



**Universidade Federal do Rio de Janeiro**  
**Escola Politécnica**  
**Programa de Engenharia Urbana**

Julia Francisca Duarte Lira Queiroz

AUTOMAÇÃO NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA  
CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Rio de Janeiro  
2016



UFRJ

Julia Francisca Duarte Lira Queiroz

AUTOMAÇÃO NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA  
CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc.

Rio de Janeiro

2016

Queiroz, Julia Francisca Duarte Lira.

Automação na Arquitetura e na Construção Civil e sua contribuição para o Desenvolvimento Urbano Sustentável / Julia Francisca Duarte Lira Queiroz -2016.

108f.: 59 il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2016.

Orientador: Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc.

1. Automação. 2. Construção Civil. 3. Arquitetura. 4. Sustentabilidade. I. Pina Filho, Armando Carlos de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. III. Título.



UFRJ

AUTOMAÇÃO NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA  
CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Julia Francisca Duarte Lira Queiroz

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como partedos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

---

Presidente, Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

---

Prof<sup>ª</sup>. Sylvia Meimaridou Rola, D.Sc., FAU/UFRJ

---

Prof. José Antônio Sena do Nascimento, D.Sc., ENCE/IBGE

Rio de Janeiro

2016

## AGRADECIMENTOS

A Deus. À minha mãe, Maria Julia, ao meu noivo, Igor, aos meus tios Maria da Glória e Sebastião e à minha família, pelo incentivo e apoio. Ao meu orientador, professor Armando Carlos de Pina Filho, pela amizade e todo direcionamento. A todos os professores que proporcionaram minha formação acadêmica, à UFRJ, a quem devo grande parte da minha formação acadêmica. A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

QUEIROZ, Julia Francisca Duarte Lira. **Automação na Arquitetura e na Construção Civil e sua contribuição para o Desenvolvimento Urbano Sustentável**. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado)- Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

O objetivo desta pesquisa é demonstrar as vantagens da utilização da automação, através da adoção de tecnologias, equipamentos e máquinas que contribuam tanto para suas finalidades específicas como no auxílio à busca da sustentabilidade na etapa de construção, na utilização da edificação, demolição, assim como do funcionamento dos serviços urbanos em geral. Abordando a automação e seus conceitos, de forma ampla, sabe-se que ela facilita processos produtivos, permitindo produzir bens com: menor custo; maior quantidade; menor tempo; maior qualidade. Em termos ambientais, observa-se também que a automação pode garantir o cumprimento das novas normas ambientais. Sabe-se que o setor da construção civil é um dos grandes consumidores de recursos naturais. A automação pode tornar edifícios e residências mais eficientes e, conseqüentemente, mais sustentáveis. A Domótica, tecnologia recente que permite a gestão dos recursos habitacionais com a utilização de sistemas de automação, permite o gerenciamento do consumo de energia. A partir de pesquisa bibliográfica, comparando a aplicação dos conceitos e tecnologias na etapa de projeto, construção e manutenção das edificações e em sistemas urbanos, serão apresentados problemas e potencialidades dos sistemas de automação disponíveis no mercado nacional e internacional. Enfatizando o cenário mundial e do Brasil, o trabalho mostra exemplos de sistemas automatizados e robotizados aplicados à construção civil e suas etapas, assim como a automatização nos sistemas urbanos, como nos sistemas de coleta de resíduos entre outros. Na área da robótica na construção e obras da cidade, veem-se aplicações dos robôs na automação de estrada, túnel e construção de pontes, terraplenagem, etc. Na escala do edifício, a construção, esqueleto e montagem, compactação de concreto, acabamento interior, etc.

**Palavras-chave:** automação, robótica, sustentabilidade, arquitetura, cidade.

## ABSTRACT

QUEIROZ, Julia Francisca Duarte Lira. **Automation in Architecture and Civil Construction and its contribution to Sustainable Urban Development**. Rio de Janeiro, 2016. Dissertation (Master degree)- Urban Engineering Program, Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

The objective of this research is to demonstrate the advantages of using automation, through the adoption of technologies, equipment and machines that contribute both to its specific purposes and to aiding in the search for sustainability in the construction phase, in the use of building, demolition, and Functioning of urban services in general. By approaching automation and its concepts, in a wide way, it is known that it facilitates productive processes, allowing for producing goods with: lower cost; Greater quantity; Shorter time; Higher quality. In environmental terms, it is also observed that automation can ensure compliance with the new environmental standards. It is known that the civil construction sector is one of the great consumers of natural resources. Automation can make buildings and homes more efficient and therefore more sustainable. Domótica, recent technology that allows the management of housing resources with the use of automation systems, allows the management of energy consumption. Based on bibliographic research, comparing the application of concepts and technologies in the design, construction and maintenance stages of buildings and in urban systems, problems and potentialities of the automation systems available in the national and international markets will be presented. Emphasizing the world scenario and Brazil, the work shows examples of automated and robotic systems applied to civil construction and its stages, as well as automation in urban systems, as in waste collection systems among others. In the area of robotics in the construction and works of the city, one sees applications of the robots in the automation of road, tunnel and construction of bridges, embankment, etc. On the scale of the building, construction, skeleton and assembly, concrete compacting, interior finishing, etc.

**Keywords:** automation, robotics, sustainability, architecture, city.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA .....	10
1.2. RELEVÂNCIA DA PESQUISA .....	11
1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	11
1.4. METODOLOGIA .....	12
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2. LEGISLAÇÃO .....	15
2.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL / SUSTENTABILIDADE - ÂMBITO FEDERAL. 15	
2.2. LEGISLAÇÃO DE AUTOMAÇÃO – AS “LEIS” DA ROBÓTICA .....	19
3. AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE .....	27
3.1. AUTOMAÇÃO .....	27
3.2. SUSTENTABILIDADE: CONCEITOS GERAIS .....	28
3.3. SUSTENTABILIDADE NA AUTOMAÇÃO .....	30
3.3.1.O processo de reciclagem do concreto como exemplo de aplicação da automação nas esferas ambiental e econômica .....	33
3.3.2.A empregabilidade com o crescimento da automação (esfera social) .....	37
3.3.3. A automação na arquitetura inclusiva (esfera social) .....	38
4. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL .....	40
4.1. DOMÓTICA.....	41
4.2. AUTOMAÇÃO INCLUSIVA .....	44
4.3. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E A ARQUITETURA INCLUSIVA .....	46
5. AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA NA CONTRUÇÃO CIVIL E NOS SISTEMAS URBANOS.....	50
5.1. AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	50
5.1.1. No canteiro de obras .....	50
5.1.2. Na fase de acabamentos .....	59



5.1.3. Na fase de demolição.....	63
5.2. AUTOMAÇÃO NOS SISTEMAS URBANOS .....	66
6. DESAFIOS E DESVANTAGENS DA AUTOMAÇÃO .....	81
7. PANORAMA GERAL DA AUTOMAÇÃO NA ARQUITETURA .....	84
7.1. PANORAMA MUNDIAL .....	84
7.2. PANORAMA ATUAL EM RELAÇÃO AO BRASIL .....	93
7.2.1. Perspectivas.....	95
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA

Um empreendimento e uma cidade são considerados sustentáveis à medida que são capazes de manter ou melhorar a saúde de seu sistema ambiental, minorar a degradação e o impacto antrópico, reduzir a desigualdade social e prover os habitantes de condições básicas de vida, bem como de um ambiente saudável e seguro, e ainda de construir acordos políticos que permitam enfrentar desafios presentes e futuros, conforme afirma Braga *et al.* (2005).

A inserção do conceito de sustentabilidade nas políticas urbanas alterou a postura do planejamento e, portanto, a forma de se pensar a edificação e a cidade. Do princípio da cidade sustentável, defendido pela Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), surgiu o questionamento da interferência do profissional no alcance desse objetivo.

A crescente demanda e interesse pelas questões ambientais levaram os governos a reexaminar os meios que dispõem para avaliar e fiscalizar as condições e performances ambientais.

Segundo Deboniet *al.* (2011), o avanço incontestável da automação ocorrida no setor da construção civil nos últimos anos surgiu como resposta à busca pela eficiência nos sistemas, decorrentes da expectativa de obtenção de maior conforto e segurança aos usuários.

As principais atividades da Robótica e Automação na Construção Civil na última década, de acordo com a pesquisa de Balauguer e Abderrahim (2008), estão divididos de acordo em dois grupos: infraestruturas civis (escala urbana) e construção de edificações (escala do edifício). As aplicações da robótica na Infraestrutura são a automação de estrada, túnel e construção de pontes, terraplenagem, etc. No grupo de construção de edificações (residenciais, comerciais, públicas, de saúde, educacionais, etc.), as aplicações principais incluem a construção do “esqueleto” e montagem, compactação de concreto, acabamento interior, sistemas de acionamento e manutenção, etc.

É importante salientar que muitos dos aspectos abrangidos pela automação são, também, aplicáveis às técnicas relacionadas ao conceito de sustentabilidade na construção civil. A automação propõe, ainda, a otimização de investimentos e redução no dispêndio de recursos, podendo assim ser considerada uma grande aliada à sustentabilidade dos empreendimentos. O controle do empreendimento poupa tempo com tarefas repetitivas, economiza bens naturais como energia e água; aumenta o conforto, o que justifica uma melhoria na qualidade de vida do usuário e uma edificação mais sustentável em sua fase de

operação. Na escala urbana, a automação contribui na busca do desenvolvimento sustentável em proporções ainda maiores, com a redução do dispêndio econômico em alguns aspectos, melhorando e facilitando o trabalho de alguns profissionais e com a redução dos impactos gerados ao meio ambiente, como a redução de resíduos em algumas situações.

## 1.2. RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A inserção do conceito de sustentabilidade nas políticas urbanas alterou a postura do planejamento e, portanto, a forma de se pensar a edificação, desde sua construção à sua utilização no contexto urbano. A realização deste estudo sobre a automação também permite às Organizações e Governos a visualização de oportunidades de novos investimentos no cenário urbano, assim como uma maior facilidade para se realizar projetos que visem eficiência econômica, social e ambiental. Trata-se, portanto, de um primeiro passo para a Organização beneficiar-se dessas oportunidades e colaborar para a resolução de problemas, visando a execução de empreendimentos e desenvolvimento urbano mais sustentáveis, em respeito às futuras gerações.

## 1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA

Cada vez mais presente em simples processos da vida cotidiana, a automação pode substituir tarefas, físicas e mentais, árduas ou de alta periculosidade, bem como nas atividades mais complexas, o que a torna de suma importância para o avanço da tecnologia. Seu estudo e desenvolvimento fazem-se muito necessários nos dias de hoje. A automação pode auxiliar tanto na eficiência das soluções arquitetônicas, como na construção civil e nos sistemas urbanos.

Colaborando para a sustentabilidade das edificações e da cidade como um todo, o objetivo desta pesquisa é demonstrar as vantagens da utilização da automação, através da adoção de tecnologias, equipamentos e máquinas que contribuam tanto para suas finalidades específicas como na busca da sustentabilidade na etapa de construção, na utilização da edificação, assim como do funcionamento dos serviços urbanos em geral.

Um breve olhar pela cidade permite a constatação da falta de eficiência em alguns serviços. Na infraestrutura urbana como um todo, podem-se perceber alguns elementos físicos, como mobiliários urbanos etc, que já poderiam, mesmo sem grandes investimentos,

ser mais eficientes. A automação é elemento chave neste processo de evolução.

Este trabalho pretende, através de uma abordagem geral, evidenciando problemas desde eventos pontuais na construção civil, na arquitetura como no funcionamento da cidade como um todo, apontar soluções que estão sendo adotadas em diferentes níveis, com o uso da automação. Serão apresentados também estudos que estão sendo realizados para apontar novas soluções para estes problemas, utilizando a automação.

Pretende-se que esse estudo seja um grande incentivador de investimentos em iniciativas importantes em relação ao tema.

#### 1.4. METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos, o método adotado foi desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica, comparando a aplicação dos conceitos e tecnologias na etapa de projeto, construção e manutenção das edificações e em sistemas urbanos, visando a identificação de problemas e potencialidades dos sistemas de automação disponíveis no mercado nacional e internacional.

#### 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo desta pesquisa é introdutório, com referência ao tema, aos objetivos e metodologia da pesquisa. O segundo capítulo identifica a legislação ambiental brasileira existente, assim como as normativas nacionais e internacionais existentes utilizadas na área da automação.

Já o terceiro capítulo trará uma abordagem sobre a automação de forma ampla e seus conceitos. De acordo com Martins (2012) “A Automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam.” Unindo a mecânica, a engenharia elétrica e a informática, a automação facilita processos produtivos, permitindo produzir bens com: menor custo; maior quantidade; menor tempo; maior qualidade. Pensando no meio ambiente, observa-se também que a automação pode garantir o cumprimento das novas normas ambientais, através, por exemplo, de sistemas de controle de efluentes, emissão de gases, possibilidade de uso de materiais limpos, reciclagem, etc.

Ainda no terceiro capítulo, em relação ao tema sustentabilidade, é destacado que o

ciclo completo de vida de um edifício: produção do projeto, a própria construção, operação, reformas, demolição e geração de entulho demonstram que o setor da construção civil é um dos grandes consumidores de recursos naturais. A utilização inteligente da automação permeia pela maior parte dos aspectos sociais, econômicos e ambientais, colaborando, de maneira ampla, para a eficiência na busca da sustentabilidade.

A automação pode tornar edifícios e residências mais eficientes e mais sustentáveis, como exemplo a automação nos sistemas de gerenciamento de energia e reaproveitamento de águas nos edifícios corporativos e residenciais. Do total da energia elétrica consumida, a iluminação pode representar até 40%.

A automação facilita também o processo de reciclagem do concreto, deixando, assim, de extrair recursos naturais, reduzindo o impacto ambiental.

As tecnologias de automação proporcionam benefícios também a pessoas idosas e aos portadores de necessidades especiais. Acessibilidade, conforto, saúde, segurança e bem-estar do usuário são focos da automação, proporcionando-lhe maior autonomia na realização de suas tarefas diárias.

No quarto e quinto capítulo será discorrido sobre a automação e robótica nas soluções arquitetônicas em geral, resultantes de um projeto arquitetônico bem elaborado, visando a contribuir para seu gerenciamento, economizando tempo, gastos com pessoal, preocupações e, se usados da maneira correta, racionalizando e diminuindo o consumo de energia.

O conceito de “Edifícios Inteligentes” abrange muito mais do que sistemas de controle e supervisão, mas também uma preocupação desde a concepção do projeto, materiais e elementos construtivos, técnicas de construção, gerenciamento ambiental, voltados para objetivos de economia, flexibilidade e conforto. “O edifício inteligente é aquele que conjuga, de forma racional e econômica, os recursos técnicos e tecnológicos disponíveis de forma a proporcionar um meio ideal ao desenvolvimento de uma atividade humana” (ABRAPI, 2001).

Uma nova e promissora abordagem de automação é a fabricação em camadas, geralmente conhecida como Prototipagem Rápida “*Rapid Prototyping*” (RP) ou Fabricação de Sólido de Forma livre “*Solid Free Form Fabrication*” (SFF). Eles oferecem diversas vantagens em muitas aplicações quando comparados aos processos de fabricação clássicos baseados em remoção de material.

Atualmente, a “*Contour Crafting*” (CC) é uma tecnologia de fabricação que é exclusivamente aplicável à construção de grandes estruturas tais como casas (KHOSHNEVIS, 1998).

Também será apresentada a Domótica e sua relevância no estudo da Automação

Residencial. Segundo Bolzani (2007), é fato que nos últimos anos a Automação Residencial tem novamente despertado o interesse das pessoas. Ela representa novas descobertas, desafios e oportunidades. A Automação Residencial tem mostrado que a integração de dispositivos eletroeletrônicos e eletromecânicos aumenta consideravelmente os benefícios se comparada com os sistemas isolados, de eficiência limitada. É também uma aliada na redução do consumo de recursos como água e energia elétrica, além de trazer maior conforto e segurança aos usuários.

Vários exemplos de sistemas robotizados serão apresentados no quinto capítulo. Já o sexto capítulo traz os desafios e desvantagens da automação.

Na área da robótica na construção e obras da cidade, veem-se aplicações dos robôs na automação de estrada, túnel e construção de pontes, terraplenagem, etc. Na escala do edifício, a construção, esqueleto e montagem, compactação de concreto, acabamento interior, etc.

Serão mostrados e analisados exemplos de sistemas automatizados e robotizados aplicados às fases da construção civil.

Sobre a Automação nos sistemas urbanos, será enfatizado o cenário mundial e do Brasil, como sistemas de gerenciamento de vagas em estacionamentos internos e externos via sensoriamento online, sistemas de coleta de resíduos, entre outros.

O sétimo capítulo aborda a automação no cenário mundial e no Brasil e o oitavo capítulo traz as considerações finais.

## 2. LEGISLAÇÃO

### 2.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL / SUSTENTABILIDADE - ÂMBITO FEDERAL

É importante destacar que a legislação brasileira está incluída entre as mais modernas e mais avançadas do mundo. A defesa ambiental e o desenvolvimento econômico do país podem caminhar juntos.

**Tabela 1. Legislação Ambiental Federal**

<b>Legislação Ambiental Federal: principais documentos legais</b>		
<b>Identificação</b>	<b>Ano</b>	<b>Descrição</b>
Lei número 12 651 (Código Florestal)	2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa
Lei número 12 305	2010	Institui a Política Nacional de Resíduos sólidos
Lei nº 11.959	2009	Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências
Lei nº 12.187	2009	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.
Lei nº 11.828	2008	Dispõe sobre medidas tributárias aplicáveis às doações em espécie recebidas por instituições financeiras públicas controladas pela União e destinadas a ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento e de promoção da conservação e do uso sustentável das florestas brasileiras
Lei nº 11.794	2008	Regulamenta o inciso VII do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências
Lei nº 11.516	2007	Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – Instituto Chico Mendes; e dá outras providências
Lei nº 11.460	2007	Dispõe sobre o plantio de organismos geneticamente modificados em unidades de conservação; acrescenta dispositivos à Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, e à Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005; revoga dispositivo da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003; e dá outras providências

Decreto número 6 288	2007	Consolida critérios para o ZEE
Lei n. 11 445	2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico
Lei nº 11.428	2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências
Lei nº 11.284	2006	Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB); cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF); altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências
Lei número 11 428	2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica
Lei número 11 105	2005	Estabeleceu sistemas de fiscalização sobre as diversas atividades que envolvem organismos modificados geneticamente
Lei nº 10.881	2004	Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências
Lei nº 10.650	2003	Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama
Decreto número 4 703	2003	Dispõe sobre o Programa nacional de Diversidade Biológica e a Comissão Nacional de Biodiversidade
Medida Provisória nº 2.186-16	2001	Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição, os arts. 1º, 8º, alínea j, 10, alínea c, 15 e 16, alíneas 3 e 4 da Convenção sobre Diversidade Biológica, dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização, e dá outras providências
Lei nº 9.966	2000	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências
Decreto número 4 297	2002	Define as escalas de ação dos governos federal, estadual e municipal no tocante à definição das zonas do ZEE
Lei nº 10.257	2001	Estatuto da Cidade
Lei nº 9.984	2000	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências
Lei número 9 984	2000	Cria a agência para implementação da Política Nacional de recursos Hídricos e coordenação do sistema
Lei número 9 985	2000	Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC);



Lei número 9 966	2000	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas
Lei número 10 165 - altera a lei 6 938/1981	2000	Dispões sobre a Política Nacional do Meio Ambiente
Lei nº 8.723	1993	Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências
Lei nº 7.802	1989	Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências
Lei número 9 795	1999	Institui a Política Nacional de Educação ambiental
Lei número 9 605	1998	Instituiu punições administrativas e penais para pessoas ou empresas que agem de forma a degradar a natureza
Lei número 9 433	1997	Estabelece a política Nacional de Recursos Hídricos
Lei número 8 974	1995	Estabelece normas para o uso das técnicas de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados
Lei número 8 171	1991	Dispõe sobre a Política Agrícola enfatizando a proteção do meio ambiente
Lei número 7 805/1989	1989	Regulamenta as atividades do garimpo
Lei nº 7.797	1989	Cria o Fundo Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências
Lei nº 7.754	1989	Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências
Lei nº 7.735	1989	Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências
Constituição Federal do Brasil (Capítulo VI - artigo 225)	1988	Capítulo VI do meio ambiente
Lei número 7 661	1988	Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
Lei número 7 653	1988	Dispõe sobre a proteção da Fauna
Lei nº 7.643	1987	Proíbe a pesca de cetáceo nas águas jurisdicionais brasileiras e dá outras providências
Lei número 7 347	1985	Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente
Lei nº 7.365	1985	Dispõe sobre a fabricação de detergentes não biodegradáveis
Lei nº 6.938	1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências
Lei nº 6.902	1981	Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências

Lei número 6 803	1980	Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.
Lei número 6 453	1977	Dispõe sobre a responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com as atividades nucleares
Lei número 6 513	1977	Criação de áreas especiais e de locais de interesse turístico; sobre o inventário com finalidades turísticas dos bens de valor cultural e natural
Decreto número 1 413	1975	Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais
Lei nº 6.225	1975	Dispõe sobre discriminação, pelo Ministério da Agricultura, de regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e de combate à erosão e dá outras providências
Lei número 5 318	1967	Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento
Lei nº 5.197	1967	Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências
Lei nº 4.771	1965	Institui o novo Código Florestal
Decreto número 25	1937	Organiza a proteção do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
Decreto número 24 643 (Código das águas)	1934	Instituiu medidas para o poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas
Fontes: 1. Ministério do Meio Ambiente. 2. Presidência da República - Casa Civil 3. Fórum do meio ambiente (2010). 4. Mukai, T. (2004). 5. Kronemberger, D.(2011).		

Algumas leis complementares relacionadas à arquitetura e construção civil:

2000 – Lei 10.098: Acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida - Lei da Acessibilidade

Resolução Conama 275: Código de cores para os diferentes tipos de resíduos

2001 - Resolução Conama 307: Gestão dos resíduos da construção civil

2002 - Portaria 118: Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H

2010 - Resolução Recomendada 126: Procedimentos e medidas que garantam o controle de impactos urbanos em empreendimentos que envolvam recursos de programas federais.

Aqui foram listadas as leis ambientais, decretos e medidas provisórias principais criadas de 1934 a 2012, mostrando a evolução da importância deste tema e a valorização da busca do desenvolvimento sustentável. Foram citadas também algumas leis norteadoras em relação à arquitetura e aos impactos da construção civil nas cidades.

## 2.2. LEGISLAÇÃO DE AUTOMAÇÃO – AS “LEIS” DA ROBÓTICA

De acordo com Verna (2012), atualmente, as denominadas Três Leis da Robótica são, em verdade, três princípios idealizados pelo escritor Isaac Asimov a fim de permitir o controle e limitar os comportamentos dos robôs que este trazia à existência em seus livros.

Asimov foi um escritor de obras científicas e de ficção científica, publicando ao todo mais de 500 livros e contos ao longo dos seus 52 anos de carreira; entre eles incluindo-se "Eu, Robô" e "Manual de Robótica, 56a Edição, 2058 d.C.".

As três diretivas que Asimov fez implantarem-se nos "cérebros positrônicos" dos robôs em seus livros são:

- 1ª Lei: Um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano sofra algum mal.
- 2ª Lei: Um robô deve obedecer as ordens que lhe sejam dadas por seres humanos exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei.
- 3ª Lei: Um robô deve proteger sua própria existência desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira ou Segunda Leis.

Mais tarde Asimov acrescentou a “Lei Zero”, acima de todas as outras: um robô não pode causar mal à humanidade ou, por omissão, permitir que a humanidade sofra algum mal.

O objetivo das leis, segundo o próprio Asimov, era tornar possível a coexistência de robôs inteligentes - as leis pressupõem inteligência suficiente para os robôs tomarem suas próprias decisões - e humanos; impedindo assim que aqueles venham a se rebelar contra ou mesmo subjugar estes. Adicionalmente, ainda segundo o próprio Asimov, em virtude das diversas interpretações das mesmas, as leis lhe forneciam um mote valioso para um número grande de histórias.

Ao fim, as Leis da Robótica não são *per facto* leis, mas sim diretivas que, mesmo oriundas de contos de ficção científica, qualquer pesquisador em inteligência artificial da atualidade gostaria de ver obedecidas por suas "criações".

Em tempos atuais, diante dos contínuos avanços nas áreas da biônica, cibernética e inteligência artificial, assim como as previsões de H. G. Wells sobre a bomba atômica em seus livros de ficção científica se tornaram realidade séculos depois, as diretivas de Asimov ganham a cada dia uma importância maior frente à realidade. As Leis da Robótica em breve deverão contar com o status de lei.

No Brasil, a ABNT apresenta uma normativa, a NBR14565, referente a Procedimentos

Básicos para Elaboração de Projetos de Cabeamento para Rede Interna Estruturada, que não abrange a automação em sua totalidade. Empresas nacionais, por exemplo, utilizam normas estrangeiras, como as elaboradas pelo Instituto Americano de Normas e Padrões(ROCKENBACH,2004).

### **Normas dos E.U.A.:**

Normas OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) - Sempre que possível, promulga consensos nacionais ou estabelece normas federais como as normas de segurança.A seguir está uma lista de algumas das normas OSHA relevantes para a segurança de máquinas:

1910	Máquinas e proteção de máquinas
1910.211	Definições
1910.212	Requisitos gerais para todas as máquinas
1910.213	Especificações para máquinas de carpintaria
1910.214	Máquinas de cooperação
1910.215	Máquinas roda abrasiva
1910.216	Moinhos e calendários para as indústrias de borracha e plásticos
1910.217	Prensas mecânicas de energia
1910.217	Requisitos obrigatórios para a certificação/validação de iniciação de sistemas de segurança para detecção de presença de dispositivo de prensas mecânicas
1910.217	Orientações não obrigatórias para a certificação/validação de iniciação de sistemas de segurança para detecção de presença de dispositivo de prensas mecânicas
1910.217	Requisitos obrigatórios para a OSHA reconhecimento das organizações de validação de terceiros para o padrão PSDI
1910.217	Informações complementares não obrigatórias
1910.218	Máquinas de forjamento
1910.219	Energia mecânica
1910.255	Solda de resistência
1910	Indústrias especiais
1910.261	Celulose, papel, e laminadoras de cartolina
1910.262	Têxteis

1910.263	Equipamentos de panificação
1910.264	Operações e máquinas de lavanderia
1910.265	Serrarias
1910.266	Operações de armazenamento

### **Normas ANSI:**

A *American National Standards Institute* (ANSI) serve como administrador e coordenador do setor privado dos Estados Unidos do sistema de normalização voluntária. É uma empresa privada, sem fins lucrativos, apoiada por um público diversificado de organizações dos setores privado e público. A ANSI, em si, não desenvolve padrões; Ela facilita o desenvolvimento de padrões, estabelecendo um consenso entre os grupos qualificados. A ANSI também assegura que os princípios norteadores do consenso, devido processo legal e a abertura são seguidos pelos grupos qualificados. Abaixo está uma lista parcial das normas de segurança industrial, que podem ser obtidos contatando a ANSI.

Estes padrões são categorizados como normas relativas à aplicação ou normas de construção. As normas de aplicação definem como aplicar uma proteção às máquinas. Exemplos incluem ANSI B11.1, que fornece informações sobre o uso de proteção de máquinas em prensas e ANSI/RIA R15.06, que descreve o uso seguro de robôs de proteção.

#### Associação Nacional de Proteção contra Incêndios:

A associação nacional de proteção contra incêndios (NFPA) foi organizada em 1896. Sua missão é reduzir a carga de incêndio na qualidade de vida, defendendo os códigos de consenso com base científica e normas, pesquisa e educação para o fogo e as questões relacionadas com a segurança. A NFPA patrocina muitos padrões para ajudar a cumprir sua missão. Dois padrões muito importantes relacionados com a segurança industrial e de proteção os National Electric Code (NEC) e Norma Elétrica para Máquinas Industriais.

A Associação Nacional de Proteção contra Incêndios atua como patrocinador do NEC desde 1911. O documento de código original foi desenvolvido em 1897 como resultado da união de esforços de diferentes seguradoras, elétrica, arquitetura, e dos interesses aliados. O NEC foi atualizado várias vezes; ele é revisto a cada três anos. Artigo 670 do NEC trata de alguns detalhes sobre máquinas industriais e remete o leitor para a Norma Elétrica para Máquinas Industriais, NFPA 79.

NFPA 79 aplica-se a equipamentos eletroeletrônicos, aparelhos, ou sistemas de máquinas industriais que operam a partir de uma tensão nominal de 600 volts ou menos. O objectivo da NFPA 79 é fornecer informações detalhadas para a aplicação de equipamentos

elétricos/eletrônicos, aparelhos ou sistemas fornecidos como parte de máquinas industriais que promovam a segurança à vida e à propriedade. NFPA 79, que foi oficialmente adotada pelo ANSI em 1962, é muito semelhante em conteúdo, com a norma IEC 60204-1.

Máquinas, que não são abrangidos pelas normas específicas OSHA, são obrigadas a estar livre de perigos conhecidos que podem causar morte ou ferimentos graves. Essas máquinas devem ser projetadas e mantidas para atender ou exceder os requisitos das normas aplicáveis do setor. NFPA 79 é uma norma que se aplica a máquinas não abrangidas, especificamente, pelas normas da OSHA.

ANSI/NFPA 70 - Código nacional elétrico dos E.U.A.

ANSI/NFPA 70E - Especificações de segurança elétrica para locais de trabalho dos empregados

ANSI/NFPA 79 - Norma elétrica para máquinas industrial para produção de tecnologia

ANSI B11.1 - Máquinas-ferramentas - Prensas mecânicas - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.2 - Máquinas-ferramentas - Prensas Hidráulicas, especificações de segurança pra construção, cuidado e uso

ANSI B11.3 - Freios de prensas mecânicas, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.4 - Máquinas-ferramentas - Guilhotinas - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.5- Máquinas-ferramentas - Trabalhadores de ferro - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.6 - Tornos, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.7 - Máquinas-ferramentas - Cabeçotes frios e formadores de frio, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.8 - Máquinas para furos, ensilagem, escavação, Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.9 - Esmeris, Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.10 - Máquina de corte de metal, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.11

Máquinas de corte de engrenagens, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.12 - Máquinas-ferramenta - Rolo fomadoras e rolo-dobradoras - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.13 - Máquinas ferramentas - Barra spindle automática simples e múltipla e máquinas chucking - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.14 - Máquinas ferramentas - Máquinas de corte em mola - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso - retirada e colocação na B11.18

ANSI B11.15 - Canos,tubo, máquinas de dobra, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.16 - Prensas para compactação de pó metálico, especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.17 - Máquinas ferramentas - Prensas de extrusão horizontal hidráulicas - Especificações de segurança

para construção, cuidado e uso

ANSI B11.18 - Máquinas ferramentas - Máquinas e sistemas para máquinas de processamento de tiras, folhas, ou da placa em espiral - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.19 - Máquinas ferramenta - Proteção quando referenciada por outra norma de segurança de máquinas ferramenta da B11 - Critério de desempenho para projeto, construção cuidado e operação

ANSI B11.20 - Máquinas ferramenta - Sistemas de produção/Células - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.21 - Máquinas ferramenta - Maquinas ferramenta e o uso de lasers para processamento de material - Especificações de segurança para construção, cuidado e uso

ANSI B11.TR3 - Avaliação de risco e redução de risco - Um guia para estimativa, avaliação e redução de riscos associados com máquinas ferramenta

ANSI B11.TR4 - Esse relatório técnico trata da aplicações de controladores programáveis para segurança de aplicações.

ANSI B11.TR6 - Esse relatório técnico, atualmente em desenvolvimento, fornecerá exemplos de circuitos de funções de segurança para acomodar vários níveis de risco de redução.

ANSI ISO 12100- Segurança de máquinas. Conceitos básicos, princípios gerais de projeto. Partes -1e -2

As normas ISO 12100 foram adotadas nos E.U.A. pela AMT como uma norma idêntica a ANSI. A ISO 12100 é uma norma de princípios básicos de nível superior globalmente aplicável que constitui a base para a maioria das ISO, IEC e normas de segurança de máquinas EN. Ele oferece uma abordagem de avaliação de riscos em oposição a uma abordagem normativa e restritiva. O objetivo é evitar problemas de custo e de barreiras comerciais causados por uma multiplicidade de normas nacionais sobre o mesmo assunto, de maneiras diferentes.

#### **Associação de indústrias robóticas:**

ANSI RIA R15.06 - Especificações de segurança para robôs industriais e sistemas robóticos

ANSI RIA R15.06 - Especificações de segurança para robôs industriais e sistemas robóticos

Instituto dos produtores de máquinas de empacotamento

ANSI PMMI B155.1 - Especificações de segurança para máquinas de empacotamento e máquinas relacionadas com empacotamento. Opadrão de empacotamento foi recentemente revisado para incorporar avaliação de risco e redução de risco.

Sociedade Americana de Engenheiros de Segurança

Z224.1 - Controle de energia perigosa, bloqueio/etiquetagem e métodos alternativos. Essa norma é similiar a OSHA 1910.147. Ele fornece um método (avaliação de riscos) para determinar o método alternativo adequado quando a energia não pode ser bloqueada.

Sociedade da indústria de plástico

ANSI B151.1 - Máquinas de moldagem por injeção horizontais - Especificações de segurança para produção, cuidado e uso

ANSI B151.15 - Máquinas de moldagem por extrusão - Especificações de segurança

ANSI B151.21 - Máquinas de moldagem por injeção - Especificações de segurança

ANSI B151.26 - Máquinas de plásticos - Reação dinâmica - Máquinas de moldagem por injeção - Especificações de segurança para produção, cuidado e uso

ANSI B151.27 - Máquinas de plásticos - Robôs usados com máquinas de moldagem por injeção horizontais - Especificações de segurança para a integração, cuidado e uso

ANSI B151.28 - Máquinas de plásticos - Máquinas para cortar, espumas plásticas Buff - Especificações de segurança para a produção, cuidado e uso

EIA/TIA-568 é o conjunto de padrões de telecomunicações da Associação das Indústrias de Telecomunicações. Os padrões são relacionados ao cabeamento de edifícios comerciais para produtos e serviços de telecomunicações.

Em 2014 foi lançada a revisão C substituindo as revisões B (2001), A (1991) e o padrão iniciado em 1991 os quais estão atualmente obsoletos.

A norma é muito conhecida pela característica do cabeamento EIA/TIA-568-B.1-2001 que são 8 condutores de fios 100-ohm balanceados e trançados. Estes condutores são nomeados T568A e T568B, e freqüentemente se refere (erroneamente) como EIA/TIA-568A e EIA/TIA-568B.

Esta norma é semelhante a ISO/IEC 11801 que trata de cabeamento estruturado.

#### **Normas mais utilizadas em redes domiciliares no Brasil:**

ANSI/EIA/TIA 568 Trata-se de um padrão para cabeamento de telecomunicações de edifícios comerciais. Ele fornece diretrizes para a instalação de produtos específicos para esse tipo de rede. ANSI/EIA/TIA 569 Especifica normas de instalação de infraestrutura de cabeamento e de distribuição interna de alta performance para sinais de automação, para prédios residenciais. ANSI/EIA/TIA 570B É um padrão para cabeamento de telecomunicações criado especificamente para residências e pequenos prédios comerciais, que estabelece graus de instalação baseados em serviços e sistemas que poderão ser suportados em cada residência. ABNT NBR 14565:2011 Fornece os procedimentos básicos para a elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações para uma rede interna de edifícios comerciais e *datacenters* (centrais de processamento de dados).

Normas técnicas estabelecem parâmetros de qualidade, segurança e normalidade. No campo da construção civil, vários agentes do mercado exigem o seguimento destas regras como padrão de qualidade e segurança. E dentre as centenas de normas técnicas já editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as listadas abaixo estão entre as consideradas fundamentais para o trabalho dos profissionais de Arquitetura e Urbanismo.

- NBR 16.280:2015 – Reforma em Edificações



A “norma das reformas” é uma das mais recentes do grupo e trata dos requisitos para a elaboração de plano de reforma, considerando alterações em áreas privativas das edificações. Essa norma ganhou visibilidade nos últimos anos devido aos episódios recentes de desabamentos, muitas vezes provocados por intervenções desastradas que levaram a colapsos nas estruturas das edificações. A norma exige que intervenções como troca de piso, revestimentos, troca de esquadrias ou fachada-cortina, instalações elétricas, de gás ou de ar-condicionado, e que alterem o projeto original da estrutura, tenham o aval de um arquiteto ou engenheiro.

- NBR 9050: 2015 – Acessibilidade

Edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos devem ser acessíveis a todos – independentemente de sua condição física—e esta norma técnica ajuda a concretizar esta diretriz. Ao estabelecer exigências para altura de interruptores, dimensões das áreas de transferências e sinalizações táteis (entre muitas outras), a norma leva em conta diversas condições de mobilidade, com ou sem ajuda de aparelhos — como próteses, cadeiras de rodas, bengalas, aparelhos auditivos e quaisquer outros que complementem necessidades individuais.

- NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho

Trata da qualidade da produção habitacional, e estabelece os requisitos para os sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas, e sistemas hidrossanitários. A norma dita exigências em termos de segurança, sustentabilidade e habitabilidade (desempenho térmico e acústico, desempenho lumínico, funcionalidade e acessibilidade entre outros).

- NBR 13532:1995 – Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura

Esta norma aborda a confecção dos projetos arquitetônicos, mas regulando as condições exigidas para a construção de edificações, tanto em construção e ampliação, quanto em modificação, recuperação etc. Descrevendo as etapas do projeto arquitetônico (levantamento de dados, estudo de viabilidade, estudo preliminar da Arquitetura entre outros), a norma detalha quais as informações de referência devem constar do projeto.

Identificação; descrição; condições climáticas, de localização e de utilização; exigências e características relativas ao desempenho no uso e aplicações do produto ou objeto estão entre as informações que devem ser registradas no projeto, conforme esta norma.

- NBR 6492:1994 – Representação de projetos de Arquitetura

Esta norma também trata de projeto arquitetônico, mas se concentra sobre os elementos gráficos do trabalho. O tipo e o formato do papel, as escalas do desenho arquitetônico, os tipos das letras e dos números, os tipos de linhas, as formas de indicação de fachadas e elevações estão entre os parâmetros técnicos definidos pela norma.

▪ NBR 16.280:2014 – Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas - Requisitos

Visa cuidar das edificações, fazendo com que alterações de qualquer modalidade sejam acompanhadas e tenha como responsável da obra um engenheiro, que apresente uma ART e que acompanhe essas modificações. Esta norma foi criada em função do envelhecimento das edificações que estão passando por reformas e para preservar o entorno analisando os riscos decorrentes destas reformas também para seus ocupantes.

Itens que precisarão de um acompanhamento e reponsabilidade técnica conforme solicitação da nova norma NBR-16.280:

- Reforma ou instalação de aparelhos de automação de equipamentos.
- Reforma ou instalação de ar condicionado exaustão e ventilação.
- Troca de revestimentos com uso de marteletes ou ferramentas de alto impacto, para retirada do revestimento anterior.
- Reforma do sistema hidros sanitário, fora do especificado em projeto.
- Reforma ou instalação de equipamentos de prevenção e combate a incêndio.
- Instalações elétricas que alterem os limites de carga calculada e que tenham a necessidade da mudança do cabeamento elétrico, previsto em projeto.
- Instalações de gás, qualquer que seja a instalação.
- Qualquer reforma para substituição ou que interfira na integridade ou na proteção mecânica da edificação.
- Qualquer reforma de vedação que interfira na integridade ou altere a disposição original.
- Qualquer reforma, para alteração do sistema ou adequação para instalação de esquadrias ou fachada.
- Qualquer intervenção em elementos da estrutura, como furos e aberturas, alteração de seção de elementos estruturais e remoção ou acréscimo de paredes.

Tanto a NBR 6492 quanto a NBR 13532 estão em processo de revisão técnica pelos comitês da ABNT.

### 3. AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

#### 3.1. AUTOMAÇÃO

Segundo Martins (2012) “A Automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam.”

Unindo a mecânica, a engenharia elétrica e a informática, a automação facilita processos produtivos, permitindo produzir bens com menor custo, maior quantidade, menor tempo e maior qualidade.

“Automação: sistema em que os processos operacionais em fábricas, estabelecimentos comerciais, hospitais, telecomunicações, etc, são controlados e executados por meio de dispositivos mecânicos ou eletrônicos, substituindo o trabalho humano; automatização.

Automatizar: prover de máquinas, ou de dispositivos mecânicos ou eletrônicos, para agilização e otimização da produção, dos serviços etc.”(HOUAISS, 2001)

A partir de um breve histórico, sabe-se que Leonardo da Vinci foi um dos primeiros a conceber uma ideia sobre robôs, no início do século XV, realizando projetos de mecanismos de transmissão de movimentos. É também creditado a ele a concepção de um robô com aspecto humano, capaz de desempenhar diversos movimentos, inclusive emitir sons(FREITAS, 2015).

Nikola Tesla, em 1898, apresentou em Nova Iorque um barco teleoperado controlado a partir de ondas eletromagnéticas, em 1899 ele apresentou ainda uma melhoria, que permitia ao seu barco mergulhar, de acordo comVukobratovic(2006).

A mecanização é um processo anterior à automação, entre eles há ainda a robotização. Existem muitas definições para a automação, mas, para Toyota (2006), pode-se dizer que é uma técnica que facilita os processos, tornando-os mais econômicos, ágeis e padronizados, substituindo em partes a mão de obra humana, restando apenas a necessidade de supervisão.

Os robôs são peças importantes no processo de automação, tendo como uma de suas vantagens a força bruta, ideal para substituir a mão de obra humana, que possui falhas quanto à qualidade e força bruta limitada, de acordo comSimone e Maria (2003); Carrara (2015).

As tecnologias de automação foram criadas visando evitar, como exemplo, os ruídos e a poluição das grandes cidades. Criando um ambiente confortável e seguro para se viver e trabalhar, amenizando condições térmicas desconfortáveis, acompanhando a rapidez com que o mundo evolui e tendo contato com uma quantidade cada vez maior de informações.

Iniciada efetivamente na década de 80, a automação ergueu-se nos aprimoramentos da

informática e da tecnologia. Com a evolução, chegaram também inovações significativas para o setor da construção civil, que consistem na elaboração de sistemas automatizados que gerenciam as mais diversas instalações.

Os dispositivos móveis e de rede se popularizaram, modificando o modo de interação e comunicação com as máquinas. As residências evoluíram, e a automação residencial mostrou-se útil quando se refere à necessidade de segurança, conforto, praticidade, economia e valorização do imóvel.

A automação está cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas e tornando-se fundamental em todas as etapas do processo construtivo de empreendimentos, sejam obras grandes ou pequenas, e também em sua manutenção e demolição. Tendo em vista que hoje em dia tudo que é desenvolvido deve ter em vista a qualidade de vida destas e das futuras gerações, a busca pela sustentabilidade é parte deste processo.

### 3.2. SUSTENTABILIDADE: CONCEITOS GERAIS

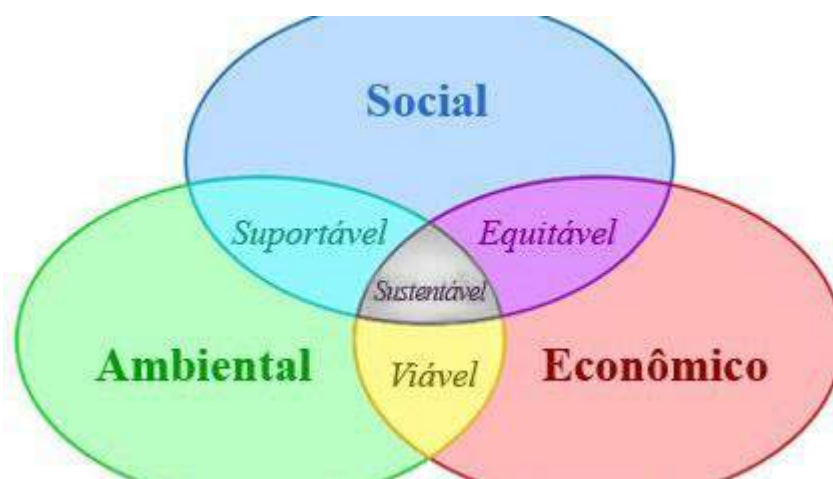
O termo sustentabilidade possui duas origens: na biologia e na economia. Refere-se à capacidade de recuperação e reprodução dos ecossistemas em face de agressões antrópicas, com o uso abusivo dos recursos naturais, desflorestamento, fogo, entre outros, ou naturais, como terremoto, tsunamis, fogo etc. Na economia, como adjetivo do desenvolvimento, em face da percepção crescente ao longo do século XX de que o padrão de produção e consumo em expansão no mundo, não tem possibilidade de perdurar. Cresce, cada vez mais, a noção de sustentabilidade sobre a percepção da finitude dos recursos naturais.

O trabalho aborda a dimensão econômica do desenvolvimento sustentável, tratando de questões relacionadas ao uso e esgotamento dos recursos naturais, da produção e gerenciamento de resíduos, uso de energia, e o desempenho macroeconômico e financeiro do País. É a dimensão que se ocupa da eficiência dos processos produtivos e das alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável de longo prazo. Os diferentes aspectos desta dimensão são organizados nos temas quadro econômico e padrões de produção e consumo. SIDRA (2016).

Quanto à introdução da esfera social, nos embates ocorridos nas reuniões de Estocolmo (1972) e ratificadas na Rio 92 (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 1994), nasce a noção de que o desenvolvimento tem, além de um cerceamento ambiental, uma dimensão social. Estando contida a ideia de que a pobreza é provocadora de agressões ambientais e, por isso, a sustentabilidade deve contemplar a equidade social e a qualidade de vida dessa geração

e das próximas. A solidariedade com as próximas gerações introduz a dimensão ética.

De acordo com Nascimento (2012), o relatório Brundtland (1987) abriu um imenso debate sobre o significado de desenvolvimento sustentável. Sua definição tornou-se clássica e objeto de um grande debate mundial (LENZI, 2006): “Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades”. Associa-se à noção de justiça social (redução das desigualdades sociais e direito de acesso aos bens necessários a uma vida digna) e aos valores éticos (compromisso com as gerações futuras). “*Our common future*” consagra a dimensão social como parte integrante da questão ambiental: “A pobreza é uma das principais causas e um dos principais efeitos dos problemas ambientais do mundo. Portanto, é inútil tentar abordar esses problemas sem uma perspectiva mais ampla, que englobe os fatores subjacentes à pobreza mundial e à desigualdade internacional” (BRUNDTLAND, 1987, p.4).



**Figura 1.O tripé: os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Fonte: sustentarte (2013)**

A imagem do tripé, apresentada na Figura 1, é perfeita para entender a sustentabilidade. Estão contidos os aspectos econômicos, ambientais e sociais, que devem interagir, de forma holística, para satisfazer o conceito. Sem estes três pilares a sustentabilidade não se sustenta. É importante verificar que esses conceitos podem ser aplicados tanto de maneira macro, para um país ou próprio planeta, como micro, uma casa ou uma pequena vila agrária.

A Esfera Social trata do capital humano de um empreendimento, comunidade, sociedade como um todo. Além de salários justos e estar adequado à legislação trabalhista, é preciso pensar em outros aspectos como o bem estar dos seus funcionários. Além disso, o impacto da atividade econômica em relação às comunidades ao redor, assim como problemas

gerais da sociedade como educação, violência e até o lazer (qualidade de vida).

A Esfera Ambiental refere-se ao capital natural de um empreendimento ou sociedade. Assim como nos outros itens, é importante pensar a pequeno, médio e longo prazo. A empresa ou a sociedade deve pensar nas formas de amenizar os impactos gerados e compensar o que não é possível amenizar. Assim uma empresa que usa determinada matéria-prima deve planejar formas de repor os recursos ou, se não é possível, diminuir o máximo possível o uso desse material, assim como saber medir a pegada de carbono do seu processo produtivo, que, em outras palavras, quer dizer a quantidade de CO2 emitido pelas suas ações. Além disso, obviamente, deve-se levar em conta a adequação à legislação ambiental e a vários princípios discutidos atualmente, como o Protocolo de Kyoto (UNITED NATIONS, 1998).

Em relação à Esfera Econômica, com o passar dos séculos, a palavra economia foi direcionada apenas à vertente dos negócios ou no sentido da poupança, economizar, mas deve-se analisar os temas ligados à produção, distribuição e consumo de bens e serviços, levando-se em conta os outros dois aspectos. Ou seja, não adianta lucrar devastando, por exemplo.

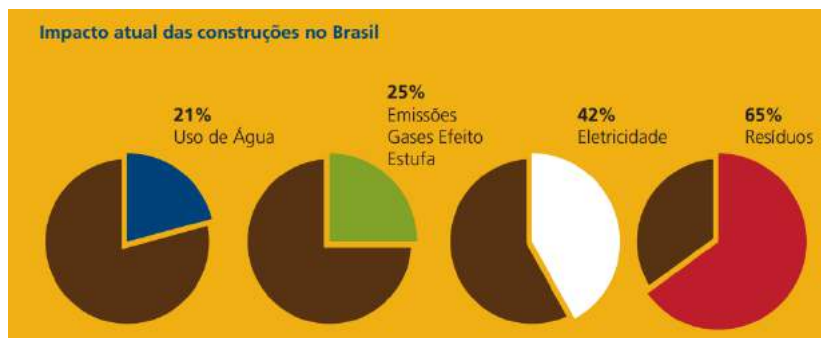
A busca pela sustentabilidade deve permear em todas as questões atuais.

### 3.3. SUSTENTABILIDADE NA AUTOMAÇÃO

De acordo com Faria (2011), o setor da construção representa U\$\$ 7,2 trilhões da economia mundial, com expectativa de crescimento para U\$\$ 12 trilhões em 2020, onde os países emergentes representarão 55% deste setor. Passa por um momento de aceleração da expectativa de crescimento, além de obras de infraestruturas gerais (Estádios: U\$\$ 4 bilhões / Mobilidade urbana: U\$\$ 7,8 bilhões / Aeroportos: U\$\$ 3,7 bilhões).

É necessária a modernização do setor (novos processos, industrialização do setor), tendo como desafio atual a questão de como torná-lo mais sustentável.

O ciclo completo de vida de um edifício: produção do projeto, a própria construção, operação, reformas, demolição e entulho demonstra, como mostram os números apresentados na Figura 2, de acordo com os gráficos da Febraban (2007), que o setor da construção civil é um dos grandes consumidores de recursos naturais.



**Figura 2. Impacto atual das construções no Brasil. Fonte: Febraban (2007).**

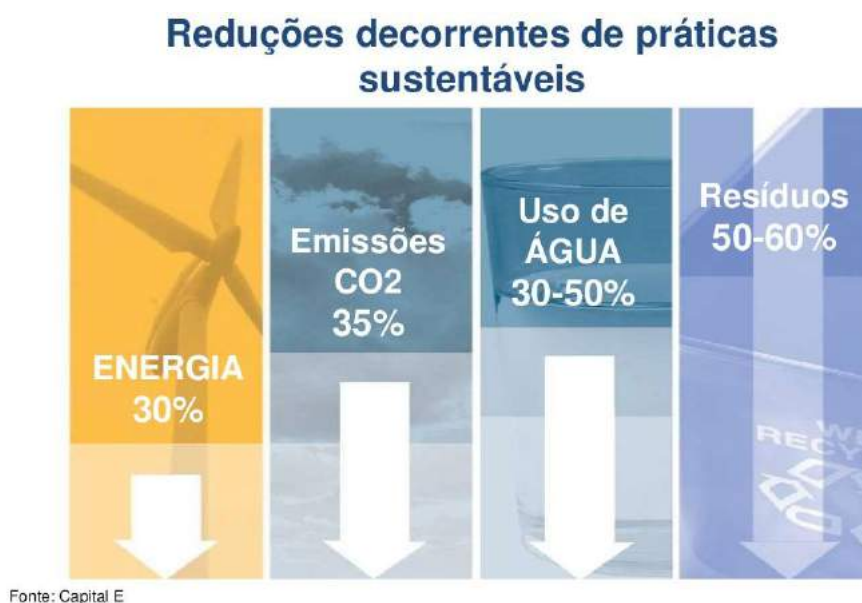
Alguns aspectos são levados em conta, por empresas, para tornar os empreendimentos mais sustentáveis, influenciando em suas decisões.

Os aspectos principais são:

- Localização;
- Localização próxima ao transporte público;
- Densidade e conectividade urbana;
- Proteção e maximização de áreas verdes;
- Acessibilidade;
- Gestão de permeabilidade;
- Uso e conservação da água;
- Aproveitamento de águas pluviais;
- Redução do uso de água potável para irrigação;
- Medição individualizada de consumo;
- Gestão do uso de energia;
- Luminárias de alto rendimento e lâmpadas eficientes;
- Sistemas de automação;
- Elevadores inteligentes;
- Estudos dos sistemas prediais para melhor desempenho;
- Equipamentos e motores de alto rendimento;
- Qualidade do ambiente;
- Conforto ambiental;
- Aproveitamento de iluminação natural;
- Seleção de materiais e resíduos;
- Redução de desperdício de materiais;
- Previsão de áreas para depósito de recicláveis;
- Seleção de materiais com conteúdo reciclado;

- Uso de madeira com manejo sustentável;
- Práticas ambientais e sociais nos canteiros de obra;
- Gestão da geração de resíduos e coleta seletiva;
- Desmobilização do canteiro com reaproveitamento;
- Minimização das interferências (manutenção e limpeza das ruas, arranjo físico do canteiro, lava rodas);
- Proteção de taludes e do solo contra erosão;
- Foco na formalidade de seus trabalhadores e subempreiteiros;
- Saúde, segurança e condições de trabalho;
- Educação e desenvolvimento profissional.

É interessante observar que a utilização inteligente da automação permeia pela maior parte destes aspectos, colaborando, de maneira ampla, para a efficientização na busca da sustentabilidade. A figura 3 apresenta o quantitativo de reduções decorrentes de práticas sustentáveis.



**Figura 3. Brasil e Mundo - Setor da Construção - Reduções decorrentes de práticas sustentáveis.**

**Fonte: site Capital E.**

Pensando no meio ambiente, observa-se também que a automação pode garantir o cumprimento das novas normas ambientais, através, por exemplo, de sistemas de controle de efluentes, emissão de gases, possibilidade de uso de materiais limpos, reciclagem, etc.

Obras de grande extensão, como estradas, barragens e canais, têm impacto direto sobre o meio ambiente. Além disso, a construção civil consome muitos produtos, cujo uso agride



diretamente a natureza. Entre eles, podem-se citar a madeira, os produtos cerâmicos, o cimento, a energia e outros. A manutenção de obras é uma fonte de muitos rejeitos, como os resíduos de cimento, cal, cerâmica, asfalto, rochas, etc. A disposição destes resíduos causa grande impacto no ambiente.

Por tudo isto, a área de Construção Civil deve ter uma forte interação com a de Meio Ambiente. Esta interface pode sugerir, por exemplo, a formação de técnicos em construção de aterros sanitários com aproveitamento de rejeitos da construção civil.

A automação é também um sistema que favorece a sustentabilidade por vários motivos, dentre eles, economia dos recursos naturais (esfera ambiental), melhorias das condições de trabalho (esfera social) e redução de dispêndios econômicos (esfera econômica).

Sistemas automatizados podem tornar edifícios e residências mais eficientes e, conseqüentemente, mais sustentáveis. Seguem alguns exemplos: a utilização de sistemas de automação que gerenciam o consumo de energia através de programação horária, módulos que regulam a iluminação interna utilizando a informação de sensores que captam a intensidade da luz solar; a implantação de sistema de automação com interfaces interativas para visualização do consumo de energia elétrica com informações diárias, semanais, mensais e anuais, além de estabelecer metas de redução do consumo de energia.

“Prédios verdes são mais da metade dos lançamentos comerciais no Rio, Curitiba e São Paulo”, revela estudo da consultoria imobiliária Cushman e Wakefield. Esses imóveis, que usam materiais reciclados, métodos de construção ambientalmente corretos e consomem menos energia e água, devem responder por 40,8% das novas salas comerciais cariocas, contra 47,2% dos novos em São Paulo, e 48,3% em Curitiba. Outro exemplo seria a automação nos sistemas de gerenciamento de energia nos edifícios corporativos e residenciais. Do total da energia elétrica consumida, a iluminação pode representar até 40%.

### 3.3.1.O processo de reciclagem do concreto como exemplo de aplicação da automação nas esferas ambiental e econômica

As obras são as responsáveis por grande quantidade de entulho gerada ao meio ambiente (figuras 4 e 5). Materiais como o concreto já podem ser reaproveitados para novas finalidades. Estima-se que até 10% de todo o material entregue no canteiro de obras é desperdiçado devido à deficiência no processo de construção, imprecisões ou omissões na elaboração e execução dos projetos, perdas no transporte e armazenamento. Mais de 90% desses resíduos podem ser reciclados e reutilizados. Apenas os concretos com substâncias

contaminantes, como sulfato de cálcio, cloretos e óleos podem trazer prejuízo às propriedades do concreto no estado endurecido, e não devem ser utilizados no processo de reciclagem.



**Figura 4. Entulho de construção. Fonte: site Pensamendo Verde (2014).**



**Figura 5. Entulho de construção. Fonte: site Pensamendo Verde (2014).**

Com a reciclagem de concreto é possível obter agregados com características semelhantes ao produto original. A contribuição para o meio ambiente é grande, pois deixa de extrair recursos naturais, assim reduzindo o impacto ambiental. O descarte de resíduo de construção ocorre em grande quantidade, onde a maioria desses materiais constituídos por produtos inertes possíveis de serem reciclados.

Alguns exemplos de sistemas de automação e robótica aplicados à construção civil serão apresentados a seguir.

O ZenRobotics Recycler (ZRR), mostrado na figura 6, é um sistema de automação que classifica os resíduos da construção civil, composto por um conjunto de sensores, um sistema de controle e robôs industriais onde se utiliza de mãos robóticas para pegar resíduos numa esteira transportadora. É o primeiro sistema de reciclagem que consegue separar madeira, pedra e metal sem recorrer aos meios manuais, ou seja, sem necessidade da utilização de

peças no processo. O sistema também separa resíduos comerciais e industriais, ou seja, materiais extraídos de uma mistura de resíduos como madeiras, minerais, metais ferrosos, não ferrosos e plásticos. O seu sistema é programado para poder manipular objetos de diferentes tamanhos e formas.



**Figura 6: ZenRobotics Recycler- 1. Sistema de Sensores; 2. Controle ZenRobotics Cérebro; 3. Mãos Robóticas;4. Frações Separadas. Fonte: Lukka *et al.*(2014).**

A implantação do primeiro ZRR provou que a classificação de resíduos de construção e demolição é viável, podendo impactar a indústria de resíduos como um todo. As vantagens de tal implantação são:

- Reduzir o custo do trabalho. Os robôs são projetados para substituir um grande número de horas-homem por ano.
- Aumentar o lucro de recicláveis. As frações separadas de resíduos com robôs fazem produzir melhores preços e as vendas mais fáceis dos materiais classificados.
- Reduzir o custo dos resíduos. Reduzir a quantidade de resíduos enviados para incineração, aterro ou concorrentes resulta diretamente em uma economia considerável.
- Aumentar o tempo de atividade e eficiência do capital. Sistemas robóticos são tidos como extremamente duráveis, com a mínima necessidade de manutenção. Um classificador humano tem que parar em questão de horas para necessidades como *coffee breaks*, almoço, pausas e faltas. No entanto, o sistema robótico vai continuar a funcionar de forma robusta, e todo o dia, caso necessário.
- Melhorar a segurança no trabalho. Triagem manual pode ser perigosa devido a, por exemplo, os micróbios, toxinas e objetos cortantes e pesados presentes nos resíduos. Há muitos riscos empregadores levam usando classificadores de mão humana, se as condições

de trabalho não estiverem completamente adequadas.

O projeto do ERO Concrete Recycling Robot (figuras 7 e 8) ganhou em 2013 o International Design Excellence Award (IDEA), na categoria de projetos acadêmicos. Omer Haciomeroglu, estudante do Instituto de Desenho Umeå, da Suécia, concebeu o ERO, um robô que recicla o concreto de forma energeticamente eficiente e separa os vergalhões de aço do restante dos dejetos no lugar da demolição.

O pequeno robô ERO promete revolucionar o mercado da demolição que, de acordo com Tomás (2013), é um processo complicado por gerar uma grande quantidade de escombros. O robô possui 160 cm de largura, quando aberto e altura de 180 cm.



**Figura 7: Robô ERO dimensões. Fonte: Tomás (2013).**



**Figura 8: Robô ERO removendo o concreto armado e o reciclando para o uso em peças pré-fabricadas.**

**Fonte: Cimento Itambé (2014).**

De forma eficiente, com uma abordagem inteligente e sustentável, desmonta estruturas de concreto sem deixar qualquer tipo de resíduo e poeira. Este robô inteligente oferece a possibilidade de mudar do modo "pulverização" para o modo "desconstrução inteligente", separando o concreto. A separação permite que materiais de construção sejam recuperados e reutilizados em novos edifícios de concreto que utilizam partes prefabricadas.

Além do ERO, há um equipamento que ajuda a minimizar o erro humano em obras. O dispositivo utiliza a tecnologia laser EDM para escanear paredes, fiscalizar nivelamentos e investigar se o projeto é seguido à risca. Chamada de “robô construtor” (figura 9), a invenção é uma parceria anglo-nipônica (Inglaterra e Japão) e permite também verificar as instalações elétricas e hidráulicas das edificações. Em formato de carrinho guiado por controle remoto, a máquina é facilmente operável.



**Figura 9: Robô-construtor usando scanner a laser para detectar erros na execução de projetos. Fonte: site Cimento Itambé (2014).**

### 3.3.2.A empregabilidade com o crescimento da automação (esfera social)

De acordo com a Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC - IBGE, com série histórica do ano 1990 a 2014, assistiu-se a um aumento de produtividade bem superior a dos anos 80. Nesta publicação, que tem como objetivo identificar as características estruturais básicas do segmento empresarial da construção no país, o setor industrial liderou o processo de automação e reestruturação produtiva, cujo objetivo é de reduzir os custos de produção e aumentar a competitividade internacional, mas os avanços tecnológicos se fizeram presentes em todos os setores de atividade. Até o setor de serviços que tradicionalmente absorvia mão-



de-obra liberada pela indústria foi invadido por novas tecnologias, como a da informática. No caso do Brasil, as mudanças nos anos 90 foram no sentido do trabalho ilegal (sem carteira de trabalho assinada) e informal (trabalho autônomo ou por conta própria), mais representativos nos setores da construção civil, do comércio e de serviços.

De acordo com Nuwer (2015), conforme máquinas, softwares e robôs vão se tornando mais sofisticados, alguns especialistas temem que estejamos à beira de perder milhões de empregos. Em comparação com o passado, o ritmo com que as transformações no mercado de trabalho ocorrem hoje é muito mais acelerado. Com a possível exceção da Revolução Industrial, nunca se assistiu a uma mudança tão rápida na sociedade e na economia.

Os números indicam que o mercado de trabalho não está evoluindo rápido o suficiente para acompanhar essas mudanças. A relação entre postos de trabalho e a população geral tem caído nos países desenvolvidos, independentemente da crise econômica mundial que começou em 2008.

Empregos que antes eram mais desafiadores e precisavam de uma alta especialização podem ser tornar comuns por causa da automação, como já ocorre, por exemplo, em certos setores da medicina, como a radiologia.

Mas a automação não necessariamente significa a ruína de vários outros setores. Enquanto houver tarefas que exijam algum nível de envolvimento humano, ainda há espaço para pessoas de carne e osso. Máquinas e softwares muito provavelmente jamais poderão substituir certos empregos. Até hoje, o homem é muito superior em qualquer trabalho que envolva criatividade, empreendedorismo, habilidades interpessoais e inteligência emocional.

A realidade é que para cada carreira que a tecnologia elimina, sempre haverá uma onda de novos caminhos profissionais a serem explorados e criados. Assim como alguns dos empregos de hoje – gerente de mídias sociais, designer de aplicativos, diretor de impacto ambiental – teriam sido inimagináveis em 1995, não se pode prever que novos tipos de trabalho surgirão no futuro.

Pode até ser que um dia as máquinas e a inteligência artificial tomem o lugar de seres humanos em várias áreas. Isso não é algo necessariamente ruim, especialmente se isso levar a um aumento da riqueza e do bem estar de todos.

### 3.3.3. A automação na arquitetura inclusiva (esfera social)

Sob outro ângulo da esfera social, as tecnologias de automação proporcionam benefícios a pessoas idosas e aos portadores de necessidades especiais. Um exemplo disto, de

acordo com Rockenbach (2004), é a possibilidade de acionamento remoto ou automático de sistemas de comando. Acessibilidade, conforto, saúde, segurança e bem-estar do usuário são focos da automação, proporcionando-lhe maior autonomia na realização de suas tarefas diárias. Comandos como acender/apagar luzes, levantar/abaixar persianas, ligar/desligar equipamentos podem ser realizados por voz ou através de teclados em braile (soluções fundamentais para deficientes como tetraplégicos e/ou deficientes visuais).

Sensores de presença acendem/apagam luzes e garantem maior segurança, alertando para a presença de alguma pessoa em determinado local através do envio de sinais sonoros ou visuais. Camas articuladas acionadas por controle deitam e levantam o paciente. Botoeiras ligadas à rede externa desempenham o papel de enviar alertas a familiares ou a um pronto-socorro.

Este segmento da automação, que será abordado com maiores detalhes no ítem seguinte, permite melhora da qualidade de vida a usuários de clínicas, hospitais ou casas geriátricas. O Hospital do Coração, em São Paulo, possui camas automatizadas, controle de luminosidade acionado por controle remoto (e viva-voz), e dispositivos de segurança para situações de emergência.

Como pôde ser visto, a busca da sustentabilidade dentro do tema automação é muito abrangente, envolvendo melhorias em questões ambientais, como a redução dos impactos ao meio ambiente gerados pela área da construção civil e questões econômicas, ocasionando a redução de dispêndios e, nas questões sociais, a geração de empregos, melhorias na qualidade do trabalho e inclusão social para pessoas com algum tipo de deficiência.

## 4. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Uma nova tendência na construção civil e na arquitetura é a automação residencial, um ramo em expansão no Brasil. Antes impossível de imaginar, a automação residencial só pode se desenvolver graças à invenção e ao desenvolvimento de novas tecnologias e das redes sem fio. Proporciona o controle de toda a residência por meio de um único controle, que geralmente é o *smartphone* ou *tablet*. É possível programar tudo: desde o horário em que as luzes se acenderão até a programação da cafeteira. Após dar comandos específicos com o *smartphone*, a própria casa realiza tudo sozinha, de forma inteligente.

Como exemplo, aqui estão 10 vantagens da automação residencial:

- Maior segurança: a automação residencial permite o controle das câmeras remotamente.
- Praticidade: controle o sistema de iluminação pelo celular e economia de energia.
- Comodidade: permite a predefinição do horário de banho e programação da água quente ou ativação do sistema de programação da TV.
- Ambientes aconchegantes: com a automação residencial é possível criar cenas e ambientes personalizados. Sistema de iluminação e total climatização ambiente tornando a casa um local ainda mais aconchegante.
- Controles de acesso: o controle de acesso feito por um sistema de automação é ideal para que o proprietário saiba quem está entrando e saindo de sua casa.
- Alarme inteligente: permite o melhor gerenciamento do sistema de alarme.
- Uso sustentável de recursos: através do sistema inteligente para gerenciamento de diversas áreas da casa é possível reduzir a produção de lixo, o consumo de energia e o consumo de água.
- Melhor aproveitamento das novas tecnologias: o *smartphone* como meio de controle da residência.
- Suporte de uma equipe técnica: suporte da equipe que instalou o sistema na residência.
- Baixos custos de instalação: é possível elaborar projetos ideais com custos bem baixos e prevendo etapas de implantação.

A Automação Residencial tem mostrado que a integração de dispositivos eletroeletrônicos e eletromecânicos aumenta consideravelmente os benefícios se comparada com os sistemas isolados, de eficiência limitada.

Visando a sustentabilidade, é também uma aliada na redução do consumo de recursos como água e energia elétrica, além de trazer maior conforto e segurança aos usuários. Porém, revendo os últimos 20 anos de história, a Automação Residencial tem sido vítima da problemática em se desenvolver equipamentos e sistemas para o uso residencial.



A automação predial e a industrial adotam como premissa básica a existência do usuário “padrão” que facilita e direciona o planejamento das instalações e equipamentos a fim de acomodar a maioria dos usuários. No caso da Automação Residencial, o usuário interage e interfere no sistema o tempo todo e isso cria diversos entraves na concepção de um equipamento eletrônico dedicado ao ambiente residencial.

Nessa nova dimensão, a Automação Residencial cede o lugar de destaque para ser incorporada em uma nova ciência denominada Domótica. Com caráter multidisciplinar, ela agrega vários conceitos de outras ciências como Arquitetura, Engenharia, Ciência da Computação, Medicina, Sociologia e Psicologia a fim de estudar todas as necessidades do usuário frente às possibilidades oferecidas pelo mundo digital e suas interações com a residência automatizada. Em suma, esse estudo mais amplo torna a Domótica a principal diferença na conquista do sucesso definitivo dessa segunda onda das casas do futuro. Pelo fato da Automação Residencial moderna ser um tema relativamente novo, não existe ainda um conjunto de protocolos, equipamentos e dispositivos padronizados e unânimes. Muitos ainda são emprestados dos ambientes de automação industrial e predial. No entanto, devido à demanda, algumas entidades internacionais como a CABA (Continental Automated Buildings Association), a OSGi (Open Services Gateway Initiative) e a HAVI (Home Audio Video Interoperability), apenas citando as principais entre dezenas de outras, e nacionais como a Aureside (Associação Brasileira de Automação Residencial), vêm organizando e intensificando as interações entre as grandes empresas de informática, eletroeletrônicos, softwares e de controle, visando padronizar e fomentar a tecnologia de Automação Residencial.

#### 4.1. DOMÓTICA

Resultando da junção da palavra latina “Domus” (casa) com “Robótica” (controle automatizado de algo), forma-se o termo “Domótica”. É este último elemento que rentabiliza o sistema, simplificando a vida diária das pessoas, satisfazendo as suas necessidades de comunicação, de conforto e segurança. Quando a domótica surgiu (com os primeiros edifícios, nos anos 80) pretendia-se controlar a iluminação, climatização, a segurança e a interligação entre os três elementos.

O uso de dispositivos para automatizar as rotinas e tarefas de uma casa normalmente é feito através de controles de temperatura ambiente, iluminação e som, através de uma central que comanda tudo, que às vezes é acoplada a um computador e/ou internet.

A domótica permite o acesso às funções vitais da casa, da Internet, do *smartphone* e

até mesmo do sistema de segurança eletrônica. O projeto de automação prevê todos os pontos de comunicação (Internet, telefone e TV), todos os pontos de áudio (som ambiente e *home theater*), todas as cargas que deverão ser controladas (luzes, cortinas, etc.), a posição de todos os quadros de controle, lógicos e de automação, a posição de todas as tomadas e da central de aspiração, entre muitos outros itens que são estabelecidos com base na pesquisa de interesses realizada com sua família antes da execução do projecto.

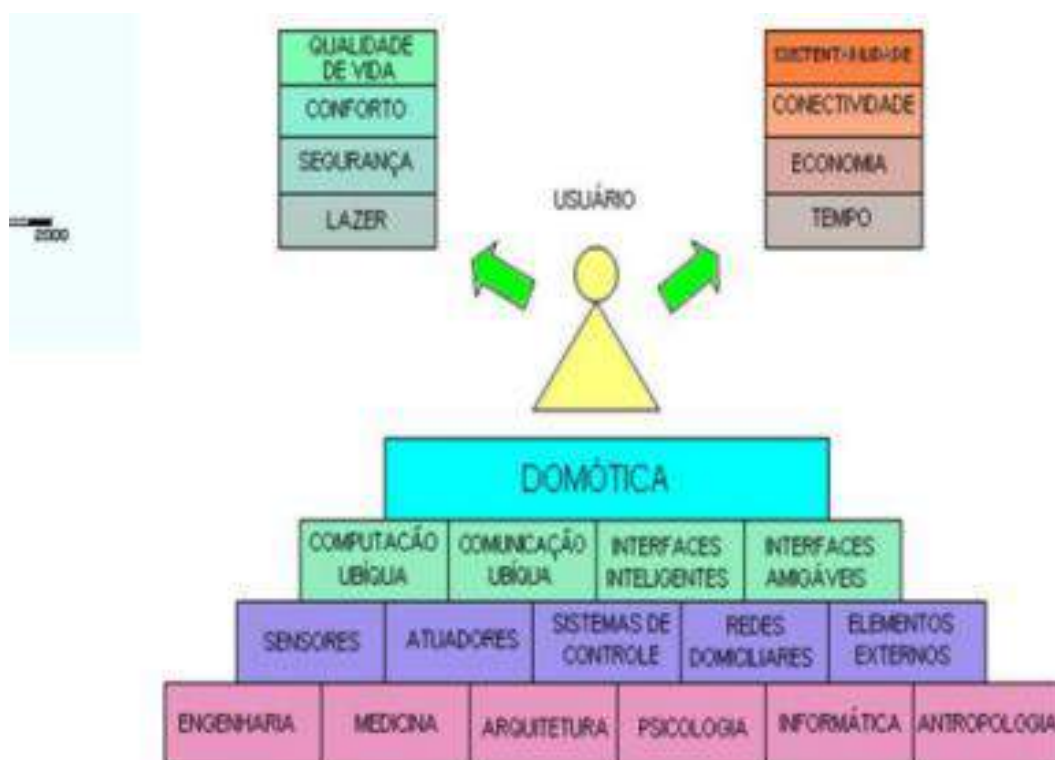
A domótica utiliza vários elementos de uma forma sistêmica. Aliando as vantagens dos meios eletrônicos aos informáticos, de forma a obter uma utilização e gestão integrada dos diversos equipamentos de uma habitação. Vem tornar a vida mais confortável e mais segura.

Programando tarefas diárias (individuais ou em complexos conjuntos - macros) de uma forma automática, permite reduzir o tempo gasto em rotinas, como seguem os exemplos:

- Irrigação inteligente: sistema de irrigação acionado de acordo com temporizadores que podem ser programados para regar as plantas duas vezes por dia, por exemplo, ou através de sensores de umidade instalados sob o solo que podem garantir que o solo estará sempre em um determinado nível de umidade e evitar que o sistema seja acionado se tiver chovido.
- Iluminação: utilizando os módulos e aparelhos apropriados, permite gerir os gastos de electricidade, através das funções de regulação de intensidade. Juntamente com sensores de movimento e de luz solar, as luzes de uma divisão que se encontre vazia já não ficam acesas, e as luzes exteriores acendem automaticamente quando começar a escurecer. Para a casa ter uma aparência de estar habitada (quando não se encontra em casa), basta programar as luzes para acender a determinadas horas e em determinadas divisões, permitindo otimizar o consumo de energia tendo em conta a presença/ausência, hábitos e horários.
- Controle de iluminação: em uma residência automatizada, pode-se pressionar um único botão e montar uma cena envolvendo diversas zonas (circuitos) de iluminação como, por exemplo, uma cena para o jantar, onde as luzes sobre a mesa estão acesas no máximo, as luzes na periferia da sala estão com apenas 10% de sua intensidade e as luzes que ressaltam quadros e esculturas estão a 80%. Outros sistemas e equipamentos podem ser acionados com as cenas de iluminação, tais como o som ambiente, a tela automática, o elevador do projetor, as cortinas, os toldos, etc.
- Cinema em Casa: o controle dos sistemas de Cinema em Casa por domótica permitem facilitar a sua utilização. Sendo coordenado com o Controle de Iluminação, caso exista essa vertente instalada, o Cinema em Casa controlado por domótica permite ainda o ajuste automático para um cenário de iluminação adequado.

- Som Ambiente: o som ambiente multizona pode ser controlado por domótica. Mediante a instalação de colunas em determinadas divisões ligadas a uma central de som, é possível cada utilizador escolher o que pretende ouvir na divisão em que está presente. Pode ainda partilhar a música do seu dispositivo portátil, como telefone celular ou leitor de MP3, para a rede doméstica.
- Climatização: programação de horários para ativar/desativar equipamentos de aquecimento, ventilação ou o ar condicionado, permitindo manter um nível de conforto (ou mesmo aumentando-o, por exemplo, quando liga o ar condicionado momentos antes de chegar a casa), poupando energia (funcionamento de acordo com os horários, presença e temperatura exterior) e a comodidade de poder efetuar uma chamada para casa para se certificar de que realmente desligou o aquecimento.
- Segurança: a domótica pode atuar em diversos níveis de segurança. O sistema, auxiliado por sensores, permite detectar fugas de gás, inundações, incêndios em fase inicial, cortando imediatamente as entradas e avisando-o (e a profissionais de manutenção e bombeiros) do sucedido de forma a serem tomadas providências. A segurança ao nível de detecção de intrusos também é relevante e levada em consideração pelo sistema. Através de completos sistemas de segurança (mas de instalação simples) poderá saber quem se encontra nas imediações de sua casa ou escritório, poderá criar programas que desincentivem possíveis intrusos e mesmo quando estes últimos são mais persistentes e se verifica a intrusão, existem mecanismos que o alertam a si (e a outras pessoas, que achar conveniente) do que se está a passar na sua propriedade. Com apenas alguns elementos de áudio e vídeo poderá ter permanentemente os seus bens vigiados. Podendo aproveitar o mesmo sistema para tomar conta das crianças que brincam no quarto ou no jardim.
- Monitoramento de imagens: câmeras ligadas a alguma rede de comunicação (Internet, celular) permitem monitorar os ambientes da casa remotamente. Estando o sistema de monitoramento integrado ao sistema de alarme, as próprias câmeras podem funcionar como sensores de presença identificando qualquer situação de invasão, acionando o alarme e gravando as imagens.
- Controle de acesso: através de leitura de padrões biométricos (impressão digital, padrão retinal, padrão de voz), é possível controlar o acesso às entradas da casa, além de "personalizar" o ambiente segundo um perfil cadastrado para o usuário.
- Comunicação: apoiando-se no avanço das novas tecnologias computacionais e de telecomunicações, a domótica vem oferecer ainda mais vantagens. Permite visualizar, a partir da Internet, diversos ângulos da residência, permitindo descontraír totalmente quando

se encontra em férias, esse comunicar com o sistema, desligando a TV que ficou acesa, baixar o estore quando o sol incidir ou acender as luzes exteriores quando se estiver a aproximar de casa. O sistema áudio e vídeo e os meios multimídia vão ao encontro de pessoas que necessitam de cuidados especiais, permitindo a sua vigilância, e estes por sua vez têm um meio à sua disposição para comunicar e interagir com o mundo exterior.



## A IMPORTÂNCIA DA DOMÓTICA PARA A SUSTENTABILIDADE DAS CIDADES

Figura 10: Domótica e sustentabilidade. Fonte: Domingues (2013).

As possibilidades que a Domótica proporciona às pessoas são muito significativas. Facilidades permeiam várias áreas, como segurança, cuidados com o meio-ambiente, conforto, lazer e qualidade de vida, proporcionando um caminho para a sustentabilidade, maior conectividade em geral, ganhos de tempo e economia (figura 10).

### 4.2. AUTOMAÇÃO INCLUSIVA

De acordo com Guedes *et al.* (2012), o princípio da arquitetura inclusiva teve seu início diretamente ligado à Segunda Guerra Mundial, onde veteranos de guerra, mutilados, não

conseguiam exercer mais funções do dia-a-dia, de modo que ficaram evidentes as barreiras arquitetônicas e os desconfortos das edificações, mostrando que as construções visavam apenas o visual arquitetônico e não as necessidades pessoais. Após o fim da Segunda Guerra, surge a primeira padronização de acessibilidade nos Estados Unidos, cuja evolução derivou o conceito de Design Universal, ou seja, produtos e ambientes que possam ser usados por todas as pessoas.

A arquitetura voltada para a inclusão de Portadores de Necessidades Especiais, no Brasil, chegou apenas na década de 1980, onde ocorreram transformações nas legislações e normas técnicas. Como afirma Rockenbach (2004), atualmente, a acessibilidade está presente em diversos locais como: vias públicas, áreas de convívio pessoal e social, transportes coletivos, mobiliários urbanos e em edificações públicas. Assim, pouco a pouco, uma rede articulada e acessível começa a ser delineada. A partir destes conceitos, a automação inclusiva, que também busca os direitos sociais dessas pessoas, dando-lhes a possibilidade de acionamento remoto ou automático de sistemas, proporciona ainda maior conveniência para os mesmos, de forma que possam ter maior autonomia e independência nas suas atividades diárias.

Segundo estatísticas do Censo Demográfico de 2010 (IBGE), próximo de 46 milhões de brasileiros, ou seja, cerca de 24% da população, declaram-se com algum tipo de deficiência (mental, motora, visual e auditiva). Sabe-se que a habitação é um direito básico de cidadania, para que esse direito seja garantido é necessário implementar soluções construtivas e tecnológicas em prol dos portadores de necessidades especiais, porém a lei ainda não aborda estas necessidades. Deste modo, é importante que os arquitetos e engenheiros comecem a pensar em um método para a elaboração destes espaços. Para Mello (2011), a legislação, mesmo não garantindo o direito de uma residência acessível, está evidente quanto à implantação de rampas, corrimãos, sinalização, acessos sem barreiras, entre outros.

De acordo com o princípio da sociedade inclusiva, todas as pessoas portadoras de deficiência devem ter suas necessidades especiais atendidas. Devem existir soluções de automação residencial em ambientes habitacionais de interesse social que necessitam de adaptações especiais, entendendo que estes possam ser socialmente desejáveis, economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis. Os sistemas residenciais inteligentes oferecem mecanismos que aumentam sua autonomia e que possibilitam a estas pessoas a continuidade do desempenho de importantes papéis na sociedade.

Desde sistemas que compensam deficiências funcionais, por meio de controles remotos e dispositivos de portas, têm-se mecanismos que facilitam a segurança e permitem o

acesso aos meios de comunicação, através da informação e do entretenimento. A possibilidade de acionamento remoto ou automático dos sistemas pode trazer muitos benefícios para esse público. Além do conforto, a preocupação deste tipo de automação volta-se para a acessibilidade, segurança, saúde e bem estar do usuário, proporcionando-lhe maior autonomia e independência na realização das tarefas diárias em casa ou de sua atividade profissional, no local de trabalho.

Tendo em vista estas necessidades, a automação e a arquitetura inclusiva partem do conceito de inclusão social, procurando auxiliar pessoas com necessidades especiais, apresentando os benefícios que estas proporcionam, tornando o portador de necessidades especiais independente tanto nas tarefas do dia a dia quanto na locomoção, buscando assim melhoria na qualidade de vida.

#### 4.3. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E A ARQUITETURA INCLUSIVA

Os profissionais da área de construção civil começaram a tomar consciência dos fatos de habitação inclusiva após a década de 1980, mais precisamente em 1981 quando este foi declarado como o Ano Internacional das Pessoas com Deficiência, pela Organização das Nações Unidas (ONU). A partir deste ato foram promulgadas leis no país para regulamentação do acesso a todos, dando a garantia de que a parcela da população com deficiência tivesse as mesmas garantias que os demais cidadãos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou a primeira norma referente à acessibilidade em 1985. Hoje, após três revisões, a NBR 9050 apresenta os parâmetros básicos a serem seguidos sem restrições ou alterações, independente da destinação do espaço, às condições de acessibilidade. Alguns exemplos destas aplicações são: altura de comandos de janelas, interruptores, tomadas, vãos de portas, rampas, dimensionamento de sanitários, entre outros.

Uma unidade habitacional inclusiva deve dispor de espaços adequados a todas as necessidades, assim como acessos e espaços bem dimensionados, que proporcionem conforto, segurança e bem-estar aos moradores.

Um sistema de automação residencial faz a integração de dispositivos eletrônicos, ligando-os através de uma rede que permite o controle destes por meio de um computador, *smartphone* ou *tablet*, por exemplo.

Incorporado ao conceito de automação residencial, segundo Pinheiro (2004) existem três graus de integração destes sistemas:

- **Sistemas Autônomos:** são sistemas independentes e não há a interligação entre os dispositivos;
- **Sistemas Integrados:** todos os sistemas estão integrados a um controlador (central de automação);
- **Sistemas Complexos:** princípio de funcionamento da casa inteligente, onde o sistema pode ser personalizado de acordo com a vontade do usuário.

Do emprego mais simples até o mais complexo, existem sistemas de automação que permitem que cada ponto de uma residência seja controlado de modo inteligente, tanto particularmente quanto em conjunto com o resto do sistema (figura 11).

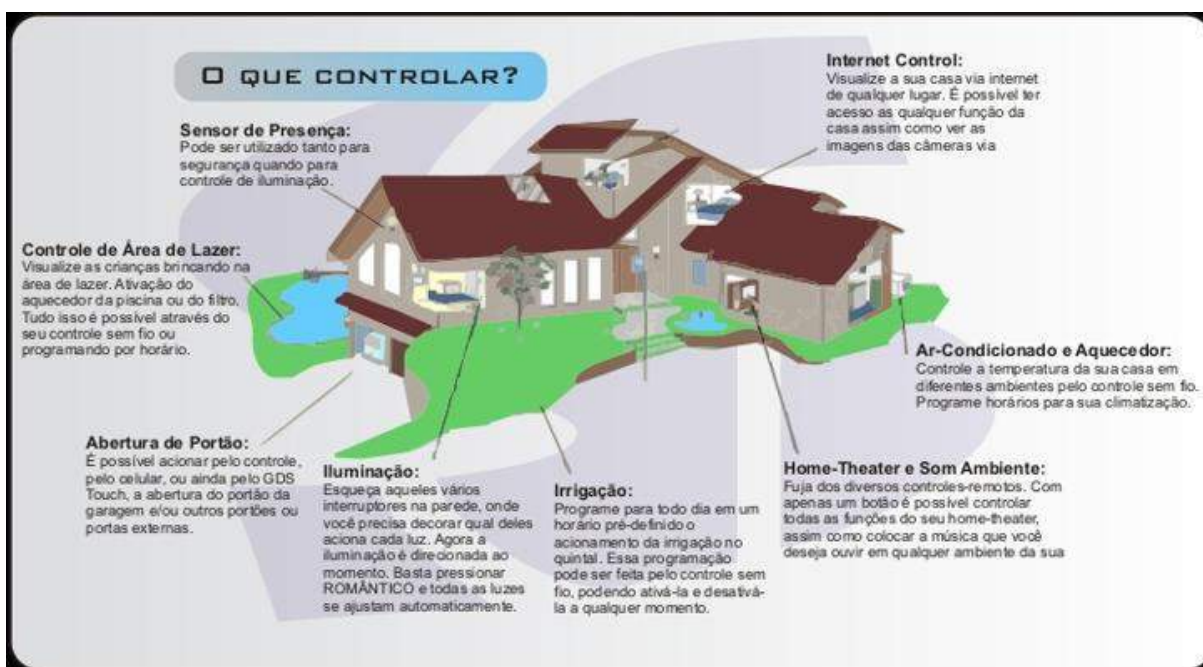


Figura 11. Múltiplas possibilidades oferecidas pela automação residencial. Fonte: site gdsautomacao.

Além do conforto que a automação residencial traz, a automação inclusiva vai além e preocupa-se principalmente com a acessibilidade, segurança, saúde e bem-estar dos usuários. Em uma casa com automação inclusiva, as portas e cortinas são automáticas, o que permite ao usuário abri-las e fechá-las com um toque em um controle remoto ou outro dispositivo, por exemplo. A utilização de sensores de presença pode evitar o deslocamento do usuário até um interruptor ou também para alertar a presença de alguém em determinado local. Outro exemplo é o de camas articuladas, que podem ser acionadas através de um celular ou tablet, ajudando o portador de necessidades especiais a deitar ou levantar. Também é importante a utilização de botões de emergência em locais estratégicos onde existe a possibilidade de

ocorrer acidentes.

Uma residência inclusiva, além de englobar os conceitos da arquitetura universal e das normas NBR 9050, também pode utilizar mecanismos da automação para proporcionar conforto, acessibilidade, segurança, saúde e bem estar ao usuário, oferecendo-lhe maior autonomia e independência na realização das tarefas diárias em casa ou de sua atividade profissional, no local de trabalho. A automação residencial traz a possibilidade da utilização de um dispositivo como controle total do imóvel tanto manual quanto por voz, adaptado a patologia e as necessidades de cada pessoa. Dentre diversas possibilidades, a automação pode oferecer:

- A residência pode ser acessada tanto pelo uso da biometria quanto por acionamento a distância;
- Comando de cortinas e persianas;
- Aspiração central;
- Pisos térmicos, ventilação e controle da temperatura;
- Sensores de luz, gás, fumaça, inundação e exaustão;
- Botões de emergência;
- Tarefas agendadas, como por exemplo, a irrigação do jardim e filtragem da piscina;
- Monitoramento e acionamento remoto;
- Elevador para escadas;
- Integração total dos equipamentos de áudio e vídeo;
- Controle do consumo de recursos elétricos e naturais.

Análises apontam que o investimento inicial para a implantação de um sistema automatizado acresceria o custo final, considerando o total da obra de uma residência, entre 3% a 8%, porém, considerando o ciclo de vida útil, a autonomia, o conforto, a segurança e a praticidade, o investimento se dilui no tempo e se torna o ponto chave da valorização dessa tecnologia.

Deste modo, iniciativas como a arquitetura universal, automação residencial e inclusiva, estão derrubando barreiras e permitindo melhorias na qualidade de vida, principalmente, aos portadores de necessidades especiais. Assim, proporcionar a inclusão



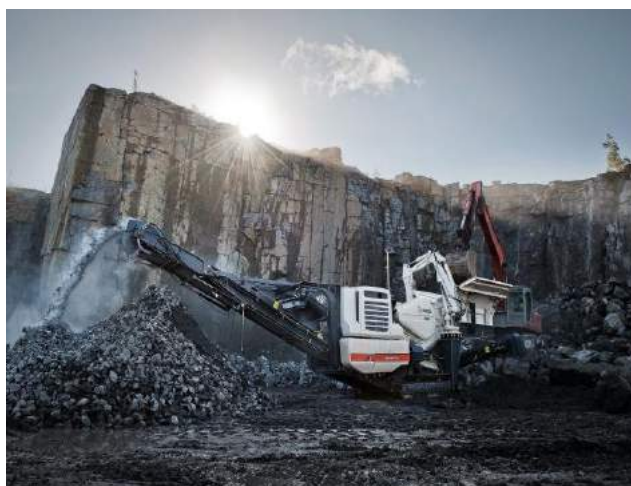
social sustentável é uma tarefa técnica, pois depende, acima de tudo, de mudanças de atitudes, de compromisso e de paradigmas de que as comunidades mais carentes também podem e devem ter acesso a oportunidades de uma arquitetura acessível e igualitária, com pleno acesso aos recursos da sociedade.

## 5. AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA NA CONTRUÇÃO CIVIL E NOS SISTEMAS URBANOS

### 5.1. AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

#### 5.1.1. No canteiro de obras

A gestão eficiente de equipamentos projetados para a construção civil aumenta a produtividade no canteiro de obras, principalmente quando se investe em automação de máquinas (figura 12). É o que comprovam experiências realizadas por algumas das grandes construtoras do Brasil, que ao investir em tecnologia buscam também diminuir o custo e reduzir o impacto ambiental.



**Figura 12. Automação no canteiro de obras. Fonte: site cimento itambe.**

O uso de máquinas com alta tecnologia reduz sensivelmente o trabalho, mas exige mão de obra cada vez mais qualificada. Para cada tipo de obra há um ganho específico. Em obras habitacionais, a automação substitui a mão de obra. Já nas de infraestrutura, os ganhos ficam por conta das menores perdas e maior precisão na execução dos serviços, devido aos grandes volumes envolvidos.

As recentes experiências com equipamentos totalmente ou parcialmente automatizados já permitiram às construtoras enumerar as seguintes vantagens:

- Redução no número de máquinas em operação, sejam os da própria empresa ou os alugados, devido à melhor utilização da frota;
- Redução no consumo de combustível;

- Uso correto dos equipamentos para cada tipo de trabalho;
- Redução no desgaste e, conseqüentemente, no estoque de peças;
- Melhoria da confiabilidade devido ao mapeamento das falhas redundantes

A melhor gestão das máquinas aumenta a produtividade, pois diminui o retrabalho, eleva a precisão na execução dos serviços e reduz a influência de erros causados pelo fator humano.

No canteiro de obras, hoje já é possível a automação de equipamentos como motoniveladoras com controle de nivelamento automático, rolos compactadores, pavimentadoras de asfalto e de concreto, além de plantas industriais com gestão automatizada de produção. “Existem casos em que a automação elimina completamente os operadores, como tem sido visto, com cada vez mais frequência, nas minas subterrâneas e em ferramentas de controle topográfico”, completa o gerente de equipamentos, reforçando que todo esse aparato tecnológico requer menos mão de obra, mas com mais qualificação. “Os operadores destas máquinas precisam de conhecimento técnico e para treiná-los é bastante comum o uso de simuladores de operação.”

A robótica está chegando com força nos canteiros de obra. Uma *startup* norte-americana desenvolveu o SAM (figura 13) - Pedreiro Semiautomatizado, na sigla em inglês - , capaz de assentar blocos de alvenaria três vezes mais rápido que qualquer ser humano. Custando quase R\$ 2 milhões, não substitui a mão de obra de canteiro, mas trabalha junto dela, numa parceria capaz de agilizar a obra, com grande aumento da produtividade.



**Figura 13. Robô SAM assentando tijolos. Fonte: site mapa da obra.**

Proporcionando um desgaste menor à saúde do pedreiro, favorecendo a sua qualidade de vida, SAM carrega e pega os blocos, lança a argamassa, se movimenta sobre um eixo

horizontal e vai colocando os blocos sobre a linha de assentamento, à medida que um bloqueiro tira os excessos de argamassa da parede, com uma colher de pedreiro. Para o pedreiro, portanto, sobra o trabalho mais leve e detalhado, como preparar o local para a máquina, assentar os blocos em cantos e pontos de difícil acesso, limpeza dos blocos e outras finalizações estéticas.

No caso do SAM estar montado sobre um andaime, em local onde haja muito vento, neve, chuva ou calor intenso, realizará com perfeição suas funções repetitivas, porque é bastante adaptável. E vai além: assim como o bom pedreiro, que vê o projeto e identifica o que não dá para ser executado na obra, por alguma incompatibilidade do mundo real com a proposta teórica, faz as correções necessárias na hora de assentar os blocos, para completar sua tarefa.

“O projeto vai dizer que uma janela está a nove metros da esquina de um edifício, mas, ao chegar à obra, pode não ser exatamente assim”, disse Scott Peters ao MIT Technology Review, publicação do Massachusetts Institute of Technology. Peters é cofundador da Construction Robotics, start up criadora do SAM, de Victor, Estado de Nova Iorque. “Pedreiros sabem como se adaptar a isso, então tivemos que criar um robô que faz o mesmo”, complementa. O sistema automatizado funciona melhor na execução de grandes paredes planas e sem recortes, como em fachadas de prédios residenciais, universidades e hospitais – mas produzir detalhes não será um problema.

O SAM avança e recua em centímetros o assentamento de algumas peças, seguindo o desenho de imagem pixelada, para criar relevos na fachada, texturas ou logotipos de empresas – tudo a partir de um conjunto de algoritmos que direcionam lasers e sensores capazes de medir ângulos, velocidade e orientação, e de movimentar-se acompanhando a extensão da parede que está sendo executada. O robô foi lançado comercialmente no último semestre de 2015, mas ainda em edição limitada. SAM já havia sido premiado no *World of Concrete*, evento internacional da indústria do concreto que acontece anualmente nos Estados Unidos, como produto mais inovador de 2015. Na atual fase, o SAM, como é chamado, é capaz de assentar 300 tijolos por hora, mas leva a vantagem de já estar em fase de desenvolvimento bastante avançada.

Uma companhia australiana chamada *Fastbrick Robotics*, promete lançar um robô “pedreiro”. Batizado como Hadrian (figuras 14 e 15) em referência ao imperador romano Adriano (responsável, entre outras grandes obras, pela reconstrução do Panteão de Roma), o robô ainda não passa de um protótipo, mas já é capaz de assentar mil tijolos por hora.



**Figura 14. Robô Hadrian. Fonte: sitetecnoblog.**



**Figura 15. Robô Hadrian manipulando tijolos. Fonte: sitetecnoblog.**

A *Fastbrick Robotics* afirma que o robô consegue ser até 20 vezes mais rápido que um humano na realização da mesma tarefa. Por conta disso, os muros de uma casa média podem ser levantados em dois dias, na estimativa da empresa. Isso equivale a, pelo menos, 150 residências/ano.

O Hadrian também pode transportar, rotacionar e cortar tijolos de variados tamanhos com grande precisão. O robô está sendo preparado até mesmo para preparar espaço para passagem de canos de água e dutos de eletricidade.

O braço articulado pode ter até 28 metros de extensão e o robô deve receber a programação completa da obra com auxílio de um *software* de modelagem 3D.

Conforme já foi abordado e como qualquer tecnologia que se propõe a substituir trabalho humano, o projeto também traz questionamentos sobre risco de desemprego. A

*Fastbrick* acredita, no entanto, que o robô não vai tirar vagas de trabalho do mercado, pelo menos não de modo expressivo.

Em muitos países, encontrar operários para tarefas pesadas em obras não é fácil. Além disso, o Hadrian não pode cuidar de toda a construção. Enquanto o robô levanta uma parede, uma equipe pode trabalhar na fixação de portas ou no acabamento do banheiro, por exemplo. Todo o trabalho do Hadrian deve ser supervisionado por pelo menos uma pessoa.

Trabalhando nesta mesma linha, na construção de paredes, um Braço robótico (figura 16) foi utilizado na criação de uma fachada de tijolos torcidos, de acordo com o site *ArchDaily*.



**Figura 16. Braço robótico de Gramazio Kohler. Fonte: site ArchDaily.**

Para criar uma impressionante fachada de tijolos (figura 17) para a Keller AG Ziegeleien, Gramazio Kohler usou um processo de produção robótico inovador chamado ROBMade, que utiliza um robô para posicionar e assentar os tijolos. O braço robótico recebe informações de um programa de modelagem 3D para posicionar cuidadosamente os milhares de tijolos em um padrão retorcido, automatizando grande parte do processo de construção. Ele emprega esse método de fabricação para executar tarefas intrincadas e repetitivas.





**Figura 17. Fachata de tijolos retorcidos. Fonte: site ArchDaily.**

O robô produz dúzias de peças idênticas que, devido à precisão com a qual são feitas, permitem que a fachada apresente elementos escultóricos rotacionados e continue sendo estruturalmente autoportante.

Em 2012, o escritório Gramazio Kohler divulgou o vídeo sobre a *Flight Assembled Architecture* (figuras 18 e 19), explorando outra forma dos robôs contribuírem com o processo construtivo, na qual robôs voadores empilham tijolos para formar uma torre curva sem a participação direta de seres humanos.

Estes robôs-pedreiros são coordenados centralmente, por um sistema capaz de ser programado para qualquer tarefa específica de construção e são dotados de um dispositivo anticolisão, de forma a aumentar a segurança na obra.



**Figura 18. *Flight Assembled Architecture* (Arquitetura Montada em Voo) Orléans, França. Gramazio e Kohler e Raffaello D'Andrea. Fonte: <http://raffaello.name/projects/flight-assembled-architecture>**



**Figura 19.***Flight Assembled Architecture* (Arquitetura Montada em Voo) Orléans, França. Gramazio e Kohler e Raffaello D'Andrea. Fonte: site Engenharia Portugal.

Sem a utilização de guindastes e andaimes, esta é uma instalação construída por robôs voadores. Para erguer essa estrutura de 6 metros de altura, um grupo de quadricópteros organizou 1.500 tijolos de espuma segundo os dados digitais de projeto, que controlam dinamicamente o comportamento dos drones. Tal abordagem visionária da ação de construir é resultado da colaboração entre o escritório Gramazio e Kohler e o inventor Raffaello D'Andrea, que são de uma geração que busca estender os limites da arquitetura com projetos e fabricação digitais.



T30 Hotel. Província de Hunan, China  
BROAD GROUP

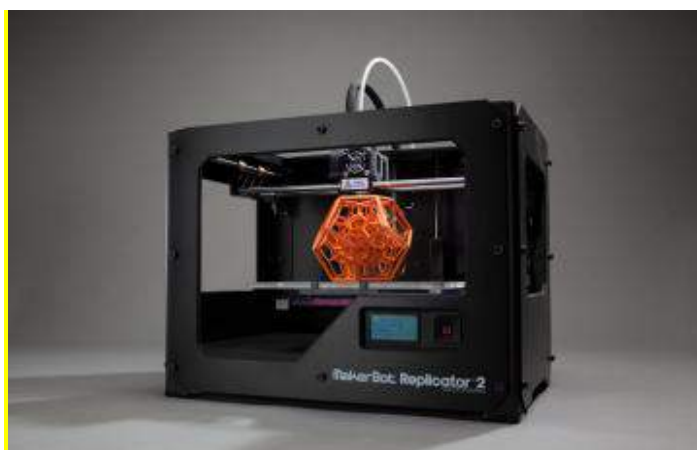
**Figura 20.**Construção de hotel na China. Fonte: Kushner (2015).

Kushner (2015) mostra que, na China, uma construtora levantou um hotel de quinze pavimentos em seis dias, e um de trinta em apenas duas semanas, processo que costumava levar anos (figura 20). O segredo está na pré-fabricação: grandes segmentos dos prédios são



montados em fábricas, eliminando desperdícios e atrasos no canteiro de obras. Segundo a Academia Chinesa de Pesquisa de Construções, essas torres são cinco vezes mais resistentes a terremotos do que seriam se erguidas por métodos convencionais.

A impressão 3D, que será abordada com maiores detalhes no próximo capítulo, é, segundo Oliveira e Gonçalves (2014), outro dispositivo auxiliar existente, que assim como a máquina rebocadora de parede, é capaz de facilitar e minimizar os riscos no processo da construção civil. Também conhecida como prototipagem rápida, a impressão 3D é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva onde um objeto sólido tridimensional é criado a partir de um modelo digital. Impressões 3D são realizadas usando adições sucessivas de camadas de material e oferecem aos desenvolvedores de produtos a habilidade de num simples processo imprimirem partes de alguns materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas, de acordo com Garcia (2011). Tecnologias de impressão avançadas permitem imitar com precisão quase exata a aparência e funcionalidades dos protótipos dos produtos, como pode ser visto na figura 21.



**Figura 21. Impressora 3D. Fonte: (<http://goo.gl/GZPj8u>)**

Nos últimos anos, as impressoras 3D tornaram-se financeiramente acessíveis para pequenas e médias empresas, levando a prototipagem da indústria pesada para o ambiente de trabalho. Pode-se citar como um desses ambientes, o ambiente de construção civil. O TEDx, um programa de eventos e conferências criado pela fundação privada sem fins lucrativos dos Estados Unidos TED (*Technology, Entertainment, Design*), exibiu em Fevereiro de 2012 em Ojai, Califórnia, uma palestra na qual foi apresentado um projeto onde casas eram construídas com o auxílio de robôs que realizavam impressão 3D (figura 22).



(a)



(b)

**Figura 22. Impressão 3D na construção civil. (a) Construção de uma parede com impressão 3D.**

**Fonte:** <http://www.contourcrafting.org>. (b) Imagem simulando a utilização de impressão 3D.

**Fonte:** <http://www.contourcrafting.org>

Com a utilização desta tecnologia é possível erguer casas dentro de 20 horas, também sendo factível o adicionamento de fiação elétrica, ladrilhos para o chão, canalização e pintura nas paredes. Este processo de construção permite a realização de projetos de forma mais rápida e flexível, visto que a impressão pode formar materiais de qualquer formato. Desta forma, a liberdade de construção será muito maior, desde que o formato seja viável para a elaboração de construções. O projeto utiliza a técnica denominada *Contour Crafting* (construção por contornos) onde a casa é construída de camada por camada por uma máquina de impressão 3D que é sustentada por dois suportes móveis laterais fazendo com que o conjunto se mova conforme necessário. Desde a sua criação até hoje o projeto já recebeu prêmios e patentes, sendo seu atual estudo de aplicação na construção de bases fora do planeta, como na Lua e em Marte (KHOSHNEVIS, 2004).

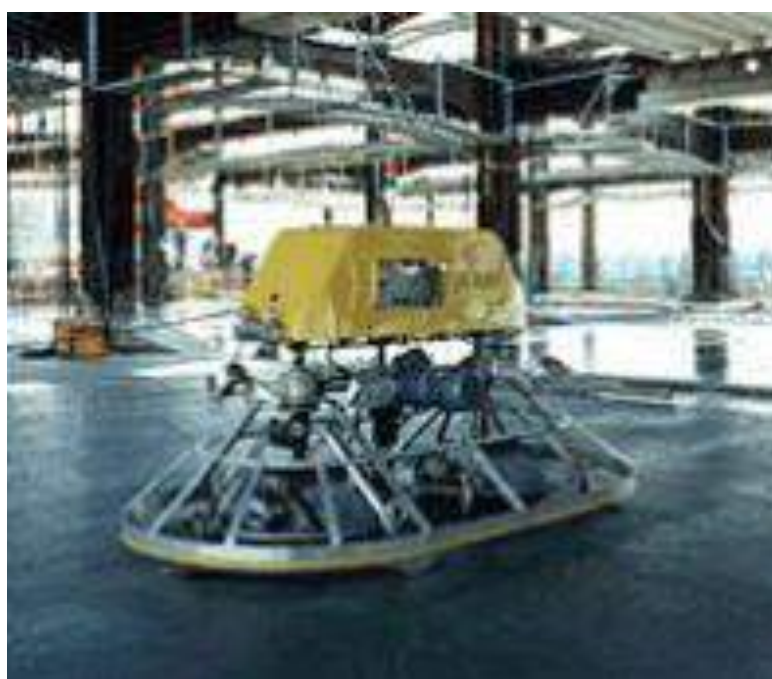


**Figura 23. Robô de montagem de painéis "Mighty Hand". Fonte:** Resino *et al.* (2005).

Balaguer (2008) afirma que boa parte dos projetos na área da construção são teleoperados com funções diversas como: estender, compactar e controlar espessura de piso de concreto, pintura, proteção contra incêndio, montagem de painéis e outros.

Um projeto que se destaca na montagem de painéis é o *Mighty Hand* da empresa Japonesa Kajima, usos comuns são com painéis de concreto e vidro (figura 23).

O SurfRobo da empresa Takenaka tem como função a compactação e acabamento em pisos de concreto (figura 24). Ele é teleoperado e cumpre sua tarefa com a utilização de hélices rotativas.



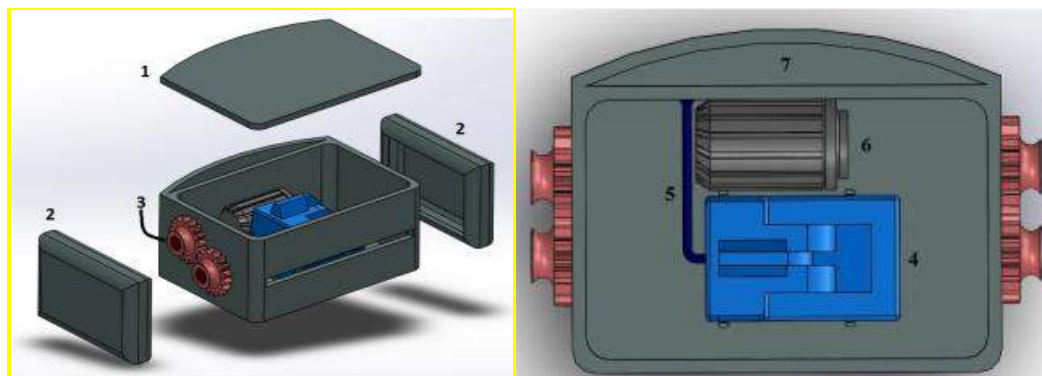
**Figura 24. Robô de compactação e acabamento em pisos de concreto. Fonte: Freitas (2015).**

O projeto ROCCO consiste em um robô que realiza assentamento de blocos de até 500 kg, para blocos menores de aproximadamente 100 kg ele demora de 30 a 45 segundos por bloco, seu braço tem alcance de até 8,5 metros e funciona a partir de plataforma CAD.

#### 5.1.2. Na fase de acabamentos

O projeto de Oliveira (2014) trata-se de um robô pintor que consiste em um sistema de forma a automatizar a pintura da parede externa de um edifício, em que um suporte é disposto no telhado do edifício, Fig. 27a, e um aparelho de pintura é suportado por meio de cabos de modo a poder se deslocar verticalmente, Fig.27b. O aparelho de pintura inclui um mecanismo

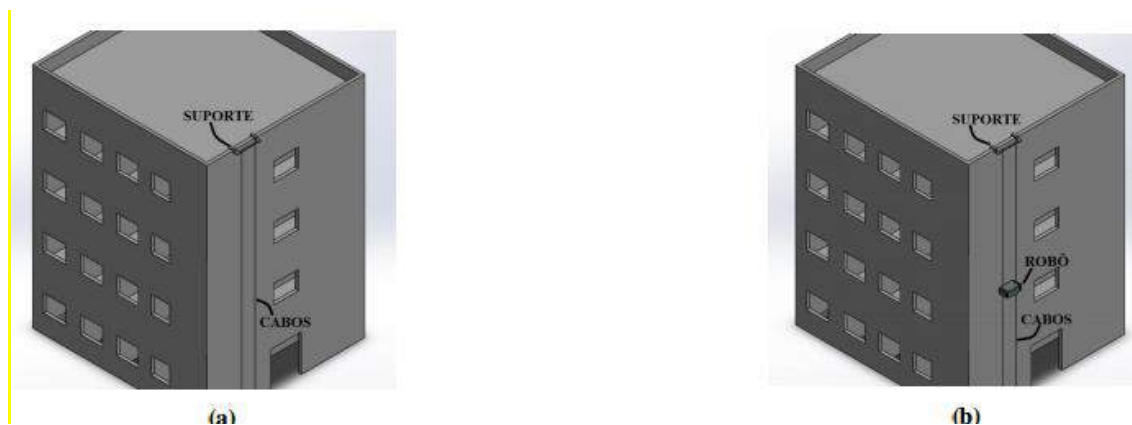
de movimentação horizontal, em uma direção normal à superfície da parede com uma pistola de pulverização acoplada na máquina. Os componentes elétricos da máquina devem ser alimentados ligando-os a uma fonte de energia, localizada ou no telhado ou no solo, por meio de cabos. A Figura 25 consiste de uma vista isométrica do robô, a qual ilustra alguns de seus componentes numerados: (1) Tampa superior. (2) Tampas laterais. (3) Engrenagens responsáveis por locomover a máquina verticalmente por meio de cabos.



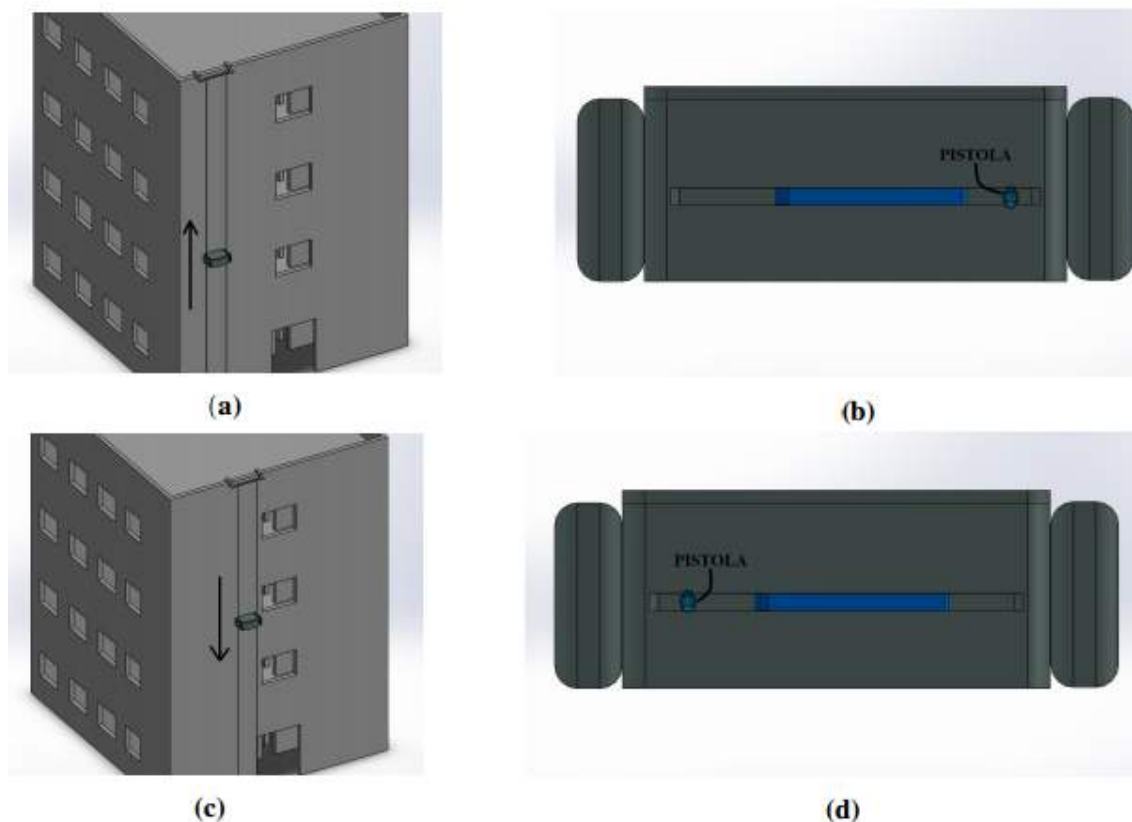
**Figura 25 e 26. Vista isométrica do robô e Vista superior do robô. Fonte: Oliveira (2014).**

A Figura 26 ilustra outros componentes do robô numerados: (4) Compressor de ar responsável por comprimir o ar e enviá-lo juntamente com a tinta para a pistola. (5) Duto por onde será transportada a tinta para o compressor. (6) Motor elétrico que movimentará as engrenagens. (7) Local onde será depositada a tinta utilizada durante o processo de pintura.

O robô deve ser desenvolvido levando em consideração o seu peso e o custo do material utilizado. Para isso as dimensões foram projetadas de forma a fazer com que o robô possua o menor tamanho possível, onde o mesmo possui 41 cm de altura, 95 cm de largura e 65 cm de comprimento. O robô projetado é capaz de portar 60 litros de tinta que permitem a pintura de 50 m<sup>2</sup>. A máquina inicia seu movimento de baixo para cima, Fig. 28a, saindo do solo e chegando ao topo do edifício com a pistola de pulverização em funcionamento, posicionada na extremidade direita da máquina, Fig. 28b. Ao atingir o topo o suporte é então movido para o lado de forma manual, Fig. 28c, ao mesmo tempo em que a pistola move-se para o lado oposto ao que se encontrava, Fig. 28d. Inicia-se então o movimento de descida onde o robô descerá propelindo tinta até que ele atinja o solo, Fig. 28e. Novamente o suporte é movido manualmente para o lado enquanto a pistola se posiciona para o lado extremo ao atual e o processo repete-se até que a pintura seja finalizada ou a tarefa interrompida.



**Figura 27. Montagem da máquina no edifício. (a) Cabos conectados ao suporte; (b) Máquina conectada aos cabos. Fonte: Oliveira (2014).**



**Figura 28. Movimentos e posições da máquina e seus componentes. (a) Robô iniciando seu movimento de baixo para cima; (b) Pistola de pulverização em sua posição inicial; (c) Robô se movimentando de cima para baixo; (d) Pistola de pulverização após movimento. Fonte: Oliveira (2014).**

Visto que no âmbito da pintura, sua realização na maior parte é feita manualmente, a implantação de uma máquina seria vantajoso não apenas na qualidade e velocidade do trabalho, podendo sobressair-se no ponto de vista do custo-benefício, mas também na questão de segurança dos operários. Pode-se considerar que o processo de automatização no âmbito da construção civil é possível e necessário. Desta forma, este trabalho apresentou um novo robô



para ser aplicado à pintura predial que emprega componentes comerciais usualmente utilizados e, portanto, de fácil reposição. Simulações gráficas tridimensionais foram realizadas, demonstrando a viabilidade do projeto.

No Brasil, de acordo com o *site* Jornal da Construção Civil (2016), a Cetec, líder brasileira em máquinas para pintura industrial, anuncia o lançamento do Bigtex (figura 29), equipamento desenvolvido para a aplicação de textura, argamassa e chapisco. Com vazão de 720 litros/hora e pressão máxima de 12 bar, com o Bigtex é possível cobrir uma área de 4 m<sup>2</sup> em apenas um minuto, com praticidade e segurança na aplicação de textura, argamassa e chapisco.



**Figura 29. Bigtex. Fonte: *site* Jornal da Construção Civil (2016)**

Bastante robusta, a novidade da Cetec é fornecida com compressor de ar incluído, rodas pneumáticas, tambor de alimentação com capacidade para 90 litros e mangueira de 15 metros. “É um equipamento prático, muito potente e extremamente seguro”, afirma Eduardo Cernic, diretor da Cetec.

Fundada em 1993 e detentora do certificado de qualidade ISO 9001, a Cetec já forneceu, a partir de duas unidades situadas em São Paulo (SP), mais de 15 mil máquinas para, aproximadamente, 4 mil clientes em toda a América do Sul. O Bigtex conta com a certificação NR-12, norma do Ministério do Trabalho que determina o isolamento das eventuais zonas de perigo das máquinas, como frestas e passagens.

### 5.1.3. Na fase de demolição

Proporcionando segurança, os robôs substituem os humanos em atividades de risco, principalmente na construção civil. A demolição é uma das atividades mais arriscadas do setor, com perigo de morte.

Tais equipamentos são manipulados por controle remoto e garantem segurança de operação (figura 30). Uma das mais reconhecidas fabricantes de robôs de demolição é a Husqvarna. A empresa iniciou a fabricação de sua linha de robôs DXR em 2008. A primeira máquina de demolição com controle remoto foi nomeada de Husqvarna DXR 310, apresentando alta potência com baixo peso e projetada para todas as tarefas de demolição, mesmo aquelas muito perigosas para os trabalhadores entrarem.



**Figura 30. O processo da demolição. Fonte:site Portal dos equipamentos (2016).**

Em 2009, de acordo com o *site*Portal dos Equipamentos, aconteceu a primeira venda de um robô da marca para o Brasil. Hoje já possuem nove robôs no mercado nacional, em estados como Rio Grande do Sul e Minas Gerais. No mundo, mais de 300 unidades foram comercializadas.

Entre as principais vantagens para o uso do robô está a possibilidade de efetuar demolições controladas em locais de confinamento, já que a máquina pode passar por uma porta ou até mesmo subir escadas; além disso, os modelos DXR são elétricos e não emitem gases poluentes. Os equipamentos são totalmente comandados por controle remoto via *Bluetooth*, o que permite ao operador manter distância dos locais de risco.

Ele pode ser usado em todas as situações, diferentemente de uma máquina maior. Versátil, pode ser utilizado com várias ferramentas hidráulicas, como rompedores, tesoura (*cruscher*), conchas, etc.

São dois os modelos da Husqvarna: o DXR 310 e o DXR 140. O primeiro é ideal para demolições e trabalhos menores de escavação, tanto no interior como no exterior. Eficiente em ambientes duros, como na indústria de processamento, o modelo 310 também é ideal, segundo a marca, para a demolição de construções de concreto ou tijolo, escadas, telhados e varandas. O modelo 140 é o mais recente complemento da nova gama de robôs de demolição telecomandados. Menor e mais leve, é considerado uma alternativa para operações de demolição em espaços confinados que necessitam de máquinas leves. Pesa 960 quilos e possui 15 quilowatts de potência, sendo disponibilizado também com motor de 11 quilowatts.

Várias tarefas podem ser transferidas da construção *in-loco* para a indústria, a construção de casas residenciais inteiras, por exemplo, tendo em vista que os procedimentos para a construção são muito repetitivos, evitando assim um local com muitas variáveis como um canteiro de obras, dessa forma as únicas tarefas realizadas no local seriam transporte e montagem.

O conceito atual de construção exige rapidez e racionalização de materiais no canteiro de obras, aproximando-nos mais dos sistemas industrializados e dos pré-moldados. Este exemplo já é utilizado no Brasil, facilitando e encurtando o tempo das fases da obra. De acordo com o *site* Téchne (2010), o banheiro pronto é um dos itens que podem chegar prontos à obra. São indicados para hotéis, motéis, edifícios comerciais, edifícios residenciais, hospitais, entre outros empreendimentos que exijam produção em série. O custo é definido em função do projeto e componentes desejados.

O banheiro pronto é um sistema tecnológico de solução para construção civil no qual os banheiros são construídos em linhas de produção industrial, podendo ser executados em concreto armado ou gesso acartonado (figuras 31 e 32). Dessa forma, todas as etapas de controle de materiais, acabamentos, instalações e controle de qualidade são realizados na fábrica. O banheiro é totalmente revestido e pronto para ser utilizado, sendo entregue na obra no local definitivo, bastando apenas executar a conexão com as prumadas de água, esgoto e rede elétrica. As instalações hidrossanitárias e elétricas são embutidas nas paredes do banheiro pronto e direcionadas ao shaft, mantendo as características do sistema convencional, possuindo liberdade de dimensões e acabamentos.





**Figura 31. Banheiros em concreto armado. Fonte: site Técnica PINI web (2010).**



**Figura 32. Banheiro em drywall. Fonte: site Técnica PINI web (2010).**

Depois de prontos, os banheiros são inspecionados pelo controle da qualidade e testados em várias etapas, como testes de estanqueidade, vazão, caimento, pressão e continuidade dos circuitos elétricos. Assim que são aprovados, os banheiros são embalados com uma lona específica, transportados em carretas para as obras e instalados andar por andar conforme a necessidade de construção de cada obra.

As decisões que às vezes são tomadas na obra e podem causar retrabalho ou posteriores adaptações não previstas são totalmente resolvidas antes mesmo da construção do empreendimento, pois o banheiro e as prumadas de esgoto da obra são simulados em fábrica. Elimina-se, assim, o desperdício de materiais devidos a indefinições de projeto das instalações, com um produto completo e acabado. O banheiro pronto contribui para transformação dos canteiros de obra para "canteiros de montagem". A ideia é oferecer uma obra limpa, sem desperdício, entregue em tempo recorde, com vantagens competitivas. O sistema tecnológico de banheiro pronto está no Brasil desde 1998, e a fábrica pioneira já produziu mais de oitomilunidades.

O site TecMundo (2016) compartilhou um exemplo de projeto que pode mudar completamente para dar mais conforto para seus moradores. As estruturas são montadas sobre caminhões e, quando necessário, podem se desmontar e se transformar em uma verdadeira

casa com todas as paredes, telhados e janelas.

O inventor do projeto é um russo que patenteou a ideia em 2010. Porém, apesar de protegidas intelectualmente, essas casas que se transformam já inspiraram outras ideias, como a casa/castelo. O projeto russo, que informalmente é chamado de "Transformer House", ainda não está sendo colocado em prática porque não há tecnologia suficiente para implementar totalmente a ideia. Provavelmente só a sua aplicação só será vista daqui a uns anos, quando os avanços proporcionarem materiais mais leves e práticos de serem manuseados.

O objetivo desse projeto não é apenas proporcionar um método prático e rápido para erguer uma casa, mas oferecer abrigo em situações de emergência. Desastres naturais graves costumam destruir residências e deixar muitos desabrigados. Aplicado à realidade, a formação de abrigos seria muito facilitada.

Como foi visto e será também abordado nos próximos capítulos, a adoção de ferramentas de automação no planejamento eficiente da obra como um todo facilita a tarefa da definição de estratégias técnicas e financeiras por parte do orçamentista e do gestor. As construtoras dependem de planejamentos detalhados e, o mais importante, factíveis para garantir presença no mercado.

*Softwares* de planejamento e de gestão de obras se tornaram indispensáveis no dia a dia das construtoras. Os sistemas eliminam o uso de planilhas impressas, oferecem informação atualizada e servem como orientação para os diversos profissionais envolvidos.

Informações precisas e acessíveis em tempo real garantem, por exemplo, o acompanhamento da execução do trabalho e o controle do cumprimento das etapas. Outra vantagem diz respeito ao ganho de agilidade operacional, garantindo a melhoria do processo de gestão da obra e o aumento da produtividade.

## 5.2. AUTOMAÇÃO NOS SISTEMAS URBANOS

Hoje a sustentabilidade é ponto central nas discussões sobre o futuro das cidades em todo o mundo. Não se reclama apenas pelo direito à cidade. As reivindicações sociais e preocupações de estudiosos do espaço urbano estão centradas também no direito às cidades sustentáveis.

Apesar da ampla divulgação da concepção de desenvolvimento sustentável a partir de 1987, com o Relatório Brundtland ("Nosso Futuro Comum" – WCED) onde foi definido que este é "aquele que responde as necessidades do presente de forma igualitárias sem comprometer as possibilidades de sobrevivência e prosperidade das gerações futuras", poucas

foram as reflexões para melhor entender a efetiva relação da sociedade com o meio físico-natural. Como resultado, ainda existem importantes questões na discussão da sustentabilidade urbana que precisam ser respondidas para que seja possível melhor entender: para quem ela deve ser construída e como é possível incorporar a dinâmica social de uso e produção do espaço em estratégias integradas que promovam a conservação ambiental e o bem-estar humano.

A sustentabilidade urbana, para além da qualidade e quantidade de recursos naturais, depende da qualidade e integração do espaço construído com os recursos naturais (adequação de formas e funções às necessidades sociais e características naturais). De acordo com Monte-Mor (1994), a sustentabilidade no espaço urbano tem relação direta com o grau de permeabilidade e integração entre o espaço natural e o espaço social, centrados na conservação das condições ecológicas adequadas às distintas comunidades. Uma sociedade está mais próxima de ser sustentável se sua condição (bem-estar) é alta, e o estresse (oposto do bem-estar ambiental) sobre o sistema ecológico é baixo.

É urgente o entendimento de que não é mais possível dissociar a questão ambiental da social nas discussões sobre sustentabilidade e problemática ambiental urbana.

Algumas mudanças possíveis já foram delineadas e colocadas no documento Cidades Sustentáveis – Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira elaborado no ano 2000. Nesta ocasião foram apontadas quatro estratégias de sustentabilidade urbana, com propostas de ação para cada uma delas, identificadas como prioritárias para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras:

1. Aperfeiçoar a regulamentação do uso e ocupação do solo urbano e promover o ordenamento do território, contribuindo para a melhoria das condições de vida população, considerando a promoção da equidade, a eficiência e a qualidade ambiental;
2. Promover o desenvolvimento institucional e o fortalecimento da capacidade de planejamento e gestão democrática da cidade, incorporando no processo a dimensão ambiental urbana e assegurando a efetiva participação da sociedade;
3. Promover mudanças nos padrões de produção e consumo da cidade, reduzindo custos e desperdícios e fomentando o desenvolvimento de tecnologias urbanas sustentáveis;
4. Desenvolver e estimular a aplicação de instrumentos econômicos no gerenciamento dos recursos naturais visando a sustentabilidade urbana.

A elaboração de instrumentos de modo que os municípios efetivamente protejam e defendam não só a qualidade ambiental, mas também e de forma integrada, a qualidade

devida de seus habitantes pelo grau de bem-estar adquirido é fundamental. E assim acredita-se ser possível reverter o quadro geral dos municípios brasileiros onde a produção do espaço ainda possui uma dinâmica independente dos planos e programas de desenvolvimento implementados (sustentáveis ou não), que se baseiam no que a cidade deve ser e não no que ela é.

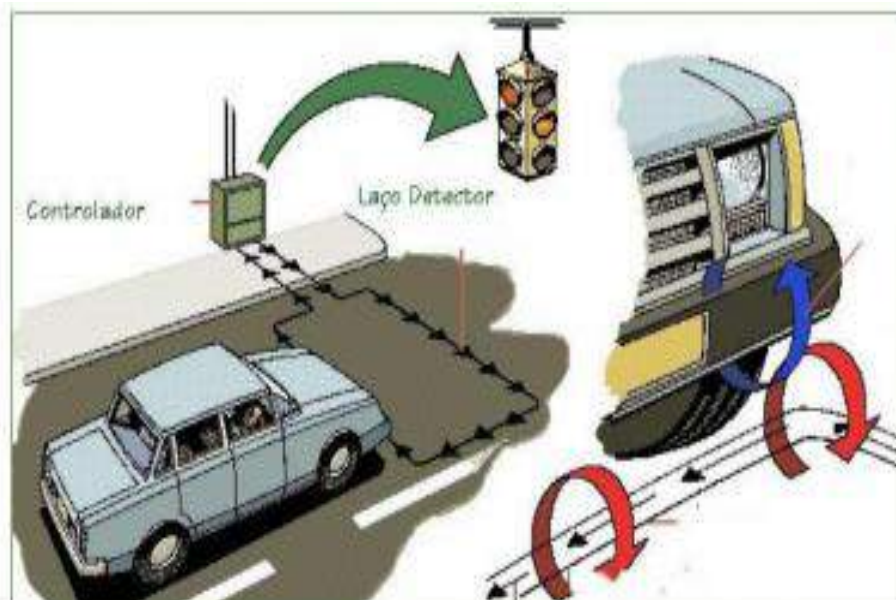


Figura 33. Automação de semáforos para uma melhor dinâmica urbana. Fonte: Rossi (2015).

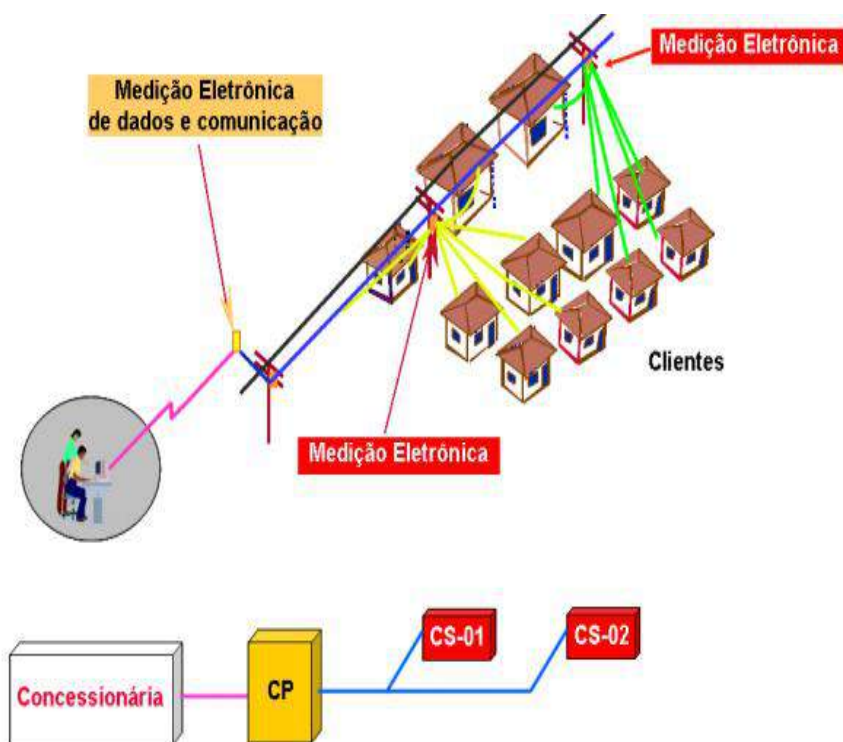


Figura 34. Tecnologias e soluções para garantia do fornecimento de energia elétrica. Fonte: Rossi (2015).

O LARMS é um Laboratório de Automação, Robótica e Modelagem de Sistemas vinculado ao grupo de pesquisa ARMS, do DEG e PEU/POLI/UFRJ, que realiza estudos de Automação Urbana, incluindo a automação de vários sistemas urbanos, tais como: transportes, água e esgoto, energia e telecomunicações, bem como a automação predial e residencial (Domótica), com implementação de sistemas de controle e robôs de serviços com aplicações em ambientes urbanos. Alguns exemplos de projetos do grupo podem ser vistos nas figuras 33 e 34.

### **Sistema de Estacionamento Rotativo Público:**

A solução DBA EstaR (figura 35): é a solução ideal para integrar e convergir todos os cenários de Estacionamento Rotativo Público. O sistema abrange os requisitos necessários para atender desde a administração operacional até o usuário final, passando pela administração financeira, pelo controle de usuários e carros estacionados, pela ocupação das vagas em tempo real, operacionalizando toda a gestão dos equipamentos implantados nas vias públicas, bem como o controle dos fiscais monitores e seu gerenciamento.

O cidadão deve procurar uma vaga rotativa livre e estacionar seu veículo. Ele então deve registrar o evento do estacionamento, podendo fazê-lo por meio do Parquímetro, por Telefone, pela Internet ou com os Fiscais da concessionária que opera o estacionamento rotativo. Para realizar o registro do estacionamento, o usuário deve informar a placa do veículo, o número da vaga e o tempo desejado.

Para comprar créditos, o cidadão pode estacionar nos Parquímetros com moedas correntes ou com cartão eletrônico pré-pago e via Internet ou via Telefone com uma conta *on line* sistema de gestão. O cartão eletrônico pode ser carregado em postos de venda credenciados, nos Parquímetros ou com os Fiscais da concessionária. Os créditos para a conta *on line* do cidadão são adquiridos pela internet, através de boleto, cartão de débito e cartão de crédito. Além destas opções, o cidadão pode regularizar o seu estacionamento com moedas e cédulas correntes diretamente com os fiscais da concessionária.

Quando o usuário do estacionamento rotativo estaciona seu veículo, os Sensores de Ocupação das Vagas Rotativas encaminham o evento de ocupação da vaga para o Parquímetro que, por sua vez, repassa a informação ao Sistema de Gestão de Utilização das Vagas Rotativas. Desta forma, o sistema consegue determinar o tempo exato em que o veículo ocupou a vaga e o usuário pode recuperar seu crédito para uso no futuro, efetuando uma cobrança justa.

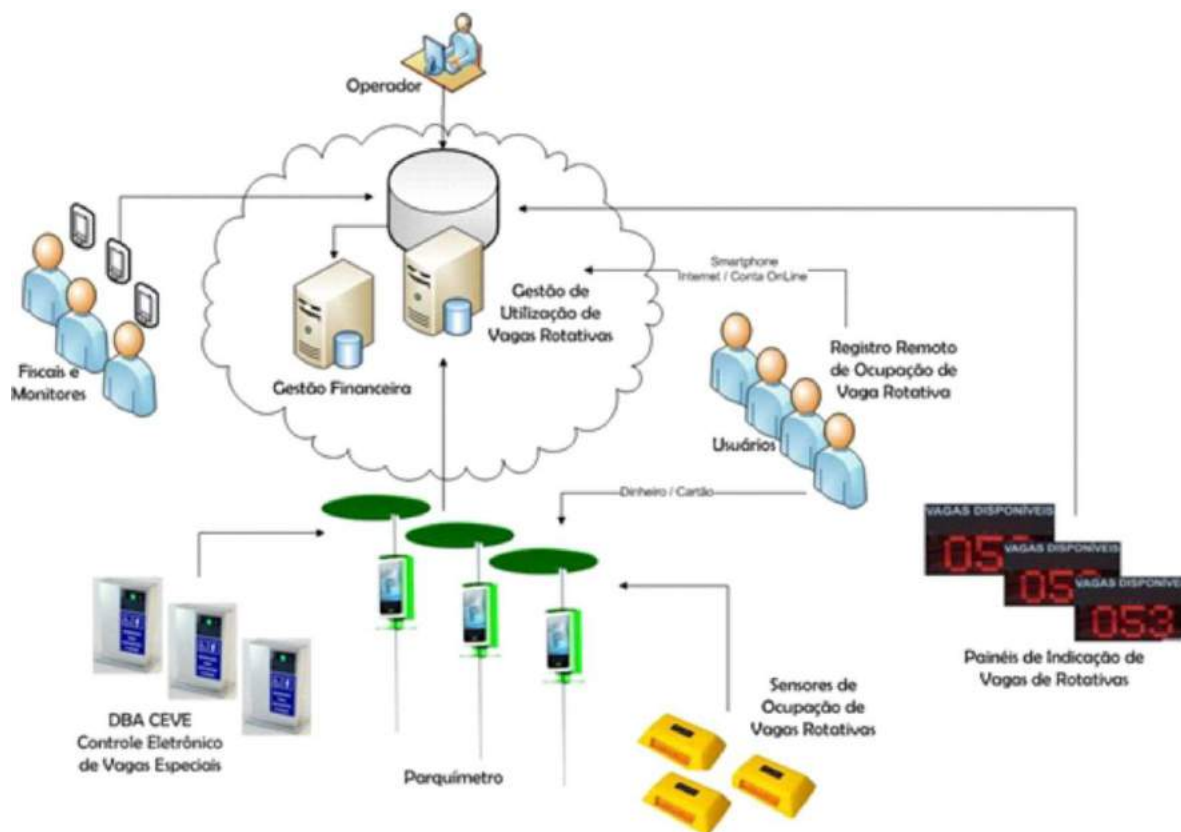


Figura 35. Sistema de cobrança. Fonte: *site*DBA (2016).

O sensor de ocupação - a solução DBA EstaR é composta pelos seguintes Módulos:

- **web-EstaR** : Sistema web para Controle e Gestão da Operação de Estacionamento Rotativo;
- **park-EstaR** : Equipamento Controlador Eletrônico de Vagas Rotativas – Parquímetro Multi Vagas;
- **CEVE-EstaR** : Equipamento Controlador Eletrônico de Vagas Especiais;
- **sensor-EstaR** : Sensor de Ocupação de Vagas Rotativas;
- **smart-EstaR** : Aplicativo para Registro Remoto de Ocupação de Vaga Rotativa;
- **fiscal-EstaR** : Aplicativo para Dispositivo Móvel de Fiscalização de Vagas Rotativas;
- **info-EstaR** : Equipamento que informa Vagas Disponíveis.

O Sistema de Gestão de Utilização das Vagas Rotativas (**web-EstaR**) é uma solução WEB que pode ser acessado por equipes multidisciplinares, desde os gestores e operadores do Sistema de Estacionamento Rotativo Público até administração pública, permitindo uma gestão completa e transparente de todo o sistema. Essa solução possibilita a visão de ocupação de todas as vagas do Estacionamento Rotativo Público que foram cadastradas no sistema. Além disso, o sistema gerencia os Parquímetros instalados nas vias públicas, reportando seu estado operacional.



Este sistema realiza a gestão dos fiscais monitores que estão em deslocamento nas vias públicas. Ele também é responsável pelas notificações de uso irregular das vagas, podendo informar, em tempo real, ao poder público, responsável pelas notificações legais.

O web-EstaR possui um módulo de Gestão Financeira que pode ser acessado por equipes multidisciplinares, desde os gestores e operadores do sistema do Estacionamento Rotativo Público até a própria administração pública, permitindo uma gestão completa e transparente de todo o sistema.

Essa solução possibilita uma visualização do montante financeiro existente em cada Parquímetro, como também o valor total relativo às ocupações registradas no conjunto de Parquímetros e aquelas inscritas no Registro Remoto de Ocupação de Vaga Rotativa. Além disso, o sistema fornece relatórios por períodos, por equipamento e/ou Sistema de Registro de Ocupação de Vagas Rotativas.

O **Park-EstaR** é um sistema gerenciador de múltiplas vagas rotativas que integra diversas tecnologias de vanguarda em um único equipamento. Facilita a vida do usuário, pois é simples, seguro e ergonômico. Agiliza a operação, por ser equipamento fixo e bem sinalizado, de forma que o usuário não necessita localizar um monitor fiscal para a compra do ticket de estacionamento. O Parquímetro facilita a gestão pública do controle de estacionamento, por produzir relatórios rápidos, gerando um maior controle sobre a arrecadação. O equipamento possui canais de comunicação com os Sensores de Ocupação de Vagas Rotativas e com o Controlador Eletrônico de Vagas Especiais, fornecendo uma solução completa e integrada sobre o ambiente do estacionamento rotativo.



**Figura 36. DBA CEVE: Controlador Eletrônico de Vaga Especial. Fonte:siteDBA (2016).**

O Controlador Eletrônico de Vaga Especial (**CEVE-EstaR**), mostrado na figura 36, é um sistema que monitora a ocupação de vagas de estacionamento reservadas às pessoas deficientes e aos idosos, instalado em cada uma das vagas destinadas a esse público especial. Esse equipamento monitora a ocupação e identifica se o veículo, estacionado na vaga, tem permissão para ocupá-la, ou não. Tal informação é repassada para o equipamento Parquímetro mais próximo para, então, ser transmitida para o Sistema de Gestão de Utilização das Vagas Rotativas.

Os Sensores de Ocupação das Vagas Rotativas (**Sensor-EstaR**) são dispositivos instalados em cada vaga de estacionamento, cujo controle é administrado pelo Sistema de Gestão de Utilização das Vagas Rotativas e possuem duas funções: a detecção de ocupação da vaga de estacionamento e a informação do evento para o equipamento Parquímetro mais próximo. Esses sensores são autossuficientes, pois possuem sistema de energia e recarga interna, conhecem o número da vaga a ele relacionada, bem como contemplam o sistema de comunicação via rádio.



**Figura 37. Smart-EstaR : Registro Remoto de Ocupação de Vaga Rotativa. Fonte: siteDBA (2016).**

O **smart-EstaR** (figura 37) é um software concebido para possibilitar o acesso ao sistema de estacionamento rotativo, utilizando a internet e dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*. O usuário acessa o software e realiza o registro da ocupação da vaga, informando a placa do veículo, o número da vaga e o tempo desejado. O pagamento pode ser via sistema pré-pago, em que o usuário deposita um valor em sua conta no sistema DBA EstaR ou via cartão de crédito. Essa é uma opção do usuário quando ele cria uma conta no sistema. Além do registro do evento, o aplicativo permite a consulta do seu estacionamento



e os registros históricos de uso (dia, hora, local e valor do débito). O Sistema de Gestão de Utilização de Vagas Rotativas informa, via PUSH, o término do tempo de estacionamento (com folga configurável).

O **fiscal-EstaR** é um software concebido para possibilitar a comunicação do sistema com o agente fiscal de rua. Este aplicativo móvel permite que o agente tenha acesso ao sistema de estacionamento rotativo, utilizando a Internet e dispositivos móveis. O equipamento é utilizado pelos Monitores e/ou Agentes de Trânsito para a realização da supervisão, repasse de informações para dados estatísticos e venda de tíquetes para os usuários do sistema.

O **info-EstaR** é um painel de led que tem a função de informar ao cidadão a quantidade de vagas disponíveis nas vias públicas. O equipamento é instalado nas vias públicas e está conectado diretamente com a central de gerenciamento e controle do sistema de estacionamento rotativo

### **Robô Coletor de Lixo:**

Cientistas europeus apresentaram os primeiros protótipos de robôs assistentes, cujo objetivo será ajudar as pessoas a manter as suas casas limpas. São os robôs de limpeza.

Um exemplo desse tipo de robô, oDustBot (figuras 38 e 39) pode ser adaptado para atuar como guia em centros comerciais e museus, para transportar mercadorias e para ajudar as pessoas com necessidades especiais dentro e fora de suas casas.



**Figura 38. DustBot. Fonte:siteInovação Tecnológica (2009).**



**Figura 39. Utilização do DustBot. Fonte: *site* Inovação Tecnológica (2009).**

O primeiro deles é o DustCart “carrinho de lixo”, um robô projetado para interagir com seu dono, recolher o lixo doméstico quando for orientado a isso e colocar o lixo na lixeira externa, onde o material poderá ser recolhido pelo serviço público. O segundo robô é o DustClean (“limpador de poeira”), que também poderá se chamar robô-gari - seu principal objetivo é fazer a limpeza de calçadas, ruas e outras áreas públicas. Ele foi montado sobre a plataforma de um SegWay, o que facilita sua mobilidade. Além dos tradicionais sistemas de visão artificial, para permitir que os robôs identifiquem a sujeira e evitem ficar batendo nas coisas, os dois protótipos foram dotados de sensores de ozônio e monóxido de carbono, permitindo que eles emitam alertas no caso da qualidade do ar cair muito. Segundo os pesquisadores, os dois robôs representam a melhor solução disponível para a limpeza de áreas de difícil acesso e para a limpeza e coleta de lixo na frente das residências, acima de tudo, das pessoas que têm problemas de mobilidade e dificuldades para levar seu lixo doméstico para as lixeiras externas.

Os robôs são capazes de se orientar, navegar e se comunicar com outras máquinas, o que os torna colaboradores autônomos e multifuncionais. Isto significa que cada robô poderá ser utilizado para limpar várias áreas, e não apenas o ambiente controlado de uma residência. Por exemplo, com base nas informações de um mapa, como os encontrados nos sistemas de navegação por GPS dos automóveis, o DustBot pode monitorar a sujeira em grandes espaços. Sem a incumbência de limpar, o robô pode ser adaptado para atuar como guia em centros comerciais e museus, para transportar mercadorias e para ajudar as pessoas com necessidades especiais dentro e fora de suas casas. Os robôs são apenas protótipos para testes de funcionalidades e demonstrações. Não deverão ser fabricados para comercialização.

### **Robô com câmera na fiscalização de esgotos de Búzios:**

Uma tecnologia inovadora está sendo usada para combater as ligações clandestinas de esgoto em Armação dos Búzios, na Região dos Lagos do Rio. São câmeras instaladas em pequenos robôs, que caminham por dentro dos tubos e agilizam o serviço dos trabalhadores (figura 40). A vistoria encontrou dez irregularidades em dois dias. A estimativa é encontrar, em quatro meses, cerca de 150 pontos onde o esgoto é ligado na tubulação que leva a água da chuva pro mar.



**Figura 40. Imagens captadas por câmera aparecem para agentes da secretaria**  
(Foto: Reprodução / Inter TV). Fonte: *site G1* (2015)

O equipamento é importado do exterior pela Concessionária de Água e Esgotos da região, a Prolagos. Em parceria com a prefeitura da cidade, o robô faz o mapeamento das ligações irregulares. Os dados obtidos são cruzados com a malha de drenagem para a localização exata das propriedades que despejam seu esgoto de forma clandestina.

O objetivo é acabar com as ligações clandestinas de esgotos existentes na rede de drenagem do centro da cidade, que provocam alagamentos e o despejo irregular nas praias locais. De acordo com o Secretário de Obras e Saneamento de Búzios, Paulo Abranches, as irregularidades são achadas em diversos locais. "Nós já detectamos (ligações ilegais) de residência, de restaurante, de comércio também". Durante os quatro meses de trabalho, a expectativa é de que o robô consiga filmar cerca de quatro mil metros de tubulações nas ruas do centro da cidade e nas que ficam próximas às praias João Fernandes e Ossos. A próxima etapa do trabalho terá início quando uma equipe da Secretaria de Serviços Públicos percorrer os locais onde foram feitos os flagrantes e retirar toda tubulação ilegal. "O trabalho é em cima daquela emissão de esgoto clandestino. Eles abrem um buraco no asfalto ou no paralelepípedo, encontram esse tubo e eliminam esse lançamento. Junto com a eliminação desse lançamento eles arrumam a tubulação de drenagem que foi danificada", explica Abranches. Depois disso, a prefeitura vai notificar os responsáveis e dar um prazo, que varia de trinta a quarenta dias,

para que o problema seja resolvido. Se isso não acontecer, a pessoa deverá pagar multa.

No Brasil, consórcios construtores estão recorrendo à solução para otimizar os cronogramas das obras e oferecer mais segurança aos trabalhadores. A construção do túnel da linha 4 do metrô do Rio de Janeiro, que liga a Barra à Zona Sul, foi mais rápida. O Consórcio Construtor Rio-Barra (CCRB) adquiriu o robô alemão Putzmeister (figura 41). Ele abre 20 metros cúbicos por hora, o equivalente a três caminhões de concreto, o dobro da capacidade do método utilizado até agora. Além disso, o Putzmeister trabalha de forma sustentável, ligado diretamente à rede de energia da obra e não a um caminhão a diesel.



**Figura 41. Robô alemão Putzmeister. Fonte: site O Globo (2013).**

Em maio de 2013, o robô entrou em ação na obra de construção do túnel em São Conrado, que faz parte da linha 4 do metrô carioca (figura 42). O mangoteiro, profissional responsável pelo lançamento do concreto nas paredes da passagem subterrânea, controlava remotamente a operação de projeção do material no túnel, processo executado pelos braços mecânicos do equipamento.



**Figura 42. Robô Putzmeister em operação. Fonte: site O Globo (2013).**

O revestimento à base de concreto é utilizado em túneis com escavação pelo método *New Austrian Tunnelling Method* (NATM), no qual a proteção é estipulada para conter o afrouxamento e a deformação do maciço a cada avanço da perfuração. Dentre as vantagens do NATM destacam-se a adaptabilidade da seção de escavação, que pode ser modificada em

qualquer ponto. Isso pode acontecer de acordo com as necessidades geométricas e de parcialização da escavação - às vezes necessária em maciços pouco competentes ou que estão sob forte pressão hidrostática. Outras medidas associadas à aplicação do método envolvem o rebaixamento do lençol freático, além das mais comumente usadas como injeções químicas ou de cimento. Nos casos de perfurações com tuneladoras, não há demanda por essa sustentação, uma vez que o avanço da máquina se dá pela reação de macacos contra os anéis de revestimento já montados.

Em relação à robotização da projeção de concreto, na prática, ainda há uma tendência, entre empreiteiras e consórcios construtores, de se trabalhar com equipamentos conhecidos como canetas ou pistolas. “O modelo tipo caneta é um projeto antigo, mais barato e com produtividade menor, principalmente em grandes diâmetros de túneis e outros ambientes fechados”, explica Marcelo Antonelli, CEO da Zoomlion Cifa Brasil, outro fabricante de robôs para projeção de concreto. Na avaliação dele, os robôs oferecem precisão na projeção e podem utilizar aditivos, incluindo acelerador de pega e incorporador, além de operar com vazões médias de 30 m<sup>3</sup>/hora e operarem com motor elétrico não-poluente.

A lista de benefícios citados estaria conquistando os canteiros de obras, trazendo tecnologia, produtividade e flexibilidade. Independente de serem projetados por via seca ou úmida, os novos equipamentos conferem maior estabilidade e contenção ao terreno cortado, principalmente em obras subterrâneas ou taludes e substituem o concreto moldado in loco. E mais segurança: por ser operado remotamente, o dispositivo evita que os trabalhadores fiquem no local durante o processo de aplicação. O detalhe é particularmente importante, pois a própria pressão exercida pelo ar comprimido favorece o desprendimento de materiais, aumentando os riscos de acidentes.

A adoção da automatização pode ser favorecida ainda pelos investimentos para diminuir o déficit de infraestrutura no Brasil, o que inclui as obras subterrâneas. De acordo com pesquisa parcial realizada pelo Comitê Brasileiro de Túneis e apresentada no 54º Congresso Brasileiro do Concreto, em 2012, o volume total construído na década de 1990 era inferior a 4 milhões de m<sup>3</sup>. Em 2005, os números saltaram para mais de 11 milhões de m<sup>3</sup>, quase que triplicando o volume. A indústria da construção hidrelétrica foi a principal demandante por obras com estes túneis, seguida por obras ferroviárias, metroviárias e rodoviárias.

Além da Putzmeister, outros já deram os primeiros passos para levar os robôs para os canteiros. Na Concrete Show 2013, a empresa lançou o Spritz, robô com uma bomba produzida especialmente para concreto projetado, capaz de auxiliar na concretagem de túneis

e superfícies verticais. A operação remota permite que o mangoteiro possa trabalhar a 100 m de distância da aplicação, utilizando um controle wireless. O funcionamento do Spritz envolve projeção com velocidade e vazão controlada, de modo que o material promova a compactação do concreto. Com o grau de compacidade e resistência mecânica necessárias ao projeto, não há necessidade de empregar vibradores.

Em matéria do jornal O Globo, o engenheiro de Vendas e Marketing da Copex, Fabio Letto de Mello, complementa a avaliação dos especialistas da Putzmeister e da Zoomlion Cifa. Representante da norte-americana Reed Pumps, o executivo acrescenta que o tipo de projeção, seja ela manual, manual em plataforma ou robotizada, é o que vai proporcionar ganhos como redução do índice de rebote, produtividade e finos em suspensão. Mello reforça o aspecto de maior segurança na adoção da tecnologia robotizada. Entre os clientes da empresa, ele cita a Geoconcret (que usou o concreto projetado para recuperar um dique seco no porto do Rio de Janeiro) e a G-Maia que também passou a adotar a técnica.

Balaguer e Abderrahim (2008) fazem pesquisas na parte de infraestrutura e podem-se encontrar robôs para pavimentação de estradas, túneis, pontes, movimentação de terra e inspeção de estruturas, por exemplo.

Ainda na escala urbana, um dos projetos que merece destaque é o projeto OSYRIS (figura 43) que tem função de pavimentação e compactação, funciona com base em GPS (Global positioning system) e guiado a laser, possui direção semiautomática além de controle de velocidade, temperatura, espessura de camada e distância viajada. Possui sistema de programação aberto o que permite ao construtor fazer alterações para adequar o equipamento a função desejada.

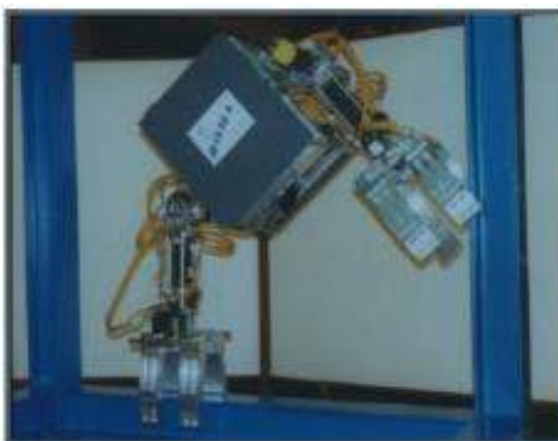


**Figura 43. Projeto OSYRIS. Fonte: Resinoet al. (2005).**



Um controle de grua de 100 metros de altura, usada em mineração de carvão, CSIRO é um destaque na área de movimentação de terra. CSIRO é um projeto de inovação em tecnologias de mineração Australiano que, tendo em vista a grande participação do setor na economia, investe na melhoria e adequação de maquinário.

Uma área de trabalho com grande potencial de exploração para automação é a de inspeção de estruturas, um exemplo desse setor, segundo Resino *et al.* (2005), é o projeto ROMA1 (figura 44) que se trata de robôs escaldores, projetados para se locomover em ambientes complexos encarregado de tarefas de inspeção e manutenção, o projeto ROMA1 se sustentava por meio de mãos robóticas, mas seu sucessor o ROMA2 (figura 45) se sustenta com utilização de sucção.



**Figura 44. Robô de inspeção ROMA1. Fonte: Resino *et al.* (2005).**



**Figura 45. Robô de inspeção ROMA2. Fonte: Resino *et al.* (2005).**

Em 2050, as populações urbanas representarão 70% da população mundial, contra 50% hoje. Frost e Sullivan prevêm que o mercado das Cidades Inteligentes (Smart Cities) terá um valor de US \$ 3,3 trilhões em 2025.

Os três pilares "padrão" da Cidade Inteligente são a sustentabilidade ambiental, a viabilidade econômica e o bem estar dos moradores da cidade. Essa visão incorpora os setores de energia, transporte, água, resíduos, segurança, saúde e educação, entre outros (figura 46). Hoje, estão sendo desenvolvidas iniciativas em todo o mundo. A Ásia é o lar de projetos de grande escala como o distrito de Songdo na Coreia do Sul e a Smart Nation de Cingapura, que visam líderes nos setores de TI, energia e telecomunicações para implementar uma ampla gama de novos conceitos. Ao mesmo tempo, a Europa está a planejar tornar as suas cidades existentes "inteligentes" através de novas tecnologias e infraestruturas.



**Figura 46. Smart Cities. Fonte: Innrobo (2015).**

Constata-se neste capítulo um papel importante da automação. Sistemas robotizados ou automatizados na dimensão urbana contribuem para um melhor funcionamento das cidades como um todo. A existência de sistemas que possam gerir o espaço urbano e seus serviços traz vantagens diretas à população e, aos gestores, melhorias no planejamento e controle territorial. Os sistemas que trabalham na execução de infraestruturas ou serviços urbanos facilitam processos e proporcionam melhores condições de trabalho a seus operadores.



## 6. DESAFIOS E DESVANTAGENS DA AUTOMAÇÃO

Sendo o Japão o primeiro lugar em pesquisas na área, de acordo com Everett e Slocum (1994) e, por causa da falta de mão de obra no setor, o país foi obrigado a investir em tecnologias que substituíssem o ser humano nas obras, o que fez com que sua indústria da construção atingisse níveis jamais vistos de produtividade e padronização dos serviços, principalmente pela aplicação de sistemas de construção que envolviam grande parte a indústria de produção, reduzindo consideravelmente a quantidade de tarefas realizadas no local da obra.

Os processos de mecanização, robotização e automação são conectados, segundo Gassel e Maas (2008), sendo um a evolução do outro a partir da introdução de novas tecnologias de controle e informação. Eles são importantes para a melhoria da construção em aspectos como gastos, tempo, padronização do serviço, melhoria nas condições de trabalho e segurança, possibilitando também a execução de tarefas que não podem ser realizadas pelo ser humano devido à suas limitações principalmente de força bruta.

Um grande obstáculo à aplicação de automação e robótica na construção, de acordo com Balaguer e Abderrahim (2008), é o estado dos canteiros de obra, com pisos irregulares, estoques desorganizados, escadas e diferentes materiais estocados em locais desfavoráveis. Outro obstáculo é a falta de mão de obra qualificada no Brasil, são poucos cursos de especialização nessa área além da falta de profissionais para suprir a demanda no setor.

O aumento da produtividade na construção civil com a aplicação de processos automatizados chega, em alguns casos, a ser maior que 40% referente aos custos de mão de obra, afirma Everett e Slocum (1994), além de melhorar a qualidade do serviço e as condições de saúde dos trabalhadores, e isso se torna muito importante ao se tomar conhecimento de que a indústria da construção é a maior causadora de acidentes de trabalho, alguns fatais. Com o aumento da produtividade setem como resultado um empreendimento realizado em menos tempo o que ocasiona uma melhoria na análise de custos do projeto e um retorno mais rápido do investimento.

A indústria da construção tem um papel importante na economia, e as áreas de pesquisa em automação focam nos processos de construção. A forma de planejamento tradicional é inflexível e segmentada, deixando dessa forma que cada profissional realize uma tarefa, sendo necessária uma integração dos trabalhos, nessa etapa devem entrar os processos de automação, para facilitar ou eliminar a necessidade dessa integração, equipamentos como robôs, no futuro, devem se tornar baratos e com interfaces de fácil uso, capazes de trabalhar

juntamente com operários e auxiliar na segurança deles, mas para isso a flexibilidade é um fator de destaque em resposta à organização do canteiro de obra, que na maioria das vezes é um local desestruturado.

Apesar de todos os ganhos que a automação possa trazer à produtividade no canteiro de obras, não são todas as construtoras que estão investindo nesta área. Algumas esbarram nos custos e outras avaliam que a falta de maiores exigências técnicas na qualidade final dos serviços e produtos não estimula a busca de processos automatizados.

Nos dias atuais, o investimento inicial é grande e sua amortização, lenta. Isso a torna, muitas vezes, inviável sob a ótica financeira. Além disso, o número de profissionais que sabem trabalhar com a automação é muito limitado no Brasil. Os cursos de formação para quem deseja trabalhar com essas máquinas não são suficientes.

Um possível efeito negativo da automação é a perda de postos de trabalho. Muitas pessoas são substituídas por essas máquinas. Isso faz com que essas pessoas, se não conseguirem um novo emprego, acabem marginalizadas.

A domótica ou automação residencial também apresenta uma série de desvantagens, como pode ser visto na figura 47.

<b>DESvantagens da Domótica</b>
O investimento inicial para o consumidor é relativamente alto
Altos custos de manutenção
Redução de postos de trabalho em países subdesenvolvidos
Dificuldade de adaptação de interfaces homem-máquina
Pode desvalorizar as capacidades do ser humano e causar até alguns problemas de saúde quando levado ao extremo
Dificuldade de manuseio e programação
Risco de invasão de privacidade
Dependência de equipamentos e fornecedores
Podem levar à dependência física e psicológica, causando exclusão social

**Figura 47. Desvantagens da Domótica. Fonte: Domingues (2013).**

Estamos vivendo em um mundo em rápida mudança, cheio de incerteza, complexidade e ambigüidade. Não há uma resposta simples à questão da "robótica e do emprego". É preciso preparar para uma profunda transformação da nossa sociedade. A visão positiva prevê que a automação e robótica podem beneficiar a indústria.

Portanto, imagina-se um mundo em que, nas linhas de montagem de fábrica, robôs e humanos trabalham lado a lado, complementando-se perfeitamente uns aos outros. Um mundo em que os trabalhadores já não têm de carregar cargas pesadas, e onde difíceis tarefas de manuseio são realizadas por veículos inteligentes. Originalmente uma solução puramente industrial, robôs colaborativos agora estão se tornando uma solução para ergonomia de estação de trabalho aprimorada e para a prevenção de distúrbios músculo-esqueléticos.

Em vez de medir o impacto exclusivamente econômico, deve ser medida a melhora na qualidade de vida, bem-estar e desenvolvimento pessoal dos trabalhadores graças ao progresso tecnológico que a automação oferece. Inovações tecnológicas, mais investimento em máquinas de produção e mais robôs nas fábricas podem permitir não só uma maior produtividade e maior competitividade, mas também dar mais sentido e humanidade à relação do homem com o trabalho.

Aqui foram expostos alguns desafios e desvantagens da automação e robótica. Cabe ressaltar que as vantagens devem ganhar o embate, se colocado em uma balança. Em relação ao desemprego causado, é válido ressaltar que os sistemas automatizados, ao mesmo tempo, permitem uma maior preservação da integridade humana, ao passo que máquinas substituem esforços físicos, obrigando, assim, a um treinamento e capacitação para estes trabalhadores, que desenvolverão outras capacidades, de certa forma mais intelectualizadas.

## 7. PANORAMA GERAL DA AUTOMAÇÃO NA ARQUITETURA

### 7.1. PANORAMA MUNDIAL

Na antiguidade clássica a arquitetura era entendida por Vitruvius como um espaço onde se equilibravam os aspectos estruturais, funcionais e formais, e atualmente, a arquitetura também é um elemento que precisa ter eficiência energética. A eficiência energética não será atingida somente com sistemas de automação, sendo essencial que o projeto da edificação ou residência sempre seja pensada de acordo com estudos referentes à incidência solar, direção do vento, materiais adequados, entre outras medidas.

Segundo Mascaró (1991), para atingir níveis de conforto ideais em uma edificação, o uso de materiais adequados e a elaboração de um projeto que minimize as condições negativas e potencialize as condições positivas é essencial, podendo ser suficiente, em muitos casos. As vantagens da automação na arquitetura são ratificadas apenas quando o custo operacional não ultrapassa os benefícios e economia gerados ao longo de sua vida útil.

De acordo com o *site* Vitruvius, na primeira década do século XXI os estudos na área de automação na arquitetura enfatizavam a técnica conhecida como prototipagem rápida, ou “Computer-aided Architectural Design” (Projeto arquitetônico assistido por computador). Motivados pela necessidade de produzir edifícios com formas especiais, os pesquisadores passaram a estabelecer parcerias com a indústria de materiais de construção e a investigar novos meios de produção controlados por computador, como o corte a laser, a plasma e por jato de água. Nos últimos anos daquela década, no entanto, a modelagem paramétrica começou a competir com esse tema, em especial após o lançamento e popularização de softwares como o *Generative Components* da Bentley (figuras 48 e 49) e, mais recentemente, o *Grasshopper* da Mc Neil.

Normalmente, durante o processo de criação e desenvolvimento de um projeto de arquitetura, características específicas de partes desenhadas são revisadas e modificadas muitas vezes. Para responder a este problema foi desenvolvida uma estrutura, embutida em programas gráficos computacionais, baseada em parâmetros e hierarquia: as variações paramétricas. A modelagem paramétrica é a técnica que estabelece a correspondência entre um domínio de referência e sua imagem através de uma função paramétrica ou vetorial. O uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no âmbito da construção civil, tem provado ser cada vez mais eficaz no processo de projeto. O poder dos computadores está na sua capacidade de calcular rapidamente complexas fórmulas matemáticas. No âmbito

do projeto de edifícios, este fato tem permitido viabilizar geometrias complexas, introduzindo a possibilidade de criar e manipular novas famílias de formas e de superfícies curvas.

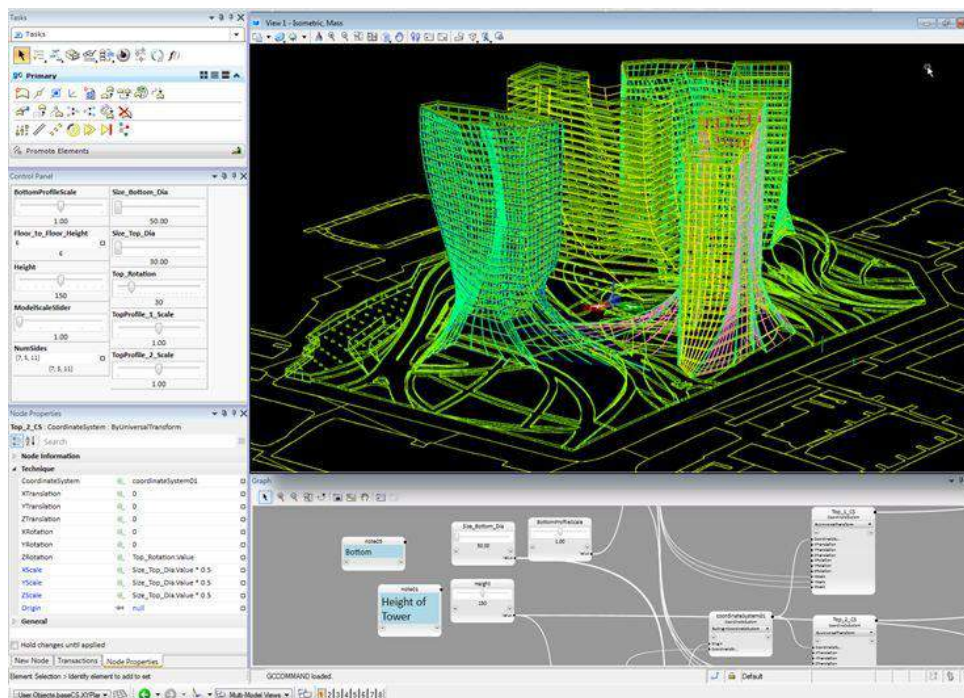


Figura 48. Utilização doGenerative Components da Bentley. Fonte: *sitcadalyst* (2014).

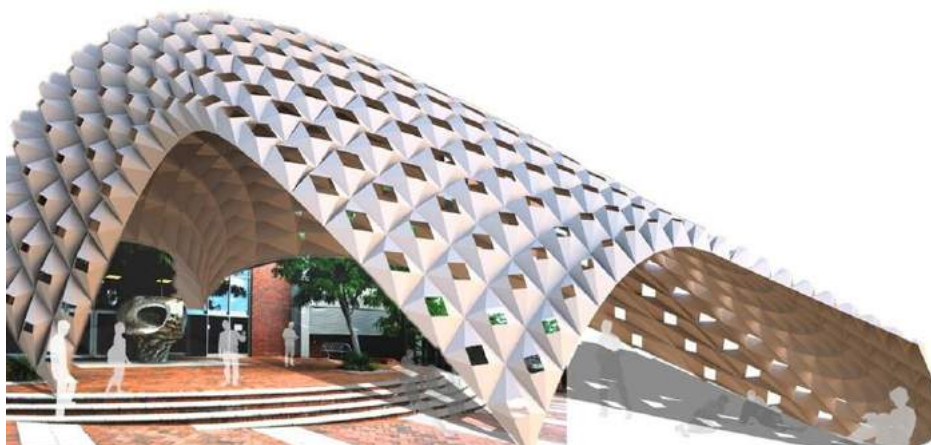
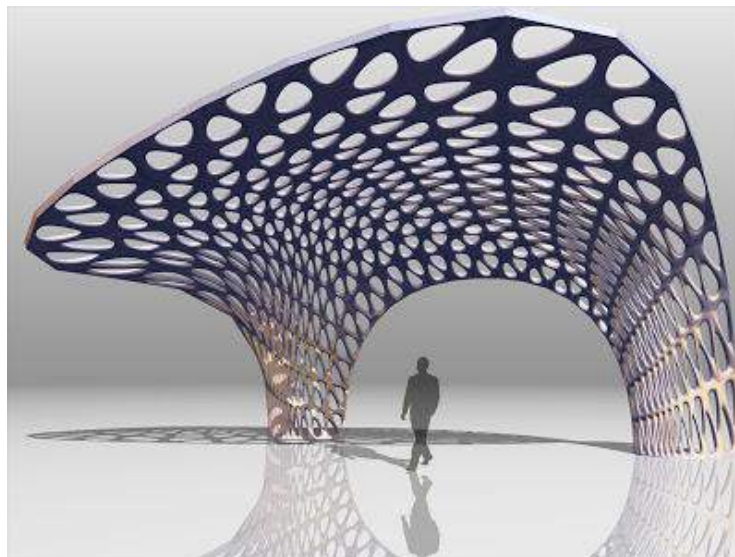


Figura 49. Estrutura orgânica resultante. Fonte: *site daBentley Academic Programs News* (2016).

A modelagem paramétrica é uma maneira poderosa de projetar. É utilizada em uma enorme variedade de aplicações, incluindo engenharia, arquitetura, design de produtos, design gráfico e demais ramos criativos. Permite a manipulação de modelos com componentes inter-relacionáveis e a criação de estruturas orgânicas e dinâmicas. O *plugin* para Rhino chamado de Grasshopper é um dos *softwares* de modelagem paramétrica mais avançados.

Sua facilidade de operação tem incentivado a produção de componentes de grande complexidade, com parâmetros claramente definidos. Consequentemente, nota-se que tais recursos tecnológicos têm contribuído para avanços significativos sobre o domínio de formas de grande complexidade, sobretudo para novos estudos sobre a geometria topológica (figura 50).



**Figura50. Osseous Truss Pavilion. Fonte: site da Bentley Academic Programs News (2016).**

Uma nova e promissora abordagem de automação é a fabricação por camadas, geralmente conhecida como Prototipagem Rápida (*Rapid Prototyping - RP*) ou Fabricação de Sólido de Forma livre (*Solid Free Form Fabrication - SFF*). O termo prototipagem rápida designa um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (C.A.D.). Tais métodos são bastante peculiares, uma vez que eles agregam e ligam materiais, camada a camada, de forma a constituir o objeto desejado. Eles oferecem diversas vantagens em muitas aplicações quando comparados aos processos de fabricação clássicos baseados em remoção de material.

Tais métodos permitem aos projetistas criar rapidamente protótipos concretos a partir de seus projetos, ao invés de figuras bidimensionais. Esses modelos apresentam diversos usos. Eles constituem um auxílio visual excelente durante a discussão prévia do projeto com colaboradores ou clientes. Além disso, o protótipo pode permitir testes prévios como, por exemplo, ensaios em túnel de vento, para componentes aeronáuticos ou análise fotoelástica para se verificar pontos de concentração de tensões na peça. Os projetistas sempre construíram protótipos e os processos de prototipagem rápida permitem que eles sejam feitos

mais depressa e de forma mais barata. Estima-se que a economias de tempo e de custos proporcionada pela aplicação das técnicas de prototipagem rápida na construção de modelos sejam da ordem de 70 a 90%.

Atualmente existem pelo menos sete diferentes técnicas de prototipagem rápida disponíveis comercialmente. A manufatura em camadas descreve particularmente o processo de manufatura usado por todas as técnicas comerciais atuais. Um pacote de software "fatia" o modelo do componente em CAD em várias camadas finas, com aproximadamente 0,1 mm de espessura, as quais são dispostas uma sobre a outra. O processo de prototipagem rápida é um processo "aditivo", combinando camadas de papel, cera ou plástico para se criar um objeto sólido. A natureza aditiva deste processo permite a criação de objetos com características internas complicadas que não podem ser obtidas através de outros processos como, por exemplo, usinagem (fresamento, furação, torneamento, etc.), que são processos "subtrativos", ou seja, removem material a partir de um bloco sólido.

A *Rapid Prototyping* (Prototipagem rápida) permite a fabricação rápida de modelos físicos usando dados tridimensionais de CAD (*ComputerAided Design* - Projeto arquitetônico assistido por computador). Usada em uma ampla gama de setores, a prototipagem rápida permite que as empresas transformem rápida e eficientemente ideias inovadoras em produtos finais. As técnicas de prototipagem rápida oferecem vários benefícios, como:

- Comunicação rápida e eficiente de ideias de design;
- Validação efetiva da adequação, forma e função do design;
- Maior flexibilidade de design;
- Menos falhas de design na produção e produtos finais de maior qualidade.

É também conhecida como impressão 3D. O processo começa com a obtenção de um design virtual criado por software de modelagem ou CAD. A máquina de impressão 3D então lê os dados do desenho em CAD e deposita camadas sucessivas de material líquido, em pó ou folha, criando o modelo físico a partir de uma série de seções transversais. Essas camadas, que correspondem à seção transversal virtual do modelo em CAD, são combinadas automaticamente para criar a forma final.

A prototipagem rápida usa uma interface de dados padrão, implementada como o formato de arquivo STL, para converter do software de CAD para a máquina de prototipagem 3D. O arquivo STL aproxima a forma de uma peça ou de um conjunto através de facetas triangulares. Em geral, os sistemas de prototipagem rápida podem produzir modelos 3D em apenas algumas horas. Ainda assim, a variação pode ser muito grande dependendo do tipo da máquina usada, do tamanho e do número de modelos produzidos.



Neste mesmo segmento, a construção por contornos, ou *contour crafting* é um processo de construção de edifícios em desenvolvimento por Behrokh Khoshnevis no Instituto das Ciências da Informação da Escola Viterbi para a Engenharia da Universidade do Sul da Califórnia que utiliza um guindaste ou pórtico rolante controlado por computador para construir edifícios de forma rápida e sem a utilização de trabalho braçal. Este conceito foi originalmente proposto como um método de construção de moldes para repartições industriais. Khoshnevis (2004) decidiu então adaptar a tecnologia para a construção rápida de residências como uma solução para a reconstrução após desastres naturais, como os terremotos devastadores que têm atingido o Irã, seu país de origem. Utilizando uma configuração de construção rápida e materiais que agem como concreto, a construção por contornos constrói as paredes da residência camada por camada até que a estrutura seja coberta por tetos ou novos andares adicionados pelo guindaste. Este sistema possibilita a inserção de diversos componentes estruturais, encanamentos, fiação, utilitários e mesmo dispositivos de lazer e conforto como sistemas audiovisuais e condicionamento de ar na medida em que as camadas da parede são construídas.

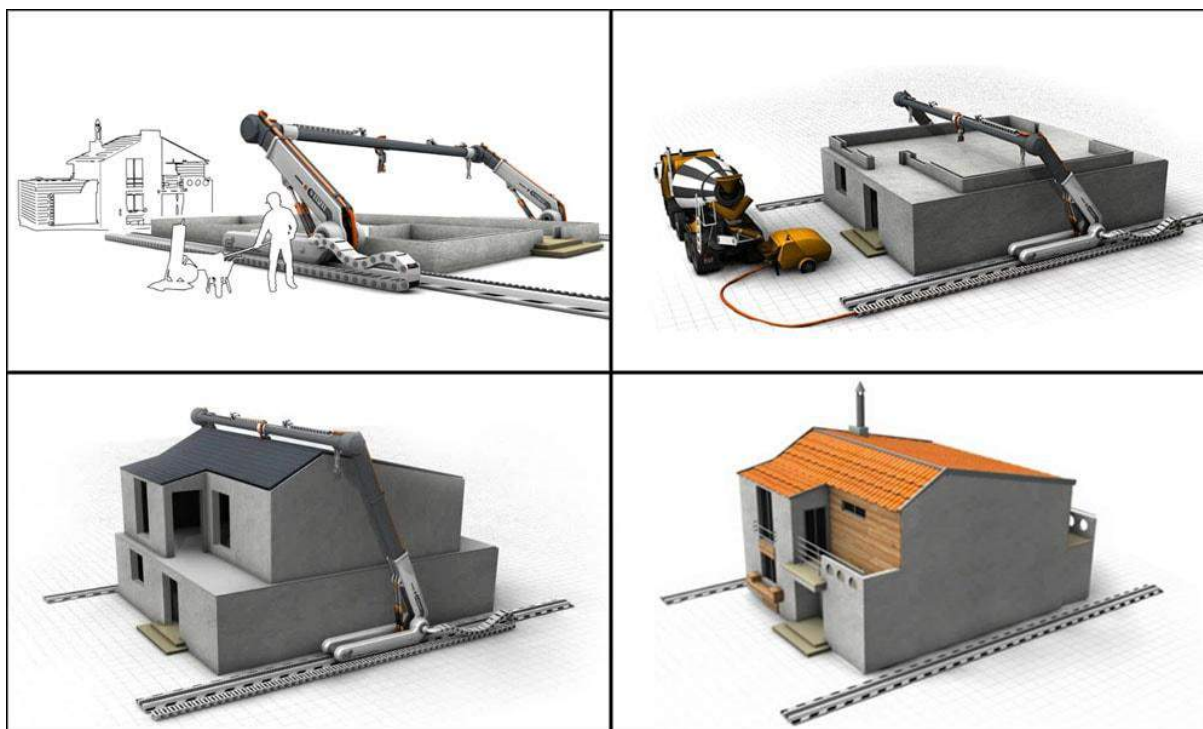
Khoshnevis afirma que seu sistema poderia construir uma residência completa em apenas um dia.

Colaborando com a busca da sustentabilidade, seu guindaste movido à eletricidade produziria poucos detritos resultantes do processo de construção. O programa Discoveries This Week do The Science Channel relata que, considerando que a construção convencional de residências gera de 3 a 7 toneladas de detritos e libera gases poluidores através dos escapamentos de seus veículos construtores, a construção por contornos poderia reduzir consideravelmente o impacto ambiental da construção civil.

Em 2009, os estudantes de graduação da Universidade da Singularidade estabeleceram o projeto ACASA tendo Khoshnevis como exemplo para comercializar a construção por contornos.

A impressora 3D da Contour Crafting (figura 51) estará disponível comercialmente por US\$ 200 mil em dois anos e será capaz de imprimir paredes de concreto, isolamento e até mesmo drywall. Espera-se que sua utilização generalizada na construção de residências e escritórios comece em 2020, e a impressão 3D de edifícios inteiros em 2025. A tecnologia americana está bem à frente da chinesa em termos de progresso e acabamento.





**Figura51. Impressora 3D da Contour Crafting. Fonte: site Stylo Urbano (2016).**

Behrokh Khoshnevis vai entrar para a história como o criadora Impressão 3D em Grande Escala, pois sua “*tecnologia de construção por contornos*” passou a servir de base para todas as pesquisas em andamento sobre fabricação aditiva na construção civil. A tecnologia se baseia em impressoras 3D móveis de grande escala com pouco peso que podem ser transportadas para o local da construção com bastante facilidade.

A NASA pretende usar essa tecnologia para construir bases em Marte e Lua feitas com o solo do local. A impressora 3D tem dois braços em estilo grua e uma travessa que leva o cabeçote de impressão. A máquina inteira se movimenta ao longo trilhos presos no chão e pode trabalhar em todas as partes da casa ao mesmo tempo.

Para a impressora fazer seu trabalho, o espaço em torno do local precisa ser nivelado com a fundação pronta. Depois que a máquina imprime as paredes, os batentes das janelas e o teto podem ser colocados à mão ou por guindastes. O resto do processo é quase completamente automatizado. Com certeza, a impressão 3D vai possibilitar construir cidades inteiras em pouco tempo e de forma sustentável, devido à sua alta eficiência.

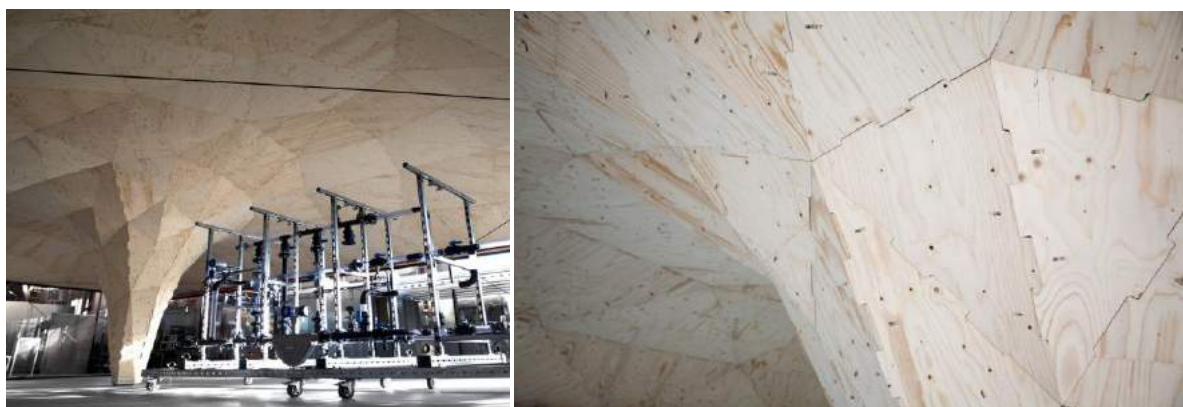
Comprovando esta técnica, a empresa chinesa Winsun New Materials, sediada em Suzhou, construiu dez casas de 200 m<sup>2</sup> no período de 24 horas utilizando as impressoras 3D de 6,5 metros de altura. Cimento e fibra de vidro são utilizados pela impressora para produzir os materiais de construção. Este novo método de construção é bem mais econômico que o

tradicional, chegando à redução de 50% dos custos. As paredes das casas foram construídas com até quatro impressoras 3D operando simultaneamente. De acordo com o site Stylo Urbano (2016), estas casas possuem paredes muito finas, feitas com camadas sobrepostas e serão usadas como pequenos escritórios. Alinhados às leis ambientais da China, a empresa planeja utilizar resíduos de demolição na construção de novos edifícios por meio da impressão 3D.

Outros países também possuem bons exemplos da utilização da automação na construção civil e na arquitetura. Alguns projetos contam não apenas com a ajuda de robôs, como são construídos por eles. Seguem, aqui, alguns exemplos que podem servir como uma amostra do futuro da indústria da construção, que terá a oportunidade de contar com as máquinas da concepção do projeto até a finalização da obra.

#### **SkilledIn Office (Rotterdam, Holanda)**

Assinado por arquitetos e designers do Studio RAP, o projeto de 130 m<sup>2</sup> é o primeiro fabricado com robôs na Holanda (figuras 52 e 53). Localizado dentro de uma antiga sala de máquinas industriais da cidade de Rotterdam, o espaço funciona como escritório e área de treinamento para estudantes de tecnologia e empreendedores. A construção é composta de 225 painéis de madeira, sendo que cada um foi roboticamente serrilhado antes de ser montado em uma estrutura, constituída de uma coluna central capaz de suportar a envergadura do telhado.



**Figura 52. SkilledIn Office. Fonte: *siteblog da engenharia* (2016).**

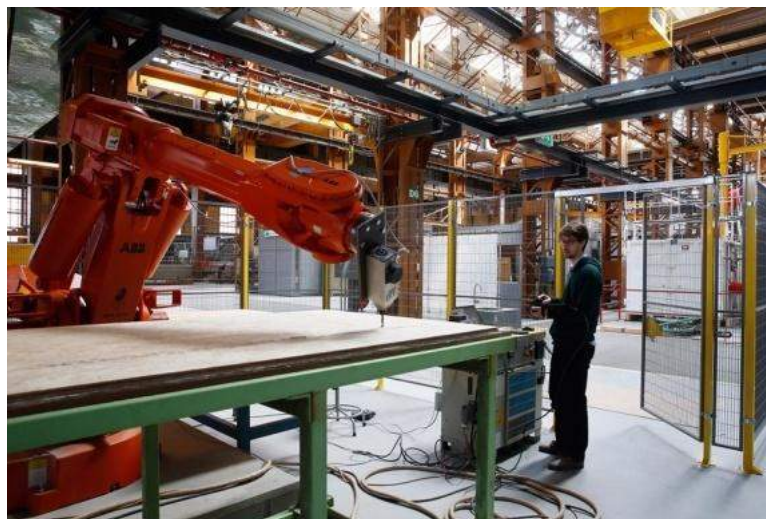


Figura 53. SkilledIn Office. Fonte: *site blog da engenharia* (2016).

### Pavilhão na Universidade de Stuttgart (Stuttgart, Alemanha)

A Universidade de Stuttgart empregou robôs para construir este pavilhão de madeira compensada laminada (figuras 54 e 55). Com o *design* baseado em um ouriço-do-mar, a estrutura foi moldada e costurada, literalmente, com a ajuda da tecnologia robótica. Os autores afirmam que o projeto é o primeiro desse tipo a utilizar costura industrial de elementos de madeira em escala arquitetônica.



Figura 54. Pavilhão na Universidade de Stuttgart. Fonte: *siteblog da engenharia* (2016).



**Figura 55. Pavilhão na Universidade de Stuttgart. Fonte: *siteblog da engenharia* (2016).**

### **Woodchip Barn (Dorset, Inglaterra)**

Estudantes da Associação de Arquitetura de Londres fabricaram um celeiro roboticamente, feito a partir da madeira das árvores da região. Batizada de Woodchip Barn (figuras 56 e 57), a estrutura é usada para armazenar a lenha que alimenta uma caldeira de biomassa instalada recentemente. A estrutura do telhado em arco é formada por 25 ramos bifurcados e folheados em madeira. Cada um deles foi digitalizado com tecnