

ISABEL PEDROSO DOS SANTOS

A aplicação das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades

São Paulo
2019

ISABEL PEDROSO DOS SANTOS

A aplicação das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista em
Gerenciamento de Facilidades –
MBA/USP.

Área de Concentração:
Gerenciamento de Facilidades

Orientador:
Prof. M. Eng. Milton Jungman

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Santos, Isabel Pedroso dos.

A aplicação das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades / Isabel Pedroso dos Santos; orientador Milton Jungman. --São Paulo, 2019.

74 p.

Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1. Gerenciamento de Facilidades 2. Inovações tecnológicas 3. Facility Management I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli Integra II.t.

Dedico este trabalho de conclusão de curso exclusivamente a DEUS, que me deu a vida as condições para alcançar mais um objetivo.

AGRADECIMENTOS

O agradecimento maior é a DEUS, que me tem dado força, persistência, confiança e inspiração em todos os instantes da minha vida, pela bênção de alcançar e realizar mais este objetivo.

Ao Professor M. Eng. Milton Jungman, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

Aos amigos Lea Lobo e Ricardo Barros e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia”.

William Edwards Deming

RESUMO

As inovações tecnológicas trazidas pela Indústria 4.0, e as mudanças e reflexos provocados por elas na administração e otimização dos espaços construídos e manutenção dos equipamentos são de extrema importância para o Gerente de Facilidades. Este trabalho é resultado da pesquisa realizada sobre a aplicação da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades, e tem como objetivo principal evidenciar a aplicação de inovações tecnológicas da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades no contexto brasileiro. Neste estudo, buscou-se analisar e entender como são ofertadas doze soluções tecnológicas que englobam a Indústria 4.0, focando em quatro inovações, escolhidas por serem as mais utilizadas pelos profissionais da área de Gerenciamento de Facilidades, a saber: Big Data, Comunicação Máquina a Máquina, Inteligência Artificial e Internet das Coisas.

Palavras-chave: Gerenciamento de Facilidades, Indústria 4.0, Ambiente Conectado, Revolução Industrial, Big Data, Comunicação Máquina a Máquina, Inteligência Artificial e Internet das Coisas.

ABSTRACT

The technological innovations brought by Industry 4.0, and the changes and their influence in the management and optimization of the built spaces and equipment maintenance are of utmost importance for the Facility Manager. This work is the result of a research on the application of the Industry 4.0 in Facility Management, whose objective is to highlight the application of Industry 4.0 technological innovations in Facility Management in the Brazilian context. This study was aimed to analyze and understand 12 technological that encompass Industry 4.0 focusing specifically on four innovations the most widely used by Facility Management professional, namely Big Data, Machine-to-Machine Communication, Artificial Intelligence and Internet of Things.

Keywords: Facility Management, Industry 4.0, Connected Environment, Industrial Revolution, Big Data, Machine to Machine Communication, Artificial Intelligence and Internet of Things.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – As quatro Revoluções Industriais	211
Figura 2 – Modelo de Sistema (visão geral do edifício)	46
Figura 3 – Estruturas Comparativas entre Indústria 3.0 e Indústria 4.0	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição da Amostra.....	55
Tabela 2 – Unidade de significado (US).....	58
Tabela 3 – Categorização das Unidades de Significado	60

LISTA DE SIGLAS

GF	Gerenciamento de Facilidades
IFMA	International Facilities Management Association
FM	Facilities Management
ISO	International Organization for Standardization
IoT	Internet das Coisas
IA	Inteligência Artificial
BIG DATA	Grande Volume de Dados
M2M	Comunicação Máquina a Máquina
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
CLPs	Controladores Lógicos Programáveis
FIRJAN	Confederação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
CLPs	Controladores Lógicos Programáveis
NBR	Norma Brasileira
PNEs	Portadores de Necessidades Especiais
CEE	Comissão de Estudo Especial
CO ²	Gás Carbônico
3D	Terceira Dimensão
GPS	Global Positioning System
RFID	Raio Frequency Identification
ERP	Enterprise Resource Planning
US	Unidades de Significado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Panorama Histórico das Revoluções Industriais	19
2.2 A Indústria 4.0 – Conceito e Características	21
2.3 Gerenciamento de Facilidades	24
3 A APLICAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO GERENCIAMENTO DE FACILIDADES	27
3.1 Aplicações e Soluções da Indústria 4.0	27
3.2 Aplicações da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades	43
4 METODOLOGIA	50
4.1 Classificação da Pesquisa	50
4.2 Abordagem	51
4.3 Pesquisa de Campo	51
4.4 Amostragem	52
4.5 Coleta de Dados	52
4.6 Tratamento dos Dados e Análise de Conteúdo	53
4.7 Unidades de Significado.....	54
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS / DISCUSSÃO	55
5.1 Composição da Amostra.....	55
5.2 Compilação dos Dados	56
5.3 Análise de Dados	57
5.4 Categorização de Dados.....	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE	70

1. INTRODUÇÃO

O Gerenciamento de Facilidades (GF)¹ é uma especialidade profissional que tem por objetivo a organização e a execução de métodos apropriados, envolvendo prédios, máquinas, serviços e tecnologias, possibilitando facilidades na utilização da propriedade, para apoiar as demandas e os anseios dos usuários. A operação de Gerenciamento de Facilidades preconiza criar experiências importantes para os indivíduos, causando mudanças positivas e melhorando a qualidade das diferentes atividades das empresas. Os colaboradores da área de Gerenciamento de Facilidades precisam estar alinhados às estratégias da empresa para contribuir com o alcance de metas dos objetivos das instituições (GRAÇA, 2016). Esses colaboradores têm sua representação no gestor de facilidades.

Complementando essa definição de Graça (2016) para o GF, considera-se que o gerente de facilidades pode contribuir também com: 1. O gerenciamento dos indivíduos e seus talentos, que representam o maior bem de uma empresa e, geralmente, também a maior despesa; 2. O gerenciamento dos edifícios, ou seja, o patrimônio da empresa e, normalmente, essa é a segunda maior despesa das companhias; 3. O gerenciamento dos métodos e tecnologias visando relacioná-los de maneira apropriada para atender às metas estratégicas da corporação (ANTONIOLI, 2003).

Além disso, a definição da International Facilities Management Association (IFMA, 2019) sugere que a atividade de GF é institucional e engloba a qualidade de vida dos usuários do empreendimento, e essa qualidade de vida está diretamente ligada à eficiência do negócio, pois funcionário motivado e autorrealizado é sabidamente mais produtivo.

Outro ponto importante para a conceituação do Gerenciamento de Facilidades para este trabalho é a definição da International Organization for Standardization (ISO), que, em sua norma 41.011, de 2018, coloca a área como um campo multidisciplinar, englobando a eficiência e a produtividade das economias das sociedades, comunidades e organizações.

Portanto, neste trabalho, somamos as definições de dois especialistas e duas instituições², para consolidar a definição de Gerenciamento de Facilidades: uma especialidade

¹ Embora o termo *Facility Management* (FM) seja usado no mercado brasileiro, optou-se, neste trabalho, pelo uso do termo “Gerenciamento de Facilidades” por ser este o nome correto academicamente.

² Como visto nos quatro parágrafos iniciais: Graça (2016), Antonioli (2003), IFMA e ISO.

profissional multidisciplinar, que tem por objetivo a organização e a execução de métodos apropriados, envolvendo prédios, máquinas, serviços e tecnologias, possibilitando facilidades na utilização da propriedade para apoiar as demandas e os anseios dos usuários, preconizando experiências significativas para os indivíduos, e melhorando sua qualidade de vida. Isso tudo tende a impactar direta e positivamente nas diferentes atividades das empresas. Portanto, o Gerenciamento de Facilidades é uma área estratégica para o desenvolvimento de qualquer organização.

Para este trabalho, sentiu-se a necessidade de consolidar uma definição da área de Gerenciamento de Facilidades para que seja possível observar como as inovações tecnológicas podem impactar no desenvolvimento das atividades dessa disciplina. E tem-se que, atualmente, essas inovações ocorrem no contexto da Indústria 4.0, uma mudança de paradigma que afeta a sociedade e demanda o gerenciamento mais estruturado das atividades humanas.

De acordo com Schwab e Davis (2018), a Indústria 4.0 estabelece um novo ciclo da evolução do ser humano, produzido pelo aumento do acesso e da comunicação de um grupo de inovações relevantes, implementadas gradativamente na Primeira, Segunda e Terceira Revolução Industrial. O entendimento mais evidente das tecnologias da Indústria 4.0 é que elas apresentam e modificam os sistemas digitais de forma significativa. Isso porque essas tecnologias estão se desenvolvendo de forma integrada, no intuito de que se tornem elementos unificadores das evoluções no processamento, armazenamento e transmissão das informações que transformaram o mundo nas últimas seis décadas.

Ainda de acordo com Schwab e Davis, a Indústria 4.0 contempla doze grupos de tecnologias associadas: 1. Tecnologias da computação; 2. *Blockchain* e tecnologia de registro distribuído (do inglês, *Distribuem Ledger Technology* – DLT); 3. Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things* – IoT); 4. Inteligência Artificial (IA) e robótica; 5. Materiais modernos; 6. Fabricação de aditivos e impressão multidimensional; 7. Biotecnologias; 8. Neurotecnologias; 9. Realidades virtual, aumentada e mista; 10. Captura armazenamento e transmissão de energia; 11. Geoengenharia; 12. Tecnologias espaciais³. Os autores afirmam que essas inovações estão influenciando o cotidiano dos indivíduos, as atividades desenvolvidas por esses indivíduos, a formação e a sociabilização do ser humano. Assim, as

³ Esses conceitos, segundo Schwab e Davis (2018), serão aprofundados no capítulo 3.

inovações também estão transformando direitos civis e as relações da sociedade e dos países – influência que tende só a aumentar nos próximos anos.

Para Schwab e Davis (2018)⁴, o momento da Indústria 4.0 é bastante favorável, na medida em que o desenvolvimento tecnológico vai além do equipamento básico, descobrindo formas de disponibilizar ao maior número de indivíduos as ferramentas necessárias para conduzir as atividades sociais, de forma a surpreender beneficentemente as famílias, as empresas e a sociedade.

Stevan, Leme e Santos (2018) acrescentam que a Indústria 4.0 relaciona-se às fábricas mais inovadoras em automação e informatização, passando pela indústria de fabricação, e integrando, posteriormente a indústria de procedimentos. Isso porque a introdução de inovações tecnológicas permite a adaptação de sistemas, movimentando a indústria a um grau superior de aperfeiçoamento. Esses autores apresentam quatro exemplos de inovação: 1. Internet das Coisas; 2. Computação na nuvem (do inglês, *cloud computing*); 3. *Big Data* (Grande Volume de Dados); 4. Comunicação Máquina a Máquina (do inglês, *Machine-to-Machine* – M2M) ⁵.

Neste trabalho, optou-se por trazer essas duas definições de Indústria 4.0, porque uma complementa a outra. Além disso, a definição de Schwab e Davis (2018) é mais abrangente e contempla doze grupos de inovações tecnológicas, enquanto o estudo de Stevan, Leme e Santos aprofunda apenas quatro exemplos dessas inovações. E são essas últimas quatro sobre as quais este trabalho pretende se debruçar, sem ignorar questionamentos provenientes das demais.

Têm-se assim definidos os dois conceitos chave para este trabalho: Gerenciamento de Facilidades e Indústria 4.0. É desses conceitos que nasce a pergunta norteadora desta pesquisa (APPOLINÁRIO, 2012).

Este estudo tem como finalidade, portanto, responder à seguinte **questão problema**: “De que forma o Gerenciamento de Facilidades está se adequando a aplicação das inovações tecnológicas trazido pela Indústria 4.0?”.

⁴ Schwab e Davis (2018) e Stevan, Leme e Santos (2018).

⁵ Esses conceitos, segundo Stevan, Leme e Santos (2018), serão aprofundados no capítulo 3.

Esse problema de pesquisa é importante para determinar o assunto, quer dizer, adequá-lo aos limites conceituais e experiências a serem estudados (BERTUCCI, 2014). Mas para delimitá-lo, Appolinário (2012) afirma que devemos criar uma hipótese, uma definição temporária que tenha por finalidade esclarecer um contexto de pesquisa definido. Assim, se o problema de pesquisa é a questão que o pesquisador estabelece, a hipótese é uma resposta provisória a essa questão. Nesse sentido, deve existir uma conexão precisa entre o problema e a hipótese, ou hipóteses de pesquisa.

Partindo desses conceitos, o presente trabalho pretende testar algumas hipóteses relativas à aplicação da Indústria 4.0 em Gerenciamento de Facilidades no Brasil. E embora a pesquisa tenha sido feita através de entrevistas com os profissionais que fornecem produtos ou serviços de tecnologia para gestores de facilidades sobre 12 das tecnologias da Indústria 4.0, as hipóteses estão focadas em apenas quatro, a saber: 1. Internet das Coisas; 2. Computação na nuvem; 3. *Big Data*; 4. Comunicação Máquina a Máquina. Isso porque a experiência da autora com a área de GF sugere que essas quatro tecnologias são as mais utilizadas pelos Gestores de Facilidades, além de terem sido compiladas por Stevan, Leme e Santos (2018). As hipóteses são:

Hipótese 1: o termo Big Data é utilizado para referir-se ao armazenamento de grande volume de dados. Pretende-se, assim, verificar se essa nova tecnologia permite gerar melhores dados e informações para apoiar o Gerente de Facilidades na tomada de decisões.

Hipótese 2: refletir se a implantação e a utilização da tecnologia Comunicação Máquina a Máquina trazem benefícios para as atividades de manutenção.

Hipótese 3: a Inteligência Artificial auxilia as máquinas autônomas a navegarem pelo mundo físico, fazendo seres humanos e computadores a se inter-relacionarem. Demonstrar se essa inovação está influenciando no aumento da eficiência e desempenho das atividades do Gerente de Facilidades.

Hipótese 4: Se está sendo possível ter maior controle e transparência nos processos com o uso de Internet das Coisas no Gerenciamento de Facilidades.

Essas hipóteses orbitam os dois conceitos-chave já definidos neste trabalho. Assim, a partir delas, traçamos o seguinte **objetivo geral de pesquisa**: estudar a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades no contexto brasileiro. Santos (2011), explica que o objetivo geral busca dar um olhar universal do conteúdo da pesquisa, referindo-se diretamente ao significado do conteúdo sugerido pelo projeto (MARCONI E LAKATOS, 2010).

Para atingir o objetivo geral é necessário fracioná-lo em objetivos específicos. (BERTUCCI, 2014). O **objetivo específico** desta pesquisa é testar as hipóteses levantadas, para, através da análise, entender a aplicação da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades, precisamente em quatro tecnologias:

- Big Data.
- Comunicação Máquina a Máquina.
- Inteligência Artificial.
- Internet das Coisas.

Essa pesquisa se justifica, em primeiro lugar, pela necessidade de considerar os impactos e mudanças gerados pela Indústria 4.0 e pelas novas tecnologias na administração e otimização dos espaços construídos e manutenção dos equipamentos. É inegável que o avanço tecnológico é um dos fatores que impulsionam a área de Gerenciamento de Facilidades, sobretudo nos tempos atuais, em que novas tecnologias são desenvolvidas tão rapidamente, e a consideração desses impactos e mudanças é extremamente necessário para o profissional de Gerenciamento de Facilidades conseguir se situar melhor no mercado.

Para que a verificação das hipóteses levantadas seja feita, e os objetivos geral e específico sejam alcançados, este trabalho está estruturado em cinco capítulos, numerados a partir desta introdução, que constitui o capítulo 1. No capítulo 2, está a fundamentação teórica; o capítulo 3 está centrado no título desta pesquisa, “a aplicação das inovações tecnológicas em Gerenciamento de Facilidades”. O capítulo 4 traz os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da pesquisa. A apresentação dos resultados da pesquisa de campo, centrado nas entrevistas com os profissionais do mercado, fornecedores de produtos ou serviços de tecnologia para gerentes de facilidades, que os ajudam na tomada

de decisões e atividades diárias, foi contemplada no capítulo 5. O último capítulo é dedicado às considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado, primeiramente, um panorama histórico das revoluções industriais: as máquinas, sistema fabril e a primeira revolução da informação. Na segunda parte do capítulo, são abordadas as principais teorias relacionadas à Indústria 4.0, e a terceira parte dedica-se à fundamentação teórica da área do Gerenciamento de Facilidades.

2.1 Panorama Histórico das Revoluções Industriais

O período da Revolução Industrial foi uma das maiores mudanças da história. As peças movimentadas com as mãos e os equipamentos mecânicos comuns foram substituídos por máquinas com automação, além de haver uma mudança na utilização do carvão e do ferro, que permaneceu de 1780 a 1850 (HENDERSON, 1979). Essa transformação ocorreu a partir da relação de dependência entre as duas matérias primas. Com o aumento da utilização do carvão para mover as máquinas, cresceu também a necessidade de transporte desse carvão, o que serviu de estímulo para a invenção da locomotiva a vapor, capaz de deslocar vagões através de caminhos de ferro.

A Grã-Bretanha apontou a nova direção. O crescimento da economia na metade do século XVIII, se deveu à fabricação britânica de carvão e à expansão da importação de algodão cru. A evolução tinha sido um forte incentivo para iniciar o progresso das fábricas, e uma sequência de importantes descobertas na segunda metade do século XVIII transformou as fábricas têxteis, de metais e de transportes (HENDERSON, 1979).

Na visão de Iglésias (1981), a Revolução Industrial teve início na segunda metade do século XVIII, em 1769, quando foi desenvolvida a máquina a vapor, principalmente para auxiliar no carregamento do carvão nas minas, que era feito com o esforço de homens ou de animais.

A Segunda Revolução Industrial teve início na segunda metade do século XIX, quando uma abundância de descobertas modificou a face da indústria. Métodos inovadores de aceraria (revestir ou guarnecer de aço, para dar maior dureza) deram passagem à fabricação econômica de aço de boa qualidade em ampla escala. A turbina a vapor, o equipamento de combustão interna e o motor elétrico derrubaram o equipamento a vapor, e relevantes

invenções em química determinaram os pilares das fábricas plásticas e farmacêuticas (HENDERSON, 1979).

A Terceira Revolução Industrial teve início na metade do século XX, com o aparecimento do transistor. Essa peça eletrônica substituiu a utilização das válvulas, que ocupavam grandes espaços e gastavam muita eletricidade, dificultando determinados métodos produtivos (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018).

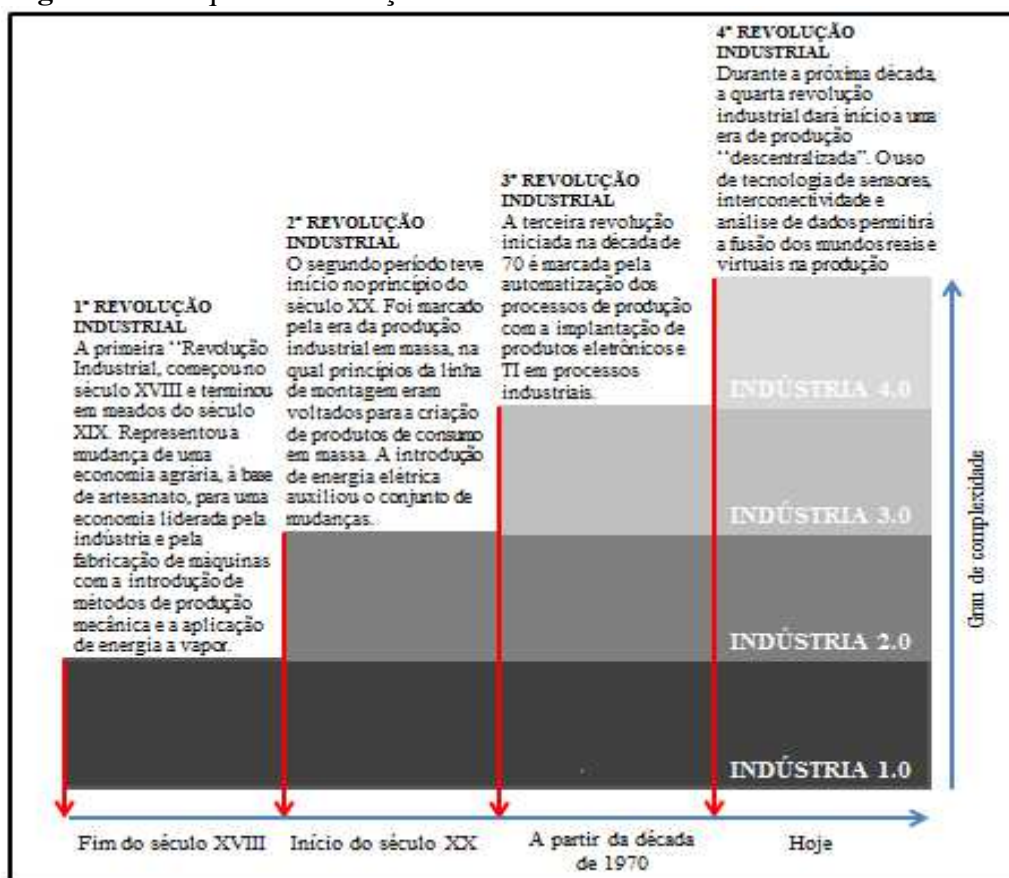
Os Controladores Lógicos Programáveis – CLPs surgiram capacitados para receber o planejamento de uma atividade industrial e cumpri-la diversas vezes, com a mesma precisão. Esses CLPs carregavam uma memória das atividades a serem realizadas, além da facilidade de fazer atividades matemáticas, avaliar a produção de maneira automatizada (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018).

A internet, por sua vez, trouxe a chance de um diálogo que incluiu voz, imagem e texto. Atualmente, milhares de indivíduos estão on-line, mudando os modelos de convivência e consumo (STEVAN, LEME e SANTOS 2018).

De acordo com Schwab e Davis (2018), por volta de 1950, as tecnologias fundamentais da Terceira Revolução Industrial – os princípios da informação e a computação digital – passaram por mudanças significativas. Do mesmo modo como aconteceu em tempos passados, a Terceira Revolução Industrial não surgiu em virtude da presença das tecnologias digitais, mas devido às transformações que essas inovações proporcionaram ao sistema econômico e social. A capacidade de guardar, processar e divulgar informações no padrão digital deu novo formato a quase todas as indústrias e transformou completamente a vida profissional e social de bilhões de indivíduos.

Abaixo, segue a **Figura 1**, em que é possível observar a evolução e características das quatro revoluções industriais:

Figura 1 – As quatro Revoluções Industriais



Fonte: Confederação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN).

2.2 A Indústria 4.0 – Conceito e Características

Para os autores Stevan, Leme e Santos (2018), ainda que a expressão Indústria 4.0 tenha sido originalmente usada e referida apenas para a manufatura (em contraste com outras iniciativas líderes em menor escala de aplicação, como a “internet industrial”), as indústrias modernas estão evoluindo cada vez mais em nível tecnológico, de modo a alcançar um patamar de automatização quase completo, capaz de se adaptar a diversos desafios que possam vir, o que deu maior abrangência ao contexto de adoção dessa nomenclatura.

A Indústria 4.0 é estimulada pelos movimentos de conectividade, insumos modernos que possibilitam a evolução de dispositivos inovadores, técnicas de processamento com maior velocidade, novas redes de produção, redes de sensores de fabricação e monitorados por computadores, proporcionando comunicação entre o real e o virtual de modo mais ambientado (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018).

Conforme Stevan, Leme e Santos (2018), essa transformação compreende toda a cadeia de valor, influenciando o padrão de negócios. A Indústria 4.0 gera novos conceitos, sobre os quais a empresa tem controle: maior capacidade e transparência de comunicação entre sistemas, (controle presencial); capacidade em tempo real de obter e examinar dados e conceder informações; fácil adequação às alterações ao reestruturar parâmetros específicos; e melhor direcionamento de serviços. Como resultado, a Indústria 4.0 tem gerado circunstâncias adequadas para novos negócios, produtos e uma oferta de soluções bastante personalizadas.

No entanto, essa transição é um desafio para as empresas. Será preciso revisar a operação e adaptar a infraestrutura das empresas cujas atividades e aquisição datam das décadas de 1950 a 2000. É possível que tenham necessidade de se modernizar, devido ao alto fluxo de dados gerado por dispositivos e sensores on-line equipados com as novas redes de comunicação nas edificações. De modo simultâneo, será importante analisar as ameaças relativas à segurança de dados (STEVAN, LEME e SANTOS 2018).

A revolução da Indústria 4.0 é também uma solução para lidar melhor com a escassez de recursos e impactos da ineficiência energética, e para haver um aumento de produção com menor desperdício (STEVAN, LEME e SANTOS 2018).

Para Stevan, Leme e Santos (2018), há outro desafio a ser enfrentado: a transformação e aperfeiçoamento na qualificação dos profissionais que estão no mercado de trabalho, para que se adequem ao novo cenário. Diante da progressiva liberação da exigência de atividades diárias, pede-se um aperfeiçoamento na área da criação, na execução de tarefas de valor agregado, e aquisição de novas habilidades.

Por outro lado, a Indústria 4.0 incorporou a Internet das Coisas. A incorporação dessas técnicas envolve a utilização de equipamentos modernos, armazenamento e hospedagem de produção preparados para substituir informações de maneira independente por operações monitoradas em cadeia. Com isso, o aperfeiçoamento se tornará mais fácil nos procedimentos empresariais e engenharia, pois os procedimentos da operação serão ligados diretamente em rede com a metodologia do negócio da organização (STEVAN, LEME e SANTOS 2018).

Nesse contexto, os vários sistemas estabelecem comunicação entre si, formando uma cadeia composta de forma integral. No entanto, as novas frentes que serão abertas através desta inovação tecnológica implicam na necessidade de que o desenvolvimento caminhe na mesma direção, seja estruturado ao redor da mesma finalidade, e tenha origem nessas tecnologias (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018).

Schwab e Davis (2018) afirmam que a Indústria 4.0 é uma forma de descrever um conjunto de transformações, em curso, iminentes dos sistemas que nos rodeiam, sistemas que a maioria de nós aceita como definitivo. Ainda que não pareça relevante para as pessoas cujas vidas passam, cotidianamente, por uma série de pequenos, mas significativos ajustes, a Indústria 4.0 é uma nova fase da evolução do homem, no mesmo grau das revoluções passadas, igualmente motivada pela liberdade, e relacionada ao desenvolvimento de tecnologias surpreendentes.

As inovações em desenvolvimento se estruturam sobre a compreensão dos sistemas das revoluções industriais passadas e, especialmente, sobre a última revolução industrial. Elas compreendem 12 grupos de tecnologias, tais como a inteligência artificial e a robótica, as neurotecnologias, as biotecnologias, a realidade virtual e aumentada, as tecnologias energéticas, assim como princípios, ideias e possibilidades cuja realidade ainda não sabemos (SCHWAB e DAVIS, 2018).

Na visão de Schwab e Davis (2018), a Indústria 4.0 vai além de uma transformação tecnológica. É o momento de constituir uma sequência de diálogos diretos que podem auxiliar todas as pessoas – a começar pelos dirigentes da área de tecnologia, até o poder público e indivíduos de qualquer classe econômica – a conhecer e direcionar a maneira como essas inovações expressivas controlam o universo que os cerca. Isto posto, devemos pesquisar como as inovações se conectam e nos impulsionam, de forma mais ou menos explícita, mostrando e reforçando os princípios e valores humanos.

Com relação aos sistemas, compreendemos as diretrizes, princípios, possibilidades, propósito, entidades e estímulos que conduzem nossa conduta diariamente, assim como bases de uma organização e as condições indispensáveis de uma economia (SCHWAB e DAVIS, 2018).

De maneira coletiva, eles controlam o modo como administramos nossa saúde, tomamos atitudes, fabricamos e utilizamos bens e serviços, trabalhamos, dialogamos, nos sociabilizamos e nos movemos – e também como pensamos o ser humano. Como tem acontecido em toda história das revoluções industriais, tudo será totalmente transformado com o desdobramento da Indústria 4.0 (SCHWAB e DAVIS, 2018).

2.3 Gerenciamento de Facilidades

No decorrer do ano de 2018, uma Comissão de Estudo Especial (CEE), formada por profissionais acadêmicos e engenheiros localizados em São Paulo e no Rio de Janeiro, trabalharam com afinco para realizar a versão final da série de normas ISO 41011 que trata da normalização do GF no Brasil, e que, depois de aprovada, ficará disponível para consulta nacional até que possa virar uma Norma Brasileira (NBR).

A ISO 41011 se baseou na ISO 41000, que é a norma internacional que padroniza a área de Gerenciamento de Facilidades. Para essa normatização tem-se:

Facility Management – FM integrates multiple disciplines in order to have an influence on the efficiency and productivity of economies of societies, communities and organizations, as well as the manner in which individuals interact with the built environment. Facility management affects the health, well-being and quality of life of much of the world's societies and population through the services it manages and delivers.⁶

Essa definição tem, como um de seus pontos centrais, o indivíduo. Sabe-se que o gerenciamento dos indivíduos que usarão o ambiente de uma instituição para desempenhar suas atividades empresariais, está subordinado a área de Recursos Humanos. Mas no interior dos edifícios, encontram-se componentes de quatro categorias, reunidos em sistemas (ANTONIOLI E GRAÇA, 2004). Cabe ao Gerenciamento de Facilidades conduzir os métodos de comunicação desses sistemas, entre si, e com o empreendimento, juntamente com o gerenciamento do edifício e todo seu composto, tratando especialmente com indivíduos, edifícios e sistemas. Antonioli e Graça (2004) trazem a seguinte categorização:

- **Indivíduos:** inclusive as Pessoas com Deficiência – PcD.

⁶ “Gerenciamento de Facilidades integra múltiplas disciplinas para influenciar a eficiência e a produtividade das economias das sociedades, comunidades e organizações, bem como a maneira pela qual os indivíduos interagem com o ambiente construído. O Gerenciamento de Facilidades afeta a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida de grande parte das sociedades e populações do mundo, através dos serviços que administra e fornece.” (tradução nossa)

- **Sistemas prediais:** dispositivos que fornecem serviços e insumos.
- **Objetos, ativos móveis:** por exemplo, mobília e máquinas.
- **Tecnologia:** formado por diversos elementos tangíveis e intangíveis, como por exemplo, software, hardware e conhecimento.

