado e desenvolvido, contará com a funcionalidade novos sensores para emparelhar com seu termostato inteligente para permitir o controle de temperatura em uma base de sala por sala (The Verge, 2017, s.p.).

Figura 18 – Termostato Digital Nest



Fonte: TechMundo (2017, s.p.)

Figura 19 – Aplicativo de controle do termostato Nest

Fonte: TechMundo (2017, s.p.)

8.1.1.4 Sistema Administrativo

Os controladores de casas inteligentes são, praticamente, o “cérebro” de todo o sistema automatizado. É esse sistema que faz toda a integração dos outros sistemas: de segurança, aquecimento e resfriamento, iluminação, entretenimento, entre outros (HOME CONTROLS, 2015, s.p.). A título de exemplo, o console NuBryte, apresentado na Figura 22, desenvolvido pela empresa Lucis, é um painel touchscreen que interage de forma organizada para maior otimização dos recursos conforme o usuário. O painel substitui os interruptores usando uma pequena câmera que, ao captar imagens de pessoas entrando no cômodo, automaticamente acende as luzes. Tais câmeras também podem ser usadas para a segurança, usando um ou mais consoles para criar uma rede cobrindo toda a casa. Ainda pelo console conectado ao smartphone é possível enviar mensagens remotamente para controlar o sistema ou apenas avisar quem se encontra na casa (PROSPERO, 2015, s.p.).

Figura 20 – Console Administrativo NuBryte

Fonte: LUCIS TECHNOLOGIES INC. (2015, s.p.)

9 CONCLUSÃO

O presente trabalho destinou-se a fazer um estudo sobre os edifícios inteligentes, não somente o aspecto de edifício em si, mas uma abordagem a respeito dos espaços dotados de inteligência. Concebidos para trazer qualidade de vida às pessoas e modernizar as construções, os edifícios inteligentes envolvem tecnologias, variáveis climáticas e técnicas de projeto. Foi ainda ilustrado alguns exemplos de Edifícios Inteligentes com a aplicação do conceito no Brasil e no mundo.

Tal conceito não envolve apenas a automação residencial, mas também relaciona múltiplas áreas de conhecimento que são agregadas para sua realização. Hoje, um conceito importante dentro dessa multidisciplinaridade é o de construções sustentáveis. Tendo em vista a consciência do mercado sobre o tema, cada vez mais as construções estão sendo obrigadas a buscar formas e modelos sustentáveis. Conforme a tecnologia avança, a produção de produtos com tecnologia de ponta se populariza e assim grande parte das pessoas passa a utilizá-los. O futuro das construções é agregar tecnologias que facilitem o dia a dia e promovam qualidade no habitat, seja ele: doméstico, comercial ou industrial. Um smart building não precisa ser construído do zero, sendo possível adaptar uma construção convencional para implantar possíveis soluções. Torna-se necessário verificar as condições de suas instalações e sua infraestrutura, para assim avaliar quais as dificuldades serão enfrentadas. Além disso, se faz obrigatório o desenvolvimento de um plano para o retrofit da edificação.

Com esse estudo, tornou-se claro que os smart buildings tornam-se mais econômicos a longo prazo, visto que as tecnologias aplicadas buscam uma redução de recursos durante o uso. Porém, o custo com manutenção e conservação deve ser bem controlado e utilizado para que o tempo de retorno do investimento seja reduzido. Além disso, os benefícios ao meio ambiente e aos usuários incorporam um maior valor social ao projeto.

Naturalmente, os edifícios inteligentes geram diversos benefícios qualitativos, não mensuráveis financeiramente, como conforto e segurança. De acordo com Scaliter (1999) e Bardelin (2004), “o fator econômico pode marcar o limite que a eficiência de um gerenciamento deve atingir, ao mesmo tempo em que a tecnologia pode corresponder ao “esbanjamento” de atribuições e qualidades, quando não existe adequação entre ela e o problema que se pretende resolver”.

Numa análise da situação atual, existe uma grande quantidade de equipamentos que utiliza de maneira independente informações para realização de suas tarefas. Gerando um aumento na necessidade de capacidade de armazenamento dos dispositivos, além de se fazer

necessário uma maior capacitação de profissionais envolvidos na operação. Com isso, foi avaliado que a inclusão de equipamentos de alta tecnologia, ainda que seu custo possa parecer elevado, trará expressivos retornos à edificação em termos de economia em recursos.

Tendo em foco a perspectiva do Brasil, ainda existe uma certa resistência por parte da população com relação a implantação de alguns sistemas digitais, por exemplo os voltados a segurança. Seja por falta de infraestrutura, ou apenas um fator cultural, existe a dificuldade na aceitação de sistemas 100% automatizados. Por consequente, deve-se levar o conceito de edifícios inteligentes de forma mais abrangente. Ou seja, considera-se “inteligentes” todas as técnicas construtivas que geram facilidades e otimizações de recursos, como as descritas no capítulo 6.

Com isso o papel do engenheiro civil será selecionar as tecnologias necessárias para um projeto, de acordo com as necessidades de seus futuros usuários. Nos edifícios, a tecnologia continua a avançar e agora milhares de dispositivos no seu interior podem se interconectar e transmitir informações a uma central computadorizada que automatiza os processos e traz muito mais eficiência para as operações. No final das contas, ter todos os sistemas integrados por meio de uma única plataforma é um facilitador para qualquer negócio. Por meio da integração é possível obter economias de custos operacionais, otimizar o desempenho, maximizar os investimentos, acelerar as tomadas de decisões, minimizar riscos e aumentar a segurança.

REFERÊNCIAS

ALLTOMATIC. Internet das Coisas (IOT) e Eficiência Energética. Alltomatic, 2015.

ARCHITIZER. Architizer. Architizer, 2014. Disponível em: <<https://architizer.com/blog/practice/materials/7-intelligent-buildings-that-prove-digitally-driven-design-works/>>

ASHTON, K. That 'Internet of Things' Thing. 22 jun. 2009.

BARROS, A. L. D. Edifícios Inteligentes e a Domótica: Proposta de um Projecto de Automação Residencial utilizando o protocolo X-10. 1. ed. Cidade da Praia: [s.n.], 2010. 94 p.

CAMACHO, Jefferson Sidney. Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural: Notas de Aula. Ilha Solteira, 200. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br>>.

COCCHIA, A. (2014). Smart and digital city: a systematic literature review. Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space, 13-43. doi: 10.1007/978-3-319-06160-3_2.

CRONIN, P., RYAN, F., COUGHLAN, M., “Undertaking a literature review: a step-by-step approach”, British Journal of Nursing, 2008, Vol. 17, Nº 1.

CTBHU. Council on Tall Buildings and Urban Habitat. CTBHU, 2013. Disponível em: <<http://www.ctbuh.org/TallBuildings/FeaturedTallBuildings/AlBaharTower-AbuDhabi/tabid/3845/language/en-US/Default.aspx>>.

DAMERI R.P. (2013). Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal. International Journal of Computers & Technology, 11(5), 2544-2551.

DAMERI R. P., & Cocchia, A. (2013). Smart city and digital city: twenty years of terminology evolution. X Conference of the Italian Chapter of AIS, ITAIS 2013, Università Commerciale Luigi Bocconi, Milan (Italy).

DOMINGUES, R. G. A Domótica como Tendência na Habitação: Aplicação em Habitações de Interesse Social com Suporte aos Idosos e Incapacitados. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GARTNER. Newsroom. Gartner Inc., 2014. Disponível em: <https://www.gartner.com/newsroom/id/2839717?utm_content=buffer6d52c&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer>.

HALL, R. E. (2000). The vision of a smart city. Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop, Paris, França. Disponível em <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/773961>.

HOME CONTROLS. Smart Home Automation Hubs. Home Controls Automation Products & Support, 2015. Disponível em: <<https://www.homecontrols.com/home-automation>>.

INTEL CORPORATION. Smart Buildings with Internet of Things Technologies. Intel Corporation, 2015. Disponível em: <https://www.intel.com/content/www/us/en/smart-buildings/overview.html?cid=sem132p46720-m&intel_term=>>.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás – Procel, 2014.

LUCIS TECHNOLOGIES INC. Lucis NuBryte. Lucis Technologies Inc., 2015. Disponível em: <<https://www.nubryte.com/>>.

MCDONOUGH PARTNERS. William McDonough + Partners. William McDonough + Partners, 2013. Disponível em: <<http://www.mcdonoughpartners.com/projects/nasa-sustainability-base/>>.

MESSIAS, A. F. Edifícios “Inteligentes”: A domótica Aplicada à Realidade Brasileira. 1. ed. Ouro Preto: [s.n.], 2007. 48 p.

OLHAR DIGITAL. Google vende termostato inteligente por US\$ 250. Olhar Digital, 2014. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/noticia/googlevende-termostato-inteligente-por-us-250/41540>>.

SAFEWISE. What does a carbon monoxide detector and how does it work? Safewise, 2015. Disponível em: <<https://www.safewise.com/home-security-faq/carbon-monoxide-detector>>.

SINOPOLI, J. Smart Buildings, a handbook for the design and operation of building. 1. ed. Austin: Spicewood Publishing, 2006. 33 p

SMARTBUILDINGS. Infraestrutura: Europa e América do Norte têm já 10,6 milhões de habitações inteligentes. Smart Buildings, 2015. Disponível em: <<https://www.smartplanet.pt/news/edificios/europa-e-america-do-norte-tem-ja-106-milhoes-de-habitacoes-inteligentes>>.

SORRELL, S. Smart Homes – it’s an Internet of Things Thing. Juniper Research. Basingstoke, p. 5. 2014.