O desempenho do Gerenciamento de Facilidades é aferido pelo controle de todas essas categorias, além da adaptação de atividades e capital fundamentais ao atendimento das demandas dos usuários, de modo que esses consigam desempenhar as funções definidas para alcançar as metas estratégicas da instituição. Isso compreende não só o funcionamento do empreendimento e de seus sistemas prediais, como também a sua conservação, e de todos os elementos no espaço interno, além de ações de revisão e aperfeiçoamento, sejam essas de modernização ou edificação nova, de modo que não haja interrupções do apoio devido (ANTONIOLI e GRAÇA, 2004).

Toda a dedicação do gerente de facilidades é na direção de aumentar a performance do prédio na sua totalidade, atingindo a condição de alto desempenho (*high performance building*). Para isso, é indispensável que o seu trabalho com Gerenciamento de Facilidades tenha foco, e seja objetivo em seus métodos (ANTONIOLI e GRAÇA, 2004):

- | | | |
|--|---|---------------|
| • Eficiência (executar correto o trabalho) | ➔ | produtividade |
| • Efetividade (executar o trabalho correto) | ➔ | desempenho |
| • Eficácia (executar bem o trabalho importante) | ➔ | qualidade |

O Gerenciamento de Facilidades é também um sistema empresarial composto por métodos de gestão e administração, a partir da introdução de recursos de diversas origens: pessoas, finanças, energia, natureza e tecnologia e, em especial, de dados; as respostas são as atividades de apoio indispensáveis, coisas da operação do prédio e de seus sistemas. Sobre o sistema de Gerenciamento de Facilidades, incidem os efeitos de agentes externos, representados principalmente pela comunidade, comércio, órgãos, entidades e leis. Do lado de dentro da empresa, as interferências vêm de colaboradores, clientes e stakeholders, e do estado do empreendimento, de seus sistemas e máquinas. Esses impactos afetam a maneira como os métodos de administração são apresentados e, por consequência, seus resultados, que irão definir as situações operacionais do prédio que precisarão ser suportadas por revisão e aperfeiçoamento (ANTONIOLI e GRAÇA, 2004).

Assim, partindo do conceito explanado acima, o Gerenciamento de Facilidades representa uma grande área de atuação que depende de vários elementos, que vão desde o perfil de liderança com foco em planejamento, gestão de demandas, centrada no bem-estar dos usuários até o alinhamento ao negócio principal da empresa. Certamente, e isso é o que diferencia as empresas entre si, cada instituição saberá tirar vantagem dos privilégios que o departamento poderá incorporar a cada uma, potencializando recursos, expandindo e elevando a qualidade dos serviços, assegurando eficiência do empreendimento e, sem dúvida, reduzindo custos.

Recapitulando: até aqui, foi apresentada a introdução do trabalho que contemplou o problema, as hipóteses, os objetivos geral e específico e a justificativa da pesquisa, e o segundo capítulo, que reproduziu uma pequena visão evolutiva referente às revoluções industriais, o conceito e as características da Indústria 4.0 e um breve relato sobre Gerenciamento de Facilidades. O próximo capítulo tem como eixo a Facilities 4.0 e a aplicação das inovações tecnológicas em Gerenciamento de Facilidades.

3 A APLICAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO GERENCIAMENTO DE FACILIDADES

Este capítulo tem como finalidade apresentar a teoria acerca das doze aplicações e soluções que compõem o conceito da Indústria 4.0, assim como entender a aplicação das inovações tecnológicas em Gerenciamento de Facilidades.

3.1 Aplicações e Soluções da Indústria 4.0

Schwab e Davis (2018) ressaltam que a escolha dos 12 grupos de inovações que, associadas, desenvolverão e darão forma à Indústria 4.0, a partir de seu movimento e crescimento pelo planeta, está longe de estar completa. Há diversas inovações específicas muito difíceis de serem abarcadas, inclusive aquelas que podem surgir no futuro.

A escolha das inovações descritas a seguir se deu em razão de estarem em evidência neste início de processo de desenvolvimento da Indústria 4.0. É grande a probabilidade de que elas estabeleçam uma conexão com a biologia, a inteligência e o conhecimento das pessoas, assim como com o espaço físico; seus resultados serão amplos e de difícil previsão. Elas terão efeitos sobre a vida privada, a vida social, profissional e a formação das crianças. Terão repercussão em setores mais abrangentes, como os nossos direitos, e a comunicação com nossa coletividade e país. Elas modificarão o que é viável, o que é factível e o que é importante em nossa vida (SCHWAB e DAVIS, 2018). Seguem abaixo alguns trechos da visão dos autores, relativa a estes 12 grupos de inovação:

- **Tecnologias da computação:** estas novas tecnologias estão presentes em peças, instalações e arquiteturas que utilizamos para processar, guardar, manusear e interagir com os dados. Elas agrupam-se em áreas, como por exemplo, a computação concentrada em nuvem, a computação quântica, o processamento em rede neural, o armazenamento de dados biológicos, a computação ótica e em redes de malha. Estão impulsionando a evolução de softwares e novas maneiras de criptografia, gerando e solucionando problemas de segurança cibernética, autorizando o processamento de palavras e garantindo importantes benefícios de capacidade em áreas como as de aplicação para os serviços de saúde e de demonstração de procedimentos físicos e químicos.

As tecnologias da computação podem solucionar algumas das dificuldades encontradas nas atividades hoje. No entanto, se não usarmos abordagens rápidas de governança para assegurar a divisão de suas vantagens e a administração de seus efeitos negativos na segurança, elas podem, da mesma forma, representar ameaças.

Os Data Centers estão se tornando ambientes centralizadores de informações, e hoje em dia facilitam a entrada de informações arquivadas, e a capacidade de processamento. No futuro, nossos desejos por uma computação veloz exigirão uma computação compartilhada mais disponível localmente, através de dispositivos que garantam agilidade. Isso pode representar uma grande transformação no que diz respeito à capacidade computacional, e de como ela será aplicada.

O maior desafio para as tecnologias da computação é ter um olhar mais abrangente e cuidadoso com relação aos seus efeitos e consequências para nossas sociedades e comunidades. O fácil acesso, a integração e os cuidados sobre segurança, privacidade e autoridade precisarão ser tão estudados quanto às próprias inovações.

O gerente de facilidades, por sua vez, precisa estar constantemente atento a essas mudanças. As novas tecnologias têm impacto no Gerenciamento de Facilidades, desde a segurança da criptografia para informações sigilosas, até, por exemplo, na atuação do gerente de facilidades de um Data Center.

- ***Blockchain e tecnologia de registro distribuído:*** a tecnologia de registro distribuído é um banco de dados distribuído entre múltiplos dispositivos conectados numa rede descentralizada, que utiliza uma conjunção entre matemática, criptografia, ciência da computação e teoria dos jogos para armazenar a transação de valores, tanto na economia digital quanto na economia real. Essa tecnologia possibilitou o avanço das moedas digitais e *blockchain* é um exemplo de registro distribuído.

Estima-se que, até a década de 2030, versões das tecnologias de registros distribuídos poderão modificar, tanto operações financeiras on-line quanto a maneira como se vota, se fala etc. A implementação global da tecnologia de registros distribuídos representa uma transformação histórica, mas a inovação em si e a capacidade das empresas para aceitá-la ainda está engatinhando. A

ausência de entendimento referente à composição das redes de *blockchain*, bem como o fato de que as operações podem se opor às normas de transferência de informações nacionais, são dois dos vários problemas a serem solucionados. A governança coletiva, o comprometimento dos *stakeholders* e a solução de uma sequência de desafios off-line de administração são as principais prioridades para que essa inovação se constitua como *know-how* de mudança, tanto das operações quanto da segurança.

A tecnologia do *blockchain* é uma forma de contabilidade digital e pública que torna possível dividir registros digitais e dados de maneira segura e com a confiança da não reprodução desses registros. Essa não reprodução protege o valor do objeto digital ou dos dados. O *blockchain* pode ser encarado como uma força descentralizadora, visto que não há autoridade central encarregada pela manutenção do sistema. Em vez disso, incentivos colaborativos demandam que as diversas partes sejam honestas e tornem matematicamente impossível que o sistema seja hackeado.

Isso faz com que a tecnologia dos registros distribuídos seja adequada para a invenção de criptomoedas, identificação digital, rastreamento de coisas com a aplicação de criptografia e identificadores digitais e outros âmbitos em que a origem das coisas físicas ou virtuais necessita ser certificada. A probabilidade de reconhecimento desses bens autoriza maneiras inovadoras de convivermos com as informações que geramos como usuários de recursos, serviços e aplicativos digitais.

O *blockchain* pode auxiliar indivíduos e grupos que são frequentemente esquecidos das compensações econômicas, a formar associações para participar de processos comerciais maiores.

Entre as dificuldades que precisam ser enfrentadas para a implementação dessa tecnologia estão as incertezas legais, a inexistência de regulamentação e infraestrutura referente ao *blockchain*, obstáculos atuais para os bens físicos e dificuldades relativas à padronização de informações nacionais e transnacionais.

- **Internet das Coisas:** conceitualmente, a Internet das Coisas é um conjunto de sensores modernos e ligados que unem e transmitem informações para

outros dispositivos ou pessoas por meio da internet, com vários propósitos. Ela aperfeiçoará as comunicações entre pessoas e equipamentos, e a economia de informações entre equipamentos se ampliarão até superar a economia entre pessoas.

Dispositivos ligados em torno do planeta estarão em permanente diálogo com os indivíduos, e uns com os outros. Essa ampla rede de comunicação modificará a maneira como as coisas são fabricadas, antecipará nossas necessidades e abrirá novos horizontes. Simultaneamente, os registros distribuídos alterarão nossa maneira de gerar, verificar e disseminar informação e valor. Devido à presença dos sensores em todos os lugares, o mundo passará por muitas mudanças. Na medida em que os padrões de negócios utilizam a Internet das Coisas para aperfeiçoar suas operações e gerar uma economia de atração, nossas necessidades serão antecipadas por meio de aferições sobre nosso comportamento. Nesse espaço virtual, nos tornaremos mais conscientes do poder de nossas informações, e responsáveis com nossa segurança digital. A confiança nos sistemas tecnológicos amplie à dimensão que a Internet das Coisas favorece a democratização e a diminuição da concentração da produção econômica, favorecendo as iniciativas empreendedoras de indivíduos ao redor do planeta.

A relevância da Internet das Coisas vai muito além dos equipamentos inovadores ligados à internet e das funções que eles propiciam. Sua maior importância reside na coleta, estudo e administração das informações, na junção de viabilidades e conexões atípicas e no adiantamento das tendências de disrupção.

O uso de dispositivos para o alcance de informações quase em tempo real seria capaz de apoiar a formação de uma economia de atração com espirais de efeitos positivos, em razão do desenvolvimento e aos estímulos a postura dos clientes e população. Isso quer dizer que a Internet das Coisas pode ser muito relevante na abordagem de contratempos sistêmicos, por exemplo, o uso eficiente de energia, os sistemas de tráfego e as emissões globais.

A instituição de políticas e normas a respeito da sequência de informações universais da Internet das Coisas será um grande desafio da Indústria 4.0.

A disseminação de sensores e dispositivos traz desafios transnacionais no tocante às informações, privacidade, propriedade, entre outros.

A Internet das Coisas quando associada à Inteligência Artificial e à robótica gera um impacto social relevante nas rotinas de trabalho, pois limita a necessidade de atividades manuais e cotidianas. Por outro lado, as principais ameaças dos sistemas de Internet das Coisas são justamente aquelas associadas à segurança cibernética, em virtude da falta de sensores seguros e da ausência de parâmetros determinados para a transmissão de informações.

- **Inteligência Artificial e robótica:** a Inteligência Artificial já está recriando a economia digital e, em pouco tempo, redesenhará a economia física:

(a) Pode auxiliar um equipamento independente, como um drone, a percorrer espaços físicos, ajudando pessoas e computadores a se comunicarem;

(b) Administrar contratempos sistêmicos, como as emissões globais de gás carbônico (CO²) ou as funcionalidades de controle de tráfego aéreo global. Isso trará debates a assuntos complicados em proporções que vão muito além do conhecimento do indivíduo;

(c) Especialistas apostam que mesmo os episódios de ficção científica em que há sistemas operacionais inteligentes ou assistentes digitais empáticos podem se tornar realidade – robôs conseguirão fazer muitas atividades simples de vigilância e já estão sendo utilizados, inclusive, para busca e resgate de pessoas, e para matar atiradores armados;

A Inteligência Artificial já está rastreando as informações das redes de dispositivos e sequências de vídeos e, pode avisar a polícia sobre quaisquer ações estranhas.

Certamente, a Inteligência Artificial modificará o mundo, mas essa mudança não está livre de ameaças. O funcionamento dos algoritmos que aprendem automaticamente ainda é obscuro para a maioria dos indivíduos, e prognósticos de longo prazo alertam que não se pode menosprezar os riscos reais de uma falta de alinhamento entre os valores da Inteligência Artificial e

os valores humanos. Sem contar com as ameaças de segurança cibernética que poderão ocorrer se marginais conseguirem hackear ou modificar os aplicativos de Inteligência Artificial.

A Inteligência Artificial se desenvolveu velozmente nos últimos anos em consequência de processos de aprendizagem imediata que tiram proveito do aumento da disponibilidade de informações, do grande número de dispositivos e da crescente capacidade de processamento. A aprendizagem imediata alcançou um estágio em que pode repetir perfeitamente a comunicação e o convívio entre pessoas em ambientes reservados, abrangendo jogabilidade, consultas no atendimento ao cliente, diagnóstico médico e navegação de veículos autônomos.

Na última década, a Inteligência Artificial começou a alimentar novos sistemas físicos, fazendo com que aumentasse exponencialmente a interação entre homem e máquina. O trabalho em conjunto de robôs e seres humanos poderá possibilitar que a máquina realize atividades de indivíduos habilitados, como médicos, advogados, pilotos e motoristas de caminhão. Isso está gerando apreensão referente à atribuição do *know-how* do profissional qualificado, e em que medida o conhecimento e o bom senso dos indivíduos serão fundamentais para muitos serviços que poderiam ser realizados por sistemas automatizados.

Para alcançarem *know-how* dos amplos blocos de memória de informações grátis (as informações dos satélites, por exemplo) as companhias estão inserindo a Inteligência Artificial para atuar, e os dirigentes empreendedores iniciaram a formação de fontes de valor inovadoras com base nessas informações. A Inteligência Artificial, como originária de capacidades inovadoras, é uma moderna e fundamental aliada para o conhecimento econômico e científico, e poderá ser bastante útil para formação de políticas de monitoramento e proteção ambiental.

As aflições morais relacionadas à Inteligência Artificial e à robótica estão sendo debatidas por muitos indivíduos e instituições, pois a Inteligência Artificial pode gerar consequências em todas as áreas: no mercado de trabalho, na condução de veículos, nas decisões sobre crédito entre diversas outras.

O trabalho em conjunto entre a IA e a robótica pode fazer com que os seres humanos almejem uma governança mais colaborativa, pois a resolução de problemas e/ou divergências de normalizações ou de legislação poderá ficar mais fácil. A padronização possibilitada pela análise de grande volume de dados poderá minimizar os desentendimentos e atenuar conflitos.

- **Materiais modernos:** na Indústria 4.0, os materiais são os blocos da revolução. A capacidade de manipular os fundamentos materiais de muitas tecnologias, desde seu nível atômico, poderá ajudar a resolver alguns dos desafios mais assustadores do planeta. Os ciclos virtuosos de feedback das tecnologias desenvolvidas pela aplicação da ciência dos materiais proporcionaram a miniaturização das tecnologias da computação que, estão apoiando os especialistas em diversos setores com a finalidade de criar novos objetos, que vão desde organismos sintéticos até baterias de grafeno.

Os progressos na ciência de materiais estão levando o progresso das inovações que dominam o planeta e influenciam nossa vida. Os elementos dos materiais novos se tornarão componentes das tecnologias em todas as áreas, e sua conquista deverá acontecer de maneira ecologicamente responsável. Nesse sentido, os fabricantes deverão assumir os deveres e obrigações pelos impactos ambientais ao invés de responsabilizar a cadeia de valor.

O calendário do desenvolvimento de materiais, a contar dos investimentos até sua chegada aos mercados, é normalmente muito demorado e exige o uso pesado de capital. Os investimentos para o avanço de banco de dados e a integração da aprendizagem imediata poderão auxiliar a agilizar os prazos, mas a ausência de programação de investimentos de longo prazo atrapalha a fase de revoluções.

O encontro das inovações e das alternativas tecnológicas que elas ensejam vai demandar a dedicação de profissionais habilitados, do poder público e das empresas para fazer progredir os pontos referentes aos novos materiais.

Entre os problemas fundamentais a serem enfrentados na implementação de materiais avançados estão a ausência de entendimento sobre as dificuldades, o *know-how* reduzido em relação às consequências ecológicas, os obstáculos da

posse intelectual, as ameaças dos aplicativos transnacionais e as dificuldades da transmissão de conhecimentos em grande escala.

- **Fabricação de aditivos e impressão multidimensional:** as impressões em três dimensões e as tecnologias de fabricação aditiva possibilitam a confecção de itens únicos e de produtos que as tecnologias de fabricação tradicional não conseguem. Nas duas últimas décadas, o progresso da fabricação de aditivos foi capaz de produzir artigos com elementos com circuitos integrados e tecidos orgânicos.

A impressão em três dimensões atinge quase todos os âmbitos, da área de alimentos até a indústria aeroespacial, com artigos e serviços sob medida. As tecnologias de fabricação de aditivos tornam a produção de volume reduzido economicamente factível, deixam a prototipagem ágil e facilitam o fornecimento da manufatura. O percurso evolutivo das inovações crescerá significativamente nos próximos dez anos.

Essas inovações requerem uma reflexão maior sobre questões como, por exemplo, o comprometimento pelo objeto, ou pelo monopólio, em decorrência do meio ambiente compartilhado de sua criação e produção. O meio ambiente compartilhado da compra e impressão de artigos é uma razão de apreensão, pois os arquivos de fabricação dependem de informações, e informações trazem as políticas de normatização de dados para a equação.

Assim como no caso das outras inovações da Indústria 4.0, como os materiais modernos, a Internet das Coisas, o blockchain, o acordo entre impressão em três dimensões e outras inovações amplia a exigência dos debates multilaterais e colaborativos sobre segurança, proteção e orientações políticas.

- **Bioteχνologias:** as bioteχνologias deverão ter consequências na sociedade ao serem aplicadas na medicina de precisão, na agricultura e na produção de biomateriais. Essa última poderá atingir a criação de bioprodutos para setores como a saúde e a alimentação, e atingir todas as fábricas para as quais existem micróbios sendo utilizados com o propósito de gerar substâncias químicas e materiais customizados.

As biotecnologias são diferentes das inovações digitais da Indústria 4.0, de três formas. Elas recordam respostas mais emotivas dos indivíduos, são menos prováveis, por serem orgânicas, e são mais relevantes e necessitam de inúmeras normas, requerendo um investimento expressivo no futuro. Há, igualmente, diferenças significativas de ponto de vista que determinam a aceitabilidade e o uso de muitas biotecnologias, e elas terão repercussão sobre a permissibilidade dos trabalhos científicos.

As novas biotecnologias requerem uma elevada capacidade computacional e se favorecem dos recursos crescentes da aprendizagem automática, do crescente aumento de informações e das plataformas que auxiliam nos resultados de modelagens.

A convergência das biotecnologias com as inovações digitais cria bastante expectativa e apreensão no que diz respeito à capacidade para o desenvolvimento humano e o compromisso de interoperabilidade biológica e digital. Isso porque essa convergência, aliada ao relacionamento da biologia molecular, da engenharia de materiais, das abordagens computacionais e da modelagem matemática preditiva trarão consequências ainda imprevisíveis para a sociedade, para as fábricas e para a natureza.

Os governos deverão observar temas que vão das liberdades científicas aos direitos humanos. A administração em biotecnologia poderá ser mais adequada se estiver fundamentada em princípios humanísticos e universais, e terá que atuar de maneira correta e séria, justificada em evidências científicas concretas.

Os assuntos de administração em biotecnologias compreendem o cumprimento das regras culturais, a conservação dos paradigmas morais, a redução das possíveis ameaças biológicas, a construção de confiança e comunicação entre os *stakeholders*, a gestão das consequências em relação aos temas de justiça e igualdade e a formação de tratamentos regulatórios flexíveis.

- **Neurotecnologias:** as neurotecnologias nos auxiliam a entender melhor o cérebro e como ele trabalha do mesmo modo nos auxiliam a conhecer como dominar a mente, a índole e a atitude. O acréscimo desses conhecimentos poderia aliviar enfermidades e traumas que atingem o cérebro e aperfeiçoar o

uso do cérebro. O limite entre a correção e o aperfeiçoamento poderá se tornar duvidoso, pedindo uma reflexão acerca de influências geradas pela maneira como as inovações são utilizadas.

As neurotecnologias da Indústria 4.0 produzirão novos campos de valor para as fábricas, com consideráveis consequências globais. Mediante ciclos de *feedback*, elas auxiliarão no surgimento de uma nova arquitetura computacional e de software, e, do mesmo modo, mudarão significativamente nossa compreensão sobre o ser humano.

O conhecimento do funcionamento da mente humana poderá trazer avanços no desenvolvimento de novos medicamentos; o progresso da interação eletroquímica entre os sinais digitais e biológicos pode trazer avanços e benefícios significativos, como, por exemplo, corrigir lesões na medula espinhal, possibilitar sensação de funcionalidade aos membros e órgãos e ajudar na utilização de próteses. A chance de estudo particular, seleção de candidatos, aumento da produtividade ou o combate à depressão tornarão as neurotecnologias interessantes para os players da indústria.

Vale ressaltar que, no caso das neurotecnologias, o uso de uma abordagem multidisciplinar é fundamental para que os objetos possam chegar ao mercado. O potencial impacto dessas tecnologias precisa ser estudado e discutido multilateralmente, sobretudo os tópicos morais e jurídicos, como privacidade, propriedade intelectual, acessibilidade e aplicações judiciais.

- **Realidade virtual, aumentada e mista:** são interpretações de um conjunto audiovisual imersivo de inovações que deixam que os indivíduos se posicionem em um ambiente virtual ou insiram elementos virtuais ao ambiente real.

Essas inovações da realidade estão sendo elaboradas há cinco décadas, mas a convergência entre a capacidade computacional, a mobilidade e recursos interativos só agora está gerando avanços.

- **Captura, armazenamento e transmissão de energia:** a Indústria 4.0 poderá acabar com a dependência mundial de combustíveis fósseis e com a produção de energia emissora de gases de efeito estufa, estabelecidas nas revoluções industriais anteriores. Isso é cada vez mais urgente, pois a

população mundial está crescendo, as economias estão se industrializando, os efeitos das alterações climáticas estão se tornando mais agudos e, em todo o mundo, a demanda por energia deverá dobrar até 2040.

A mudança de energia renovável deverá ser cada vez mais rápida e abrangente. Os investimentos de longo prazo precisam ser efetivados para que tragam efeitos positivos no futuro, principalmente em territórios de desenvolvimento contínuo elevado. O investimento em pesquisa e desenvolvimento em energias renováveis exige um aumento significativo em comparação com despesas de implantação. Ao mesmo tempo, com a evolução das inovações de armazenamento de energia, quem sabe seja possível que a produção de energia atenda à demanda.

As inovações tecnológicas de energia estão sendo utilizadas na inspeção da energia das marés, até na fusão nuclear, e por meio dos materiais avançados e das nanotecnologias. Elas conseguirão auxiliar na ampliação da capacidade e reduzir as perdas de energia. Ajustadas com a inteligência artificial, a eficiência de todo o sistema em grande escala também pode ser aperfeiçoada mediante redes inteligentes, da transmissão prática de energia ou do transporte com base em baterias.

Uma enorme mudança de energias renováveis coloca a indústria de combustíveis fósseis em situação de risco, em conjunto com a segurança, advinda da obsoleta estrutura geopolítica. Para tratar das consequências sociais e políticas dessa mudança, a cooperação é muito importante.

A cooperação multilateral e o equilíbrio mundial serão fundamentais caso desejemos que o poder público tome a decisão de fazer grandes investimentos de longo prazo. A criação de políticas e cenários normativos podem auxiliar a trazer maior segurança para cooperação.

- **Geoengenharia:**

Na visão dos autores Schwab e Davis (2010), geoengenharia é a ideia de que os seres humanos deliberadamente e com sucesso podem controlar o comportamento altamente complexo da biosfera terrestre. Muitos cientistas, no entanto, veem as tecnologias que se propõem a intervir nesse espaço como imaturas e inseguras, na melhor das hipóteses, e existencialmente ameaçadoras, na pior delas, com consequências imprevisíveis e incontroláveis.

Grande parte dos debates descreve as manifestações tecnológicas teóricas, determinadas a limitar os gases de efeito estufa e modificar os métodos atmosféricos para combater a mudança climática.

Diversos cientistas alegam que a mudança nos sistemas atmosféricos com nosso grau atual de compreensão científica é ameaçador e imprudente, em contrapartida os apoiadores da geoengenharia enxergam como uma maneira de reparar as épocas de impacto humano sobre o meio ambiente e a atmosfera.

A habilidade para alcançar uma temperatura constante, quer dizer, de zero emissão líquida, requer a diminuição das emissões e, simultaneamente, da quantidade de dióxido de carbono gerado. A finalidade não pode ser atingida mediante veloz aperfeiçoamento tecnológico, entretanto a inovação tem uma atribuição a realizar para que seja atingida.

Seja qual for o fluxo responsável da geoengenharia, ele demandaria uma estrutura global de cooperação de todos os governos. De ano em ano, são apenas poucos elementos reduzidos dessa estrutura, e, sem ela, as ameaças para os recursos comuns se tornam consideravelmente superiores.

A geoengenharia é um assunto recente nos grupos políticos, e ainda não conta com recursos e experimentos ativos suficientes. A governança para esse bloco de inovações deve ponderar uma ampla série de perguntas, a começar pela autoridade para introduzir inovações até opções menos perigosas no que diz respeito aos impactos que atravessam divisas.

- **Tecnologias espaciais:** as tecnologias com fundamento espacial relativo ao planeta estão em um ponto de inflexão. O planeta vive um momento em que o progresso das companhias e incentivo de financiamentos estatais expandem as divisas da exploração e comercialização do espaço. Engenheiros e empreendedores, em busca de novos desafios, enxergam o espaço como uma extraordinária possibilidade de participar de uma nova concepção de futuro. Anos de contribuição multilateral entre profissionais, dirigentes e investidores vêm consolidando a ideia de que a introdução de inovações no espaço é segura. Essa atitude colaborativa é essencial no combate a dificuldades, como o aumento de resíduos espaciais, o trânsito espacial sem administração e a ausência de instruções universais de comportamento para o espaço.

O espaço tem sido um gerador de sucesso de indústria *spin-off*⁷, como a fabricação de *microchips* e a engenharia de software. Em um interessante âmbito de *feedback*, do mesmo modo o espaço é destinatário de vantagens integradas (*spin-in*, ou seja, de dentro da empresa), como por exemplo, das inovações criadas pelas indústrias *spin-offs*. Computação móvel, baterias, impressão em 3D e inteligência artificial, todas elas auxiliarão a expandir a capacidade e o progresso de inovações tecnológicas espaciais.

Os novos desafios das tecnologias espaciais compreendem o controle da quantidade de novos players na indústria e, no espaço, a redução do congestionamento, na proporção em que mais satélites e instituições dispõem de investimento no espaço, a divisão de frequências de rádio e de largura de banda e o estabelecimento das normas e processos para o proveito dos possíveis recursos espaciais.

O compromisso e o posicionamento multilateral são importantes para estimular a confiança nas sinergias público-privadas, para assegurar que o espaço seja utilizado para o bem coletivo, e não para aumentar as discórdias geopolíticas; para auxiliar e desenvolver caminhos de fácil acesso para uma sociedade mundial.

Na visão de Stevan, Leme e Santos (2018), as inovações tecnológicas que dão sustentação a esse novo contexto, além de seus impactos nos padrões da Quarta Revolução Industrial, são:

- **Internet das Coisas:** compreende inúmeros princípios frequentes do espaço físico da indústria, como supervisão, manutenção, coleta considerável de sinais de dispositivos, comunicação máquina a máquina e tecnologias de automação. Apesar disso, sua sustentação está na utilização das inovações tecnológicas, como equipamentos inteligentes (com habilidade de compreensão e aprendizado), inovação para transporte e *Big Data*, interconexão de várias redes de comunicação e desenvolvimento nas premissas de segurança.

⁷ *Spin-off* pode ser traduzido por “empresa derivada”, que é uma empresa que surgiu de um grupo de pesquisa de uma empresa, universidade ou centro de pesquisa público ou privado, que geralmente pretende explorar um novo produto ou serviço de alta tecnologia.

As vantagens da Internet das Coisas significam ampla coleta de dados do espaço físico, através do uso de diversos dispositivos. Visto que os dados sejam coletados e liberados nos servidores de informações no chão de fábrica, inúmeras aplicações de observação e controle podem usá-la de maneira coletiva, confrontando-a.

Sobretudo dentro da indústria, geralmente há inúmeras redes de dados, aparentemente destinadas, que passam a se comunicar e criar a probabilidade de troca de dados. Esse procedimento gera uma nuvem de dados locais, que podem ser acessados por todo espaço físico, através de aplicações também em nuvem.

Com o objetivo de que a divulgação interna de dados seja eficaz, a maioria dos dispositivos que controlam o espaço físico fabril deve ganhar uma identificação, tornando possível a visibilidade e o acesso dentro da rede.

- **Computação na nuvem:** tecnologia que permite acessar arquivos e executar diferentes tarefas pela internet, sem a necessidade da instalação de aplicativos ou softwares no computador, já que o armazenamento de dados está on-line, em uma rede.

Devido ao grande volume de dados criados pela Quarta Revolução Industrial, a permutação em nuvem vem tornar mais fácil o tratamento de dados e, simultaneamente, torná-los mais disponíveis.

Essa tecnologia concentra três grupos de serviços: Infraestrutura como Serviço, Plataforma como um Serviço e Software como um Serviço. Cada grupo determina um combo de serviços liberados para o usuário, e esse é o código para a nuvem: tudo é ofertado como um serviço.

Além da proposta de prestação de serviço por grandes empresas do setor de computação na nuvem, existe outro grande benefício que é a probabilidade de entrada de forma mais ágil e simples, do local do cliente ou dos dados processados dentro da nuvem. É uma inovação tecnológica relacionada à comunicação e a principal desvantagem é que a tarifa de transferência de informação é alta, e precisa de uma banda grande de internet.

Pensando no GF, essa tecnologia demanda menos espaços com servidores físicos, já que o servidor não precisa necessariamente estar alocado na empresa, e sim no fornecedor desse serviço.

- **Big Data:** as grandes estruturas de comunicação formam um volume de dados que nenhum banco de dados tradicional ou sistema de processamento é capaz de tratar. *Big Data* representa essas grandes estruturas, frequentemente situadas em áreas técnicas, construídas para tratar dados estruturados e não estruturados de várias origens, como textos, formulários, *blogs* da *web*, comentários, vídeos, fotografias, telemetria, GPS, chat de mensagens instantâneas, notícias, e ainda as estruturas de produção industrial como rastreamento logístico RFID, entre outros. Afinal, tudo que está conectado à *web* pode ou será uma fonte de dados a serem tratados.

O problema é que, com essas várias estruturas de dados, é difícil integrar ou examinar um banco de dados com estrutura convencional.

Apesar disso, as companhias têm que examinar dados de todas as origens para usufruir do *know-how* gerado por meio de *Big Data*. Interesses de usuários e dados de eficiência operacional são alguns dos exemplos de informações que possibilitarão a uma companhia ser mais assertiva na elaboração de seus objetos.

Dentro desse escopo, o gênero de informação que integra a tecnologia de Big Data, assim como de sua origem (das mais variadas áreas, não somente na indústria, mas da economia como um todo) também é relevante. A tecnologia de grandes dados diz respeito a todo um conjunto de dados e informações existentes na nuvem, e que é constituído de dados provenientes das mais variadas origens, sendo as mais evidentes: as do comércio eletrônico; do fluxo de informações de segurança; das transações bancárias; dos processos de rastreamento logísticos e assim por diante. Contudo, é interessante destacar que muitas informações industriais podem estar usando essa técnica para diversas finalidades, a começar do gerenciamento até o controle e monitoramento do processo de manufatura.

- **Comunicação Máquina a Máquina:** a comunicação máquina a máquina pode ser vista como o primeiro grande progresso no tocante a aplicações fundamentadas em comunicação, depois do avanço da *web* fixa para a *web* móvel. No momento em que dizemos máquina a máquina nos referimos a Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), capazes de medir, entregar e reagir de maneira independente conforme dados, ou melhor, sem

influência de pessoas, ou com pouca influência no decorrer das etapas de implantação, configuração, operação e manutenção desses sistemas.

A comunicação máquina a máquina engloba dispositivos, atuadores, equipamentos e coisas. As possibilidades de aplicação estão associadas à conexão desses sensores, incentivados pela criação de novas aplicações no mercado e fundamentadas nesse modelo de solução.

Algumas aplicações com tecnologia máquina a máquina foram muito usadas e tornaram-se praticamente sinônimos dessa tecnologia, como as leituras de telemetria como medição remota do consumo de água e energia elétrica, as medições do estado de saúde da pressão arterial e batimentos cardíacos, medições de ocupação do estacionamento nas cidades, e vigilância em tempo real de partes críticas de máquinas industriais.

As principais aplicações de máquina a máquina são:

- (a) **Energia:** área de muita relevância para o mercado máquina a máquina, que está ajudando progressivamente a integração de áreas de geração, transmissão e distribuição de energia, possibilitando o aperfeiçoamento da capacidade operacional na rede de energia elétrica e a redução de custo de operação do sistema.
- (b) **Indústria:** a máquina a máquina é utilizada para vigilância de equipamentos instrumentais e diversas peças industriais de alto valor, sendo indispensável para a segurança e a garantia de maior eficiência.
- (c) **Transporte:** aqui a máquina a máquina é utilizada para vigiar situações de trânsito e aperfeiçoar o movimento ou para a segurança e eficiência de estacionamentos, sendo um dos setores mais conhecidos.
- (d) **Varejo:** no momento em que se fala de melhorias da rede de suprimentos, armazéns ou lojas estão incorporando o controle máquina a máquina.
- (e) **Segurança:** a máquina a máquina é utilizada para disponibilizar acompanhamento e monitoramento móvel. As condições de largura de

banda, especialmente para monitoramento, são, via de regra, os mais altos entre todas as aplicações máquina a máquina, por causa das constantes transmissões de vídeo.

(f) Saúde: é um negócio em crescimento, com a finalidade de utilizar inovações para ampliar a eficiência de acompanhar enfermos em tempo real, e em várias outras situações. Os principais setores que se beneficiam dessa tecnologia são as aplicações clínicas e uso no bem-estar.

(g) Edifícios: a tecnologia máquina a máquina é utilizada para aprimorar a capacidade do empreendimento em relação ao consumo de energia, gerenciamento de resíduos, aumentar o bem-estar dos indivíduos, proporcionando conforto térmico com os sistemas de refrigeração e aquecimento.

3.2 Aplicações da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades

O autor Filho (2016) explica que o Gerenciamento de Facilidades é uma atividade presente nos dias atuais que vem incorporando tecnologias para seu desenvolvimento, tais como: o controle de acesso com circuito fechado de televisão; automação da iluminação com sensores de presença; irrigação automática; controle de estacionamento; cortinas automáticas; e muitas outras soluções. Contudo, esses sistemas, na maior parte, não comportam as aplicabilidades representadas por uma peça da Internet das Coisas. Processamento interno e memória local são características que não existem na maior parte dos dispositivos novos do mercado. De modo simultâneo, não existe um design de produtos e soluções com foco na Internet das Coisas. O que representa uma desvantagem para o GF, já que é um dos elementos mais promissores para a área (FILHO, 2016).

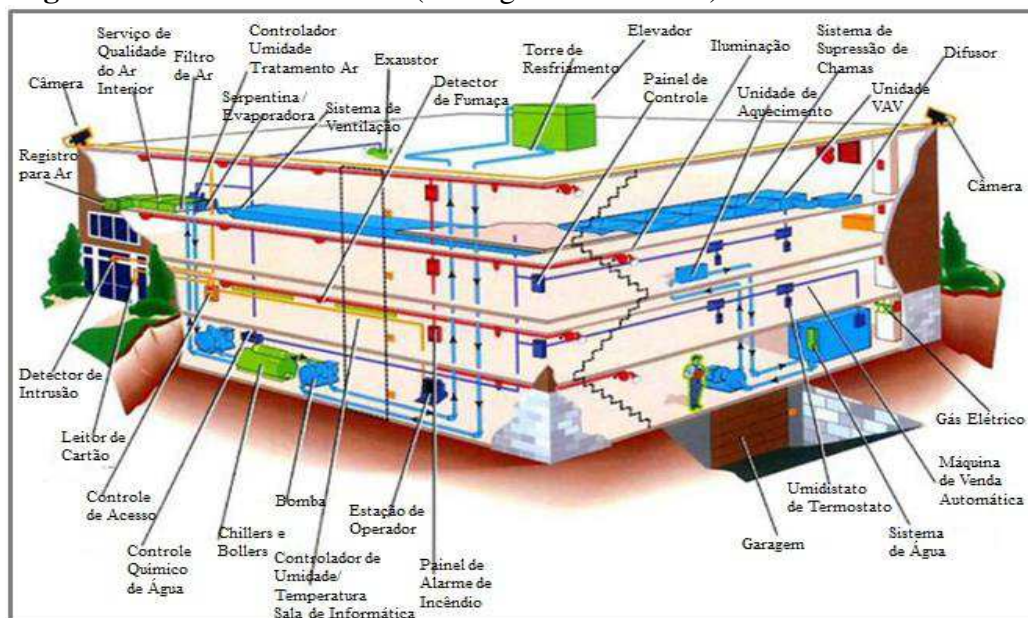
Ainda para Filho (2016), o padrão do sistema de automação parte de um olhar macro para o controle e a automatização do espaço, e reúne todos os sistemas que integram a rede interna da empresa. Nesse cenário, vários subsistemas de gestão colaboram entre si, de acordo com a classificação abaixo:

- **Gerenciamento do ambiente:** está relacionado aos dispositivos e comandos de temperatura, umidade, luminosidade, qualidade do ar, vazamentos de água e incidência solar.
- **Gerenciamento da capacidade da energia elétrica:** relativo aos dispositivos e comandos de uso de energia elétrica pelos inúmeros mecanismos instalados no edifício, assim como por outros produtos que possam interferir no uso de energia.
- **Gerenciamento de recepção:** referente a sistemas para apoiar na recepção, filtro e coordenação da entrada e saída de pessoas e objetos no prédio, aperfeiçoando a relação do edifício com os locais externos.
- **Gerenciamento de segurança e controle de acesso:** está relacionado aos dispositivos de controle de segurança, tanto do ponto de vista patrimonial, como da segurança de vida, o que compreende sensores de fumaça, variação de calor, sensores de vibração, inundação, assim como as câmeras em circuito fechado de televisão, para controle de acesso e intrusão.
- **Gestão demográfica e de fluxo de pessoas:** relativo aos dispositivos e controle do movimento de pessoas no edifício, com sensores de presença utilizados e outros controles de acesso, operando em conjunto com a gestão de recepção e gestão de segurança, visando ao melhor aproveitamento dos espaços prediais.
- **Gerenciamento do ambiente de missão crítica:** referente aos dispositivos e controle dos ambientes críticos do edifício, como os de energia elétrica, água, comunicação e informática, que, por princípio, devem ser resistentes e com alta tolerância a riscos, permitindo operação contínua do prédio.

A partir dessas considerações, e da visão global e integrada da edificação, um novo modelo se impõe, partindo de um olhar tridimensional dos ambientes e seus sistemas gerais. O desenvolvimento da plataforma de automação, baseada na Internet das Coisas, distribui as funcionalidades, para então, distribuir os objetos (“coisas”) entre os diversos subsistemas. A

Figura 2 representa onde cada objeto agrega funcionalidades de acordo com sua função no sistema, podendo servir a um ou mais subsistemas (FILHO, 2016):

Figura 2 – Modelo de sistema (visão geral do edifício)



Fonte: Filho, 2016.

Conforme Stevan, Leme e Santos (2018), no cenário de operação de uma indústria baseada na Terceira Revolução Industrial (ilustrado na **Figura 2**), nem todos os elementos envolvidos estavam conectados ou integrados, não centralizando as informações e fazendo com que as tomadas de decisão não pudessem ser realizadas de forma determinista e digital, aumentando o desempenho e eficiência de operação da indústria. Não existia uma interface de comunicação digital direta com troca de informações, ou seja, estas indústrias eram caracterizadas por meios tradicionais de comunicação ou registros manuais.

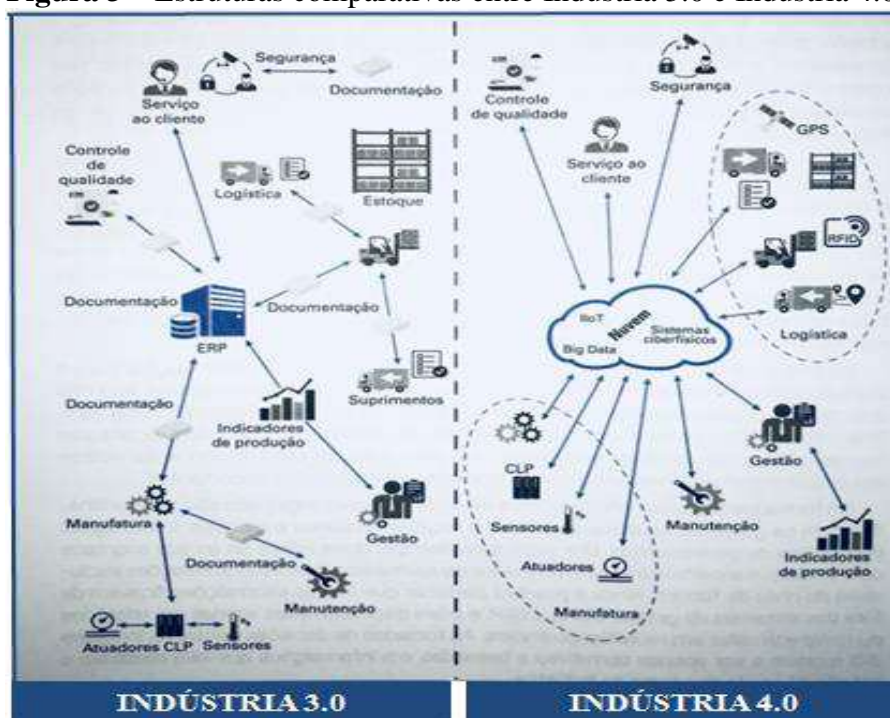
Stevan, Leme e Santos (2018) ainda mencionam que durante o período da Terceira Revolução Industrial havia diversos níveis de informações. Entre profissionais de nível hierárquico diferente, a comunicação era eficiente, mas a troca e/ou acesso às informações entre gestores do mesmo nível hierárquico era ineficaz. Na verdade, muitas informações eram monitoradas e controladas exclusivamente pelo chão de fábrica, enquanto outras instâncias internas da indústria não tinham acesso às informações importantes.

De maneira geral, muitas informações a respeito da manutenção não eram compartilhadas com os gestores, os quais se limitavam a receber relatórios e repassar

informações específicas da gerência local. Ainda é possível perceber que muitas informações ficavam de fora do sistema de gestão, como o Enterprise Resource Planning – ERP, e eram disponibilizadas apenas em relatórios ou compartilhadas em comitês (STEVAN, LEME e SANTOS 2018).

Ainda na **Figura 3**, observa-se que na Indústria 4.0 temos uma forte integração e coesão entre todos os setores da empresa, que contam com aplicação ampla de tecnologias de informação e comunicação. Os recursos para informações atendem a um nível amplo de normalização, permitindo que as informações possam ser distribuídas e fiquem acessíveis a todas as instâncias da indústria (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018).

Figura 3 – Estruturas comparativas entre Indústria 3.0 e Indústria 4.0



Fonte: Stevan, Leme e Santos, 2018.

Stevan, Leme e Santos (2018) afirmam que a conexão entre indivíduos e sistemas permite um grau de inclusão mais significativo e prático. Deste modo, a Indústria 4.0 torna mais fácil a perspectiva e a chance de existência de um edifício moderno, com agilidade e deliberações descentralizadas. A inserção e a comunicação entre sensores possibilitam melhor operação, virtualização, descentralização, direcionamento de atividades e controle em tempo real. Como consequência direta, pretende-se que a adesão aos benefícios promova avanços como:

(a) Economia:

- Gastos operacionais;
- Gastos de manutenção;
- Desperdícios;
- Uso de energia elétrica;
- Falhas.

(b) Melhora:

- Segurança;
- Satisfação do colaborador;
- Credibilidade;
- Preservação do meio ambiente;
- Transparência;
- Qualidade de produto;
- Customização.

A Quarta Revolução Industrial pretende ainda ter uma estrutura de produção com mecanismos e instrumentos inovadores para gerar maior capacidade, performance, bem-estar e proteção (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018).

No momento atual, inúmeras tarefas e tomadas de decisão de uma empresa são executadas por indivíduos ou grupos de trabalho, com o auxílio de estruturas modernas que orientam e fundamentam as medidas estratégicas. Desta forma, torna-se claro que a diversidade de cenários justifica que as indústrias adequem cada um dos seus setores no sentido de gestão integrada e virtualizada e, ao mesmo tempo adequada a esse contexto de globalização.

Supondo a existência de várias áreas em uma empresa, é importante que cada uma delas seja nomeada conforme a terminologia da Indústria 4.0. Desta maneira, essas áreas, quando atendem aos conceitos globais da Indústria 4.0, agregam a terminação 4.0 ao seu contexto de atuação (STEVAN, LEME e SANTOS, 2018):

- **Manutenção 4.0:** relativa a um conjunto de práticas organizadas para preservar ou reparar uma máquina ou estrutura, estipular seu estado operacional e potencializar sua vida útil. Para executar atividades de manutenção de determinadas máquinas ou estruturas, recomenda-se a utilização de um profissional de facilidades habilitado.

No passado, os métodos e os modelos de manutenção em máquinas e estruturas se fundamentavam em intervenções de reparo pontuais e isoladas

para assegurar uma boa performance da operação, cuja finalidade era certificar a perfeição e durabilidade do equipamento.

Por outro lado, na Indústria 4.0, os aparelhos e mecanismos têm sistemas computacionais avançados e complementares entre si.

Na época atual, os aparelhos e mecanismos apresentam um grau de desenvolvimento operacional que torna possível a tomada de decisões em uma empresa. Esse contexto viabiliza a entrega contínua de informações atualizadas sobre histórico de manutenção, manual, modelo, características da operação. Consequentemente, é necessário observar que todos os componentes virtualizados permitem a geração de perfis de manutenção preventiva e planejada de maneira personalizada. Visto que cada componente armazena todo o histórico de manutenção na nuvem, é possível controlar deterioração dos vários elementos de maneira específica e, de acordo com diversos pedidos, exibir cronogramas de manutenção individualizados, procurando a redução de despesas e a diminuição de paradas para trocar componentes e/ou procedimentos de modernização e melhoria.

As informações são atualizadas e guardadas ao longo da vida útil dos componentes, o que permite excelente conhecimento de gerenciamento de peças de reposição, direcionamento de tarefas e administração global de recursos.

- **Logística 4.0:** corresponde ao gerenciamento de toda cadeia de transportes e acompanhamento de objeto. De modo geral, além de lidar com dados dos produtos, a logística 4.0 ainda usa uma série de dados na nuvem, que permite pensar sobre quais as estratégias mais adequadas, avaliando ocorrências online de deslocamento, e ainda reduzindo o prazo dos inúmeros pedidos que possam estar no veículo.
- **Energia 4.0:** trata-se da gestão de energia para a qual pode ser possível selecionar a utilização de matéria-prima energética mais econômica ou sustentável, de acordo com a demanda de mercado. Nas épocas de maior procura, o cliente pode determinar onde e como comprar o produto conforme seu interesse.

Na Quarta Revolução Industrial, a energia é uma matéria-prima essencial para esse novo momento de transformação e, por esse motivo, o setor tem passado por mudanças. O âmbito da matéria-prima energética está se modificando com rapidez, considerando as fontes de energias renováveis. A finalidade é cortar a utilização de fontes de energia nucleares, bem como diminuir o uso de combustíveis energéticos como carvão, petróleo e gás. Estudos e incentivos estão sendo feitos para otimizar novos equipamentos de transmissão, distribuição e armazenamento de energia.

- **Serviços 4.0:** diz respeito à rede de pós-venda, onde todos os artigos são classificados e acompanhados durante seu ciclo de vida. Relacionam-se de modo direto com as áreas de projeto, logística e de gestão.

Uma abordagem mais tecnológica e perfeitamente detectável de serviços é vista como uma chance para que as companhias sejam capazes de atender ao aumento das solicitações dos clientes, mudando o modo como os serviços são ofertados e entregues, aumentando a eficiência e a eficácia. Além do mais, essa é uma chance para os usuários se favorecerem com novos recursos.

As interações de serviços precisam ser fáceis, intuitivas e extremamente personalizadas, em conformidade com os desejos dos clientes.

Após elaborarmos um panorama geral sobre as principais aplicações e soluções que compõem o conceito da Indústria 4.0, e apresentar situações em que essas inovações se aplicam em Gerenciamento de Facilidades; – no próximo capítulo, buscamos esclarecer os procedimentos metodológicos utilizados na elaboração deste trabalho.

4 METODOLOGIA

Esta atividade tem como princípio observar a questão problema e testar as hipóteses levantadas.

Para isso, foi necessário fundamentar a pesquisa, a partir de um referencial teórico advindo por meio de pesquisas bibliográficas, como livros, artigos, monografias e sites da internet.

Este trabalho tem como finalidade reunir dados, procurando colaborar para a investigação do estudo sobre A aplicação das inovações tecnológicas no Gerenciamento de Facilidades.

4.1 Classificação da Pesquisa

Pesquisa é um meio lógico e organizado que tem como finalidade possibilitar respostas aos problemas apresentados. A pesquisa é solicitada quando não há relatos satisfatórios para responder ao problema, ou quando temos relatos desorganizados impossibilitando associar ao problema (GIL, 2010).

Em relação ao objetivo, esta pesquisa é considerada como exploratória, pois analisa a aplicação das inovações tecnológicas da Indústria 4.0 no Gerenciamento de Facilidades, a caracterização do estudo que tem como finalidade responder a questão problema, está conduzido a uma investigação de campo direcionada para profissionais do mercado que fornece produto ou serviços de tecnologia para gestores de facilidades para analisar a sua percepção sobre a relação entre estas variáveis.

A pesquisa exploratória tem como objetivo permitir maior proximidade com o problema com expectativas a torná-lo mais compreensível ou criar hipóteses. Em outras palavras, essa modalidade de pesquisa tem como finalidade básica o aperfeiçoamento de ideologias ou a descoberta de intuições. Sua elaboração é, por isso, bastante flexível, de maneira que propicie a avaliação dos mais diversos pontos inerentes ao caso analisado (BERTUCCI, 2014).

4.2 Abordagem

Conforme as abordagens metodológicas, as pesquisas são classificadas em dois conjuntos específicos: qualitativo e quantitativo.

O conteúdo deste trabalho foi classificado como de abordagem qualitativa, pois não se utilizou de dados numéricos e/ou estatísticos, e procurou obter informações e/ou compreensão referentes à aplicação das inovações tecnológicas no Gerenciamento de Facilidades a partir de pesquisa de campo por meio de entrevistas.

4.3 Pesquisa de Campo

Para se analisar a qualidade dos resultados de uma pesquisa, é importante compreender como as informações foram coletadas, e quais os métodos foram empregados em seu estudo e observação Gil (2010). Nesse sentido, aplicam-se sistemas que relacionam as pesquisas de acordo com o conteúdo das informações (pesquisa de campo ou de laboratório).

Os recursos e procedimentos que subsidiaram a análise da aplicação das inovações tecnológicas em Gerenciamento de Facilidades, foi consequência de uma pesquisa de campo realizada por meio de entrevistas com profissionais do mercado que fornecem produtos ou serviços de tecnologia para gerentes de facilidades.

4.4 Amostragem

O tipo de amostra utilizada neste trabalho foi a amostragem não probabilística por acessibilidade ou conveniência.

Na compreensão de Appolinário (2012), quando citamos a expressão amostragem, estamos nos referindo às pessoas que foram escolhidas para contribuir com a pesquisa. A maior parte das pesquisas trabalha com amostras e não com populações, e a grande ressalva é o censo – em que são analisados todos os sujeitos que participam de uma população. Naturalmente, conforme a dimensão da população, essa atividade seria impossível ou bastante cara. Desta forma, a opção por outros métodos de amostragem é necessária, como no caso deste trabalho, em que foi escolhida a amostra não probabilística.

Na visão de Prodanov (2013), as amostras não probabilísticas são formadas de maneira casual ou proposital. Os indivíduos não são escolhidos aleatoriamente.

Amostras por acessibilidade ou por conveniência: constituem o menos rigoroso de todos os tipos de amostragem. Por isso mesmo são destituídas de qualquer rigor estatístico. O pesquisador seleciona os elementos a que tem acesso, admitindo que esses possam de alguma forma representar o universo. Aplicamos esse tipo de amostragem em estudos exploratórios ou qualitativos, em que não é requerido elevado nível de precisão.

A amostra deste estudo compreendeu profissionais do mercado que fornecem produto ou serviços de tecnologia para gestores de facilidades que compartilharam suas experiências de maneira voluntária para a elaboração da pesquisa.

4.5 Coleta de Dados

Para Marconi e Lakatos (2010), a coleta de dados é a fase do trabalho em que se inicia a utilização dos materiais preparados e dos procedimentos escolhidos, com o objetivo de realizar a coleta dos dados previstos.

Existem diversos métodos para a elaboração da coleta de dados, que se modificam conforme as condições ou o modelo de pesquisa. De forma resumida, os procedimentos de investigação são: coleta documental, observação, entrevista, questionário, formulário,

medidas de opiniões e de atitudes, técnicas mercadológicas, testes, sociometria, análise de conteúdo e a história de vida (MARCONI E LAKATOS, 2010).

O trabalho de pesquisa foi realizado presencialmente e por e-mail com alguns profissionais do mercado que fornecem produtos ou serviços de tecnologia para gestores de facilidades de empresas nacionais e multinacionais.

4.6 Tratamento dos Dados e Análise de Conteúdo

Segundo Gil (2010), a análise de conteúdo refere-se a textos escritos ou transcritos (jornal, revista, carta, relatório, cartaz, panfleto, gestos e posturas). Inicialmente este método foi aplicado em estudos sobre o conteúdo de jornais, e pretende expor de maneira direta, organizada e qualitativa o conteúdo manifesto da comunicação. Existem diversas concepções de análise de conteúdo, como: estudo descritivo, análise normativa, análises transversais, análises longitudinais.

Ainda segundo Gil (2010), os métodos analíticos se modificam de acordo com a concepção, e o tratamento de dados é uma das etapas neste processo de explanação do resultado. Todavia, o tratamento de dados baseia-se na constatação da regularidade com que as palavras aparecem num texto. Mas há meios mais refinados, como as diversas combinações de palavras.

Na visão de Marconi e Lakatos (2010), depois da coleta, os dados são preparados e relacionados de maneira organizada. Antes da avaliação e comentário, as informações precisam respeitar as seguintes etapas: seleção, codificação, tabulação.

Depois da manipulação das informações e alcançados os resultados, a próxima etapa é a avaliação e comentário sobre esses resultados, que configuram a base principal da pesquisa, descrevendo o cumprimento lógico dedutivo e indutivo do procedimento de observação. Nesse sentido, segundo Marconi e Lakatos (2010), a relevância das informações não está em si mesma, mas na capacidade de possibilitar conclusões às investigações.

Por outro lado, Appolinário (2012) aponta que o processo de observação, nomeado de “análise de conteúdo”, tem por objetivo buscar o significado de materiais textuais, sejam eles livros, revistas, artigos científicos ou a reprodução de conferências.

O resultado final de um estudo dessa natureza baseia-se na explanação teórica dos tipos que surgem do material investigado – muito embora esses tipos possam já ter sido determinados anteriormente, de acordo com alguma bibliografia selecionada pelo pesquisador. Para que essa consideração seja realizada, contudo, é importante gerir um procedimento para limitar o material original, até o ponto em que as categorias estejam claras e evidentes (APPOLINÁRIO, 2012).

4.7 Unidades de Significado

Unidade de significado é um recurso (tabela, quadro ou gráfico) para exibir as informações em base vertical ou alinhamento horizontal, que segue o agrupamento dos objetos ou materiais do estudo. Consequentemente, contribui para a exposição dos dados, propiciando, ao leitor, entendimento e explicação breve do volume de informações, e permitindo que, somente com um olhar, haja a compreensão dos pontos e analogias fundamentais. No entanto, seu objetivo principal é colaborar com o pesquisador na identificação de contrastes, semelhanças e comparações, através da clareza e da simplicidade da classificação coerente e da exposição gráfica na disposição das categorizações (MARCONI, 2010).

Procuramos neste capítulo mostrar o percurso metodológico deste trabalho, centrado na pesquisa de campo exploratória qualitativa através de uma amostragem por meio de entrevistas com profissionais do mercado, que fornecem produtos ou serviços de tecnologia para gerentes de facilidades, para representar o tema estudado. O capítulo seguinte apresenta o desenvolvimento da pesquisa de campo e a coleta de dados.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o desenvolvimento e a apresentação da teoria necessária para o entendimento do tema, foi realizada a aplicação prática das técnicas de interpretação descritas na metodologia, assim como a análise dos resultados, que serviu de base para as considerações relacionadas às hipóteses, elaboradas para responder a questão-problema. Os resultados obtidos na análise de desempenho e de conteúdo estão apresentados a seguir.

5.1 Composição da Amostra

Nesta primeira etapa, foram escolhidos e entrevistados sete profissionais que ocupavam posições gerenciais e de diretoria das áreas de tecnologia, automação predial, gerenciamento de propriedades em diversos setores de atuação. A **Tabela 1** apresenta como a amostra foi composta, indicando a área de atuação da empresa e a posição profissional dos entrevistados, cujos nomes foram omitidos para garantir o sigilo. As entrevistas ocorreram entre junho e julho de 2019.

Tabela 1 - Composição da Amostra

CÓDIGO	POSIÇÃO	SETOR DE ATIVIDADE
Empresa 01	Gerente de Propriedades	Serviços Imobiliários
Empresa 02	Gerente de Desenvolvimento de Negócios	Tecnologia
Empresa 03	Gerente de Engenharia de Aplicação	Fabricante de Ar Condicionado
Empresa 04	Gerente de Infraestrutura	Tecnologia
Empresa 05	Diretor de Projetos	Automação Predial
Empresa 06	Diretor de Tecnologia	Tecnologia
Empresa 07	Diretor Técnico	Controle de Acesso

Fonte: do Autor

As entrevistas estão relacionadas no roteiro apresentado no Apêndice, e foram realizadas de forma híbrida, ou seja, de forma presencial e virtual, por meio de e-mail. Os entrevistados são gestores especialistas de áreas diversas, responsáveis pelos produtos ou

serviços que a organização em que trabalham oferecem ao mercado. Cabe ressaltar a importância de analisar empresas de diversas áreas de atuação, pois, desta maneira, foi possível obter diferentes pontos de vista sobre a metodologia utilizada.

Posteriormente, o conteúdo coletado foi organizado e interpretado de forma que possibilitasse a elaboração da **Tabela 2** de Unidades de Significado (conforme explicado a seguir), direcionando-se para a próxima etapa da análise.

5.2 Compilação de Dados

Nesta etapa iniciou-se a transcrição de todo o material obtido nas entrevistas, e na sequência, foram destacados e selecionados conceitos e palavras-chaves considerados essenciais para a interpretação fiel dos dados. As Unidades de Significados foram, então, tabeladas de acordo com os conceitos abordados pelos participantes da entrevista e contribuíram na exposição dos dados, propiciando entendimento visual direto das informações, e a compreensão dos pontos e analogias fundamentais.

Toda atividade científica tem obrigação de entregar de maneira mais metódica possível a conclusão de um estudo; daí a utilidade da preparação de tabelas, que têm como finalidade apresentar não só o grupo de informações dos elementos, mas também a ligação entre eles, favorecendo a visualização dos componentes da investigação e dando fundamentação para os mais diversos cálculos estatísticos e gráficos explicativos (SANTOS, 2011).

Na etapa de levantamento de dados, o investigador anota as informações adquiridas e em seguida encaminha ao procedimento de classificação e categorização. Logo, as informações são analisadas e convertidas em unidades necessárias para afirmação ou não das hipóteses (BARROS e LEHFELD, 2000).

Para Barros e Lehfel (2000), antes de passar à etapa compreensão, é importante que o investigador estude os dados, ou seja, ele deve realizar uma pesquisa criteriosa, verificar erros, alterações e imperfeições. A partir das escolhas, as informações sujeitas de estudo e explicação passam por três fases:

(a) **classificação** – é uma forma de dividir e escolher as informações adquiridas no período de coleta, unindo-as em seções ou conjuntos, conforme a finalidade e relevância do estudo;

(b) **codificação** – é o recurso usado para introduzir os dados em grupos, dando-lhes um modelo. Assim, entre os modelos mais utilizados estão às letras do alfabeto ou números;

(c) **tabulação** – é o procedimento pelo qual se exibem em tabelas as informações alcançadas da categorização. A organização gráfica das informações facilita a explicação do estudo e favorece o método a sua interação com as hipóteses de pesquisa.

5.3 Análise de Dados

As 12 tecnologias⁸ testadas nas entrevistas foram agrupadas em forma de Unidades de Significados, contribuindo para a exposição dos dados, propiciando ao leitor entendimento e explicação resumidos, relativos ao volume de informações colhidas. A **Tabela 2** apresenta como foram identificadas e compiladas essas 12 Unidades de Significados a partir da seleção das entrevistas.

⁸ A saber: 1. Tecnologias da computação; 2. Blockchain e tecnologia de registro distribuído (do inglês, Distributed Ledger Technology – DLT); 3. Internet das Coisas (do inglês, Internet of Things – IoT); 4. Inteligência Artificial (IA) e robótica; 5. Materiais modernos; 6. Fabricação de aditivos e impressão multidimensional; 7. Biotecnologias; 8. Neurotecnologias; 9. Realidades virtual, aumentada e mista; 10. Captura, armazenamento e transmissão de energia; 11. Geoengenharia; 12. Tecnologias espaciais (SCHWAB E DAVIS, 2018).

Tabela 2 – Unidades de Significado (US)

Linhas/US – Tecnologias

Colunas – Empresas Entrevistadas

UNIDADES DE SIGNIFICADO	EMPRESA 01	EMPRESA 02	EMPRESA 03	EMPRESA 04	EMPRESA 05	EMPRESA 06	EMPRESA 07
US 01 BIG DATA	Gerenciado a partir da entrega de dados	Captar informações a partir desta inovação	A conectividade possibilita maior agilidade para o cliente		Captura uma série de informações sendo possível definir dados e relatórios		Gerenciamento centralizado e identificação de informações
US 02 Blockchain e Tecnologias de Registros Distribuídos							
US 03 Internet das Coisas	Trabalha em conjunto com o Big Data	Visão estratégica do gestor de facilidades	Maior segurança ao edifício e Identificação do usuário	Gerenciamento de facilidades, manutenção e análise de equipamentos	Sensores que permitem distribuição ampla e maior controle	Monitoramento do edifício	Monitoramento e manutenção preditiva e/ou corretiva
US 04 Inteligência Artificial	Auxilia a gestão de facilities	Gerenciamento dos serviços	Maior segurança ao edifício e Identificação do usuário			Prever e identificar falhas em equipamentos	
US 05 Materiais Modernos	Construção de uma usina fotovoltaica		Agilidade na comunicação e melhor monitoramento				
US 06 Fabricação de Aditivos e Impressão Multidimensional							Modelagem e protótipos
US 07 Biotecnologias	Projeto de sustentabilidade						
US 08 Neurotecnologias							
US 09 Realidade Virtual, Aumentada e Mista	Uso de drone para realizar a segurança patrimonial	Uso de drone para realizar manutenção			Uso de drone para realizar a segurança patrimonial		Uso de óculos para realizar a manutenção de equipamentos
US 10 Captura, Armazenamento e Transmissão Energia	Funcionamento da usina fotovoltaica		3 pilares da cia energia, operação e sustentabilidade				
US 11 Geoengenharia		Conscientização do meio ambiente	Terceiro pilar sustentabilidade				
US 12 Tecnologias Espaciais							

Fonte: do Autor

Foi possível agrupar as Unidades de Significado, que possuíam informações similares ou complementares, em categorias.

5.4 Categorização de Dados

Em uma segunda tabela (**Tabela 3**) foi apresentado um ranking classificando as 12 tecnologias testadas.

Nesse sentido, vale ressaltar que a análise dos resultados obtidos na pesquisa demonstrou o fato de que as quatro tecnologias melhores ranqueadas, como as principais buscadas para a área de Gerenciamento de Facilidades, coincidiram com as quatro tecnologias citadas nas hipóteses deste trabalho. Uma vez compilados os dados verificamos que:

- A **Internet das Coisas**, classificada em primeiro lugar no ranking, obteve unanimidade em reconhecimento entre os participantes da pesquisa.
- Em 2º posição, obtivemos **Big Data**, utilizada por cinco empresas, e,
- Na terceira colocação, observamos um empate nas aplicações tecnológicas de: **Inteligência Artificial e Comunicação Máquina a Máquina**.

Refletindo sobre os dados encontrados, buscou-se ir além do que estava evidente no material, com o intuito de determinar como as tecnologias estão interferindo na área de Gerenciamento de Facilidades (GIL, 2010).

Tabela 3 - Categorização das Unidades de Significado

UNIDADES DE SIGNIFICADO		EMPRESAS		
Categoria	Número	Empresa	Entrevista	Interpretação da Entrevista
C01 Internet das Coisas	03	01	Trabalha em conjunto com o Big Data	Melhor gerenciamento remoto a distância e geração de dados.
		02	Visão estratégica do gestor de facilidades	Aumento das conexões e interação entre as pessoas em qualquer parte do planeta.
		03	Maior segurança ao edifício e Identificação do usuário	Identificação do perfil do usuário para oferecer uma melhor experiência a partir da sua chegada no edifício.
		04	Gerenciamento de facilidades, manutenção e análise de equipamentos	Apoio ao gestor facilidades para analisar o desempenho dos equipamentos e avaliar a necessidade da manutenção preditiva, preventiva ou corretiva.
		05	Sensores que permitem distribuição ampla e maior controle	Distribuição muito mais ampla de controle com a implantação de sensores inteligentes microprocessados nos sistemas de automação predial.
		06	Monitoramento do edifício	Avanço na evolução do bom funcionamento dos edifícios.
		07	Monitoramento e manutenção preditiva e/ou corretiva	Maior autonomia a partir da centralização do monitoramento dos produtos instalados no campo.
C02 Grande Volume de Dados (Big Data)	01	01	Gerenciado a partir da entrega de dados	Maior controle das rotinas a partir da avaliação e mensuração dos dados.
		02	Captar informações a partir desta inovação	Obter e analisar informações para avaliar serviços, identificar perfil e melhorar a experiência do usuário.
		03	A conectividade possibilita maior agilidade para o cliente	A conectividade remota permite maior velocidade para obter os dados da operação e consequentemente maior agilidade na tomada de decisão.
		05	Captura uma série de informações sendo possível definir dados e relatórios	Capturar e armazenar informações, gerar uma série histórica de relatórios para auxiliar no planejamento e redução de custo da área.
		07	Gerenciamento centralizado e identificação de informações	Maior confiança no gerenciamento diversificado de informações.
C03 Inteligência Artificial	04	01	Auxilia a gestão de facilities	Progresso e maior velocidade para atuar no controle de acesso.
		02	Gerenciamento dos serviços	Melhor gestão dos serviços.
		03	Maior segurança ao edifício e Identificação do usuário	Equipamentos inteligentes e interligados na sala de reunião para regular a iluminação e climatização de acordo com o número de pessoas.
		06	Prever e identificar falhas em equipamentos	Melhorar o desempenho e a vida útil dos equipamentos através do diagnóstico antecipado de anomalias e falhas.
C04 Comunicação Máquina a Máquina	09	01	Uso de drone para realizar a segurança patrimonial	Progresso e maior velocidade para atuar na área da segurança patrimonial.
		02	Uso de óculos e drone para realizar manutenção	Personalização da utilização dos equipamentos.
		05	Uso de drone para realizar a segurança patrimonial	Possibilidade de visualizar imagens do local em tempo real e tomar uma ação.
		06	Prever e identificar falhas em equipamentos	Melhorar o desempenho e a vida útil dos equipamentos através do diagnóstico antecipado de anomalias e falhas.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Internet das Coisas

A internet das coisas representa um conjunto de sensores modernos e ligados que unem e transmitem informações do empreendimento para apoiar o gestor de facilidades na avaliação do desempenho dos equipamentos e necessidade de manutenção, assim como melhor monitoramento remoto das máquinas instaladas.

As Unidades de Significados inseridas nesta categoria destacaram o maior controle e transparência nos processos com essa ampla rede de comunicação. Isso para conseguir identificar o perfil do usuário, com o objetivo de proporcionar uma boa experiência enquanto ele estava nas dependências do edifício.

De modo geral, pôde se constatar, pelas entrevistas, que a Internet das Coisas teve aceitação dos executivos entrevistados. Para a EMPRESA 1, “A internet das coisas tem uma correlação, ou seja, caminha junto com a tecnologia *Big Data*”. Na visão da EMPRESA 2, “A maioria dos indivíduos está conectada e interagindo com outros indivíduos em qualquer lugar do planeta (estrutura e funcionamento do empreendimento, gestão de salas de reunião, monitoração dos dutos e comunicação entre as diversas áreas)”. A EMPRESA 3 declara, “É uma realidade da companhia mais especificamente no controle de acesso, segurança e incêndio”. Concordando, para a EMPRESA 4 “Iot já é uma realidade em companhias de refrigeração de ambiente, geração de energia, *chillers* e geradores”. O diretor de projetos da área de automação predial afirma “Com a chegada da internet das coisas temos uma distribuição muito mais ampla de controle”. Na opinião da EMPRESA 6, “Com IoT, é possível instalar sensores conforme a necessidade para o bom funcionamento do edifício, tal como o consumo de utilities”. A EMPRESA 7 reforça, “Monitoramos nosso produto que no campo através de dispositivos e um software (elétrica, voltagem, temperatura)”.

Portanto, a opinião dos executivos foi na mesma direção da opinião de Faccioni Filho (2016), ao afirmar que a Internet das Coisas é uma das inovações tecnológicas mais favoráveis para o Gerenciamento de Facilidades.

Big Data

A segunda categoria reuniu as Unidades de Significados que abordavam as novas tecnologias da computação, permitindo aos gestores de facilidades gerarem informações mais assertivas e tomarem decisões rápidas para impulsionar a melhoria contínua dos negócios da empresa.

Ainda que as organizações tivessem metas e objetivos diversificados, todos os entrevistados admitiram a influência positiva que esta inovação produz dentro da área de facilidades. Este ponto de vista foi ressaltado pelas empresas abaixo relacionadas:

O controle das rotinas dentro da gestão de facilities desde a manutenção, hard service, soft service, recepção, limpeza precisa ser gerenciado a partir das entregas e dados. Se não for possível mensurar o que ocorre na operação não consegue medir e tomar decisões assertivas. Por exemplo, relatórios de sustentabilidade, permitindo medir o volume de resíduo gerado que seguem para o aterro mensalmente por pessoa, identificar a evolução com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduo. (EMPRESA 1, 2019).

É uma tecnologia viável em todas as áreas em que a empresa atua. Por exemplo, na indústria de alimentos, com o foco na experiência do usuário, não é possível captar informações sem a computação na nuvem e Big Data (identificar comportamento, tendência, perfil, avaliar o serviço). Quanto mais diluída na nuvem mais barata fica. (EMPRESA 2, 2019).

A evolução está caminhando no sentido de armazenar todos os dados na nuvem, e atualmente a empresa oferece para o cliente um atendimento remoto. A companhia instalou no interior de São Paulo um Centro de Operações Remotas onde a comunicação é realizada através da comunicação via internet e o monitoramento é realizado remotamente através da nuvem, ou seja, o cliente só recebe uma visita se for identificada a necessidade do técnico. A conectividade permite vantagens para o cliente proporcionando maior velocidade, menor custo e redução de tempo para o equipamento voltar à condição de funcionalidade desejada (EMPRESA 3, 2019).

Os sistemas que projetamos e que estão instalados nos edifícios capturam e armazenam informações em banco de dados. Por exemplo, ao reunir dados referentes à temperatura de um prédio muito grande, você tem um conjunto de elementos que se encaixa neste conceito. Esse sistema captura uma série de informações que possibilita definir diagnósticos necessários dos equipamentos, ou seja, gerar uma série histórica de relatórios (média de temperatura, consumo, falhas), permitindo planejar ações futuras e até mesmo reduzir custos. (EMPRESA 5, 2019).

O produto - controle de acesso - é o conjunto de software e hardware, em que há um mecanismo de coleta e identificação de informações que segue para um servidor (banco de dados). A partir desta inovação, e devido à necessidade do cliente, o gerenciamento deixou de ser distribuído e passou a ser centralizado. Por exemplo, gestão de canteiro de obras, contratos e terceiros, ou seja, um produto voltado para relacionamento com os prestadores de serviços com foco na qualificação da mão-de-obra (empresa, atestado, certificações, *headcount*). (EMPRESA 7, 2019).

Sendo assim, observou-se que as novas tecnologias da computação, *Big Data*, surgiram como um verdadeiro fator de mudança para gerar melhores informações ao gestor de facilidades (potencializar o desempenho dos equipamentos, proporcionar melhor experiência ao usuário, prestar um serviço eficiente).

Nos dois próximos itens, foi identificada uma convergência de ponto de vista dos profissionais entrevistados e um empate na classificação geral das inovações referentes à Inteligência Artificial e Comunicação Máquina a Máquina. Os gestores concordaram que as duas tecnologias auxiliam no Gerenciamento de Facilidades (“identificar e descrever o perfil do usuário, personalizar o produto e/ou utilização serviço, detectar falha em equipamento”).

Inteligência Artificial

Esta categoria agrupa as Unidades de Significados que tratam de questões relacionadas à inteligência artificial em paralelo com a comunicação máquina a máquina, proporcionando o aumento da eficiência no desempenho das atividades.

Auxilia na gestão de facilidades, gerando maior progresso e maior velocidade para atuar no controle de acesso (EMPRESA 1).

Essas inovações vão auxiliar na gestão de prestação de serviços que deve ser baseado no perfil do usuário, personalização e utilização do produto. (EMPRESA 2)

É uma realidade da companhia no controle de acesso, segurança e incêndio. Na automação predial desde o momento que o usuário acessa o condomínio é possível identificar o perfil do visitante (sala de reunião, regulagem da iluminação e climatização do ambiente de acordo com o número de pessoas). (EMPRESA 3)

Com essas tecnologias é possível detectar anomalias e prever falhas em equipamentos. (EMPRESA 6)

Comunicação Máquina a Máquina

O último dos conjuntos diz respeito à tecnologia máquina a máquina, que é utilizada para aprimorar a capacidade do edifício em relação ao consumo de energia, gerenciamento de resíduos, aumento do bem-estar dos indivíduos, proporcionando conforto térmico por meio dos sistemas de refrigeração e aquecimento mais eficientes.

Atuação mais assertiva e imediata na segurança patrimonial. (EMPRESA 01)

Aprimoramento dos serviços de gerenciamento de facilidades baseado no perfil do usuário, personalização do produto e da utilização (EMPRESA 2)

Com a utilização de óculos tecnológicos o grau de segurança do edifício aumenta porque possibilita imagens em tempo real e ações rápidas. (EMPRESA 05)

A área de Facilities pode se beneficiar com o aumento de eficiência das operações em geral, com total controle de máquinas e equipamentos. (EMPRESA 6)

Com relação às soluções tecnológicas abaixo relacionadas, os entrevistados possuíam pouco conhecimento, mas acreditavam ser necessário mais desenvolvimento no sentido de sua utilização; em contrapartida, admitiram que o momento era oportuno para um salto de inovação na área de gerenciamento de facilidades:

- Materiais modernos
- Fabricação de aditivos e impressão multidimensional
- Biotecnologias
- Realidade virtual, aumentada e mista
- Captura, armazenamento e transmissão de energia
- Geoengenharia

Ao final da avaliação, os profissionais entrevistados reconheceram que as aplicações listadas a seguir não eram fornecidas para os gestores de empresas que atuavam na área de facilidades, porque elas não faziam parte dos produtos e/ou serviços de tecnologia comercializados nas companhias em que atuavam:

- *Blockchain* e tecnologias de registros distribuídos
- Neurotecnologias
- Tecnologias Espaciais

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As entrevistas demonstraram que os Gestores de Facilidades estão buscando as inovações tecnológicas trazidas pela Indústria 4.0, que são utilizadas de várias formas:

- Drones, que realizam manutenções preventiva e preditiva; controle de equipamentos por meio de voz; análise e utilização de grande volume de dados para a tomada de decisões.
- Essa informação foi importante para essa pesquisa, pois respondeu à questão problema delimitada na Introdução do trabalho centrada em como o Gerenciamento de Facilidades estava se adequando à aplicação das inovações tecnológicas trazidas pela Indústria 4.0.

Nesse sentido, pode-se notar que as quatro tecnologias selecionadas para a formulação das hipóteses deste trabalho, também foram as melhores classificadas na pesquisa como as. Mais demandadas para a área de Gerenciamento de Facilidades, a saber, por ordem do ranking obtido:

1. Internet das Coisas

Baseada na utilização dos sensores conectados, proporcionam maior controle e transparência nos processos de Gerenciamento de Facilidades. Essa é a tecnologia mais conhecida e de maior aplicação segundo as declarações dos entrevistados, pois facilita as atividades da operação, inserindo, principalmente, serviços baseados em voz para gerar impacto significativo na experiência do usuário. A investigação supõe que o aumento da utilização dessa tecnologia é constante, o que confirma a **Hipótese 4**, feita neste trabalho.

2. Big Data

Ajuda a manter um registro do histórico das atividades e atendimentos, e a ter acesso às informações em tempo real, o que confirma a **Hipótese 1**, já que os resultados demonstraram a influência positiva que essa inovação produz dentro da área de Gerenciamento de Facilidades. Isso porque, das sete empresas pesquisadas, cinco delas apontaram as relações entre as variáveis do Gerenciamento de Facilidades e as aplicações tecnológicas da indústria 4.0, baseadas em o Big Data, como uma

tecnologia que possibilita maior conectividade remota e velocidade para obter dados da operação e consequentemente maior agilidade nas tomadas de decisões.

Foi constatado na pesquisa o mesmo número de profissionais que utilizam o mesmo número de profissionais utiliza as tecnologias Máquina a Máquina e Inteligência Artificial em dia a dia. Considerou-se, assim, um empate entre essas tecnologias, e, por isso, ambas aparecem com a posição número 3.

3. Comunicação Máquina a Máquina

Contribui para o aumento da utilização da manutenção preventiva e preditiva, e a redução da manutenção corretiva. Nas explicações dos entrevistados é apresentada uma ligação entre o Gerenciamento de Facilidades e a Comunicação Máquina a Máquina devido à melhoria no desempenho e ao aumento da vida útil dos equipamentos por meio do diagnóstico antecipado de anomalias e falhas, bem como da eliminação de necessidades rotineiras, corroborando, assim, com a **Hipótese 2**.

4. Inteligência Artificial

Com a crescente utilização de máquinas e equipamentos para a realização das atividades, aumenta a produtividade e a qualidade em muitas vezes, e, na linha do tempo, reduz o custo, contemplando a **Hipótese 3**.

Através dessas análises, pode-se concluir que as inovações tecnológicas analisadas, trazidas pela indústria 4.0, agregam valor na prestação de soluções e serviços em Gerenciamento de Facilidades no Brasil, estando diretamente vinculadas com o bem-estar e à geração de valor para o usuário, cumprindo assim com os objetivos geral e específico desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABII – Associação Brasileira de Internet Industrial. Disponível em: <<http://abii.com.br>>. Acesso em: 22 abril 2018.

ABINC – Associação Brasileira de Internet das Coisas. Disponível em: <<http://abinc.org.br>>. Acesso em: 17 janeiro 2018.

ABRAFAC – Associação Brasileira de Facilities. Disponível em: <<http://www.abrafac.org.br/blog-info.asp?id=40&t=fm-debate:-paulo-spacca,-diretor-da-abinc,-avalia-a-import%C3%A2ncia-da-internet-das-coisas>>. Acesso em: 17 janeiro 2018.

ANTONIOLI, Paulo Eduardo e GRAÇA, Moacyr Eduardo Alves. **Subsídios Conceituais para o Planejamento de Sistemas de Gerenciamento de Facilidades em Edificações Produtivas**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2004.

ANTONIOLI, Paulo Eduardo. **Estudo Crítico sobre Subsídios Conceituais para Suporte do Planejamento de Sistemas de Gerenciamento de Facilidades em Edificações Produtivas**. São Paulo, 2003. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira e LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica**. 2ª ed. São Paulo: Makron, 2000.

BERTUCCI, Janete Lara de Oliveira. **Metodologia Básica para Elaboração de Trabalhos de Conclusão de Cursos (TCC): ênfase na elaboração de TCC de pós-graduação lato sensu**. São Paulo: Atlas, 2014.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. Disponível em:

<http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf>. Acesso em 28 abril 2018.

FILHO, Mauro Faccioni. BMS 2.0 – Nova geração de sistemas de automação e gestão predial. **Congresso NetCom**, São Paulo, 2015.

FIRJAN – Confederação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Indústria 4.0. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-2.htm>>. Acesso em 07 junho 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRAÇA, Moacyr Eduardo Alves. **Cultura e Estratégia em CREM/FM**. Apostila da Disciplina GF 302 MBA Gerenciamento de Facilidades. Programa de Educação Continuada em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, p.13, out, 2016.

HENDERSON, William Otto. **A Revolução Industrial: 1780 – 1914**. São Paulo: Verbo, 1979.

IFMA – International Facilities Management Association. Disponível em <<https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>>. Acesso em 19 novembro 2018.

IGLÉSIAS, Francisco. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Brasiliense, 1981.

ISO – International Organization for Standardization. Disponível em <<https://www.committee.iso.org/home/tc267>>. Acesso em 10 agosto 2018.

IWFM – Institute of Workplace and Facilities Management. Disponível em <<https://www.iwfm.org.uk/what-is-facilities-management>>. Acesso em: 07 dezembro 2018.

MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PORTAL DA INDÚSTRIA. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br>>. Acesso em: 14 agosto 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano e FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://tconline.feevale.br>>. Acesso em: 20 agosto 2018.

SANTOS, João Almeida e FILHO, Domingos Parra. **Metodologia Científica**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SCHWAB, Klaus e DAVIS, Nicholas. **Aplicando a Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2018.

STEVAN, Sergio Luiz Jr; LEME, Murilo Oliveira; SANTOS, Max Mauro Dias. **Indústria 4.0**: fundamentos, perspectivas e aplicações. São Paulo: Érica, 2018.

APÊNDICE

INSTRUMENTO DE PESQUISA – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Prezado Senhor (a),

Estou finalizando a Monografia do MBA em Gerenciamento de Facilidades na Universidade de São Paulo – USP. O tema aborda o Facilities 4.0 – A Aplicação das Inovações Tecnológicas em Gerenciamento de Facilidades

A pesquisa de campo tem como objetivo entrevistar profissionais que fornecem produtos e/ou serviços de tecnologia para gestores de empresas que atuam na área de Facilidades. Por isso, sua participação é fundamental e vai contribuir no atingimento do objetivo no trabalho.

Desde já agradeço a sua colaboração!

Isabel Pedroso dos Santos

Nome: _____

Empresa: _____

Atividade da Empresa: _____

Tempo na Empresa: _____

1. Qual o produto (ou serviço) que a organização em que você trabalha oferece/fornece ao mercado?

No livro *Indústria 4.0 – Fundamentos, perspectivas e aplicações* (2018), os autores Stevan Jr., Leme e Santos definem a Indústria 4.0 como uma revolução industrial que visa ter um sistema com máquinas e equipamentos inteligentes integrados para gerar maior eficiência, desempenho, conforto e segurança para as empresas. Por consequência as instituições têm sido impactadas, sendo beneficiadas e também levadas a se adequar a esse novo cenário.

Outros autores, Klaus Schwab e Nicholas Davis descrevem em seu livro *Aplicando a Quarta Revolução Indústria* (2018), que a Indústria 4.0 é uma forma de descrever um conjunto de transformações em curso e iminentes dos sistemas que nos rodeiam; sistemas que a maioria de nós aceita como algo que sempre esteve presente. Ainda que não pareça necessário para pessoas cuja vida passa cotidianamente por uma série de pequenos, mas significativos ajustes, a Indústria 4.0 é uma nova fase da evolução do homem, no mesmo grau das revoluções passadas, novamente motivada pela liberdade e relação de tecnologias surpreendentes.

Schwab e Davis (2018) também mencionam que estas inovações se dividem em 12 grupos de tecnologias, por exemplo, a inteligência e a robótica, as neurotecnologias, as biotecnologias, a realidade virtual e aumentada, as tecnologias energéticas, assim como princípios e bem como as ideias e possibilidades cuja realidade até então não sabemos.

Partindo destes conceitos, o presente trabalho pretende testar algumas hipóteses relativas à aplicação da Indústria 4.0 em Gerenciamento de Facilidades no Brasil.

Assim, qual das aplicações abaixo – relativas a estas 12 inovações – você apresenta e comercializada para a área de Gerenciamento de Facilidades? (observação: note que algumas destas inovações/tecnologias se relacionam a outras áreas do conhecimento não tendo, naturalmente, relação com GF).

- **Novas Tecnologias da Computação (Big Data/computação na nuvem)** – no centro das evoluções da computação estão as tecnologias em peças, instalações e arquiteturas que utilizamos para processar, guardar, manusear, e

interagir com os dados. Essa nova tecnologia permite gerar melhores dados e informações para apoiar o gestor de facilidades na tomada de decisões.

- **Blockchain e tecnologias de registros distribuídos** – trata-se do início para o avanço das moedas digitais e origem de todas as técnicas de armazenamento e transação de valores na economia digital quanto na economia real.
- **Internet das Coisas** – um conjunto de dispositivos inteligentes e interligados que conectam e transmitem informações para demais sensores ou elementos através da internet.
- **Inteligência Artificial (comunicação máquina a máquina)** – auxilia os equipamentos independentes a percorrem pelo mundo físico e auxiliar as pessoas e os computadores a se comunicarem. No caso do Gerenciamento de Facilidades, está tecnologia traz benefícios para as atividades de manutenção. (Por exemplo, possibilita o aumento da utilização da manutenção preventiva e preditiva e a redução da manutenção corretiva).
- **Materiais modernos** – na Indústria 4.0, os materiais são os blocos da revolução que proporcionam a miniaturização das tecnologias da computação que estão apoiando os especialistas em diversos setores com a finalidade de criar novos objetos, que vão desde organismos sintéticos até baterias de grafeno.
- **Fabricação de aditivos e impressão multidimensional** – possibilitam a confecção de itens únicos e de produtos que as tecnologias de fabricação tradicional não conseguiram evoluir.
- **Bioteχνologias** – geram reflexos na sociedade ao ser aplicado na medicina de precisão, na agricultura e na produção de biomateriais (essa última poderá atingir a criação de bioprodutos para setores como a saúde e a alimentação).

- **Neurotecnologias** – auxiliam a entender melhor o cérebro e como ele trabalha do mesmo modo nos auxiliam a conhecer como dominar a mente, a índole e a atitude, podendo contribuir com o alívio de enfermidades e traumas que atingem o cérebro e aperfeiçoar o uso do cérebro.
 - **Realidade virtual, aumentada e mista** – trata-se de interpretações de um conjunto audiovisual imersivo de inovações que deixam que os indivíduos se posicionem em um ambiente virtual ou insiram elementos virtuais ao ambiente real.
 - **Captura, armazenamento e transmissão de energia** – diz respeito a um novo futuro energético, onde os combustíveis fósseis dão lugar às fontes de energia renovável. As tecnologias de energia limpa e a melhor capacidade de armazenamento estão saindo dos laboratórios e indo para as fábricas e mercados. Além disso, as tecnologias de energia sustentável podem reduzir os custos para as empresas e os consumidores e reverter o impacto ambiental das emissões industriais do século passado.
 - **Geoengenharia** – são as manifestações tecnológicas teóricas em larga escala nos sistemas naturais do globo terrestre, determinadas a limitar os gases de efeito estufa e modificar os métodos atmosféricos para combater a mudança climática.
 - **Tecnologias espaciais** – refere-se ao movimento inicial das empresas expandindo as divisas da exploração e comercialização do espaço.
2. Das inovações tecnológicas acima que você identificou como oferecidas ao mercado de Gerenciamento de Facilidades:
 - i. Poderia detalhar as funcionalidades / aplicações?
 3. De que maneira a área de Gerenciamento de Facilidades se beneficia ao utilizar esta tecnologia? Pode citar exemplos?

4. Com relação ao estado da arte da disponibilização destas aplicações no mercado:
 - Quais soluções estão disponíveis no mundo em geral?
 - Quais soluções já estão disponíveis no Brasil?

5. Há algum ponto que o (a) Senhor (a) gostaria de acrescentar que não foi levantado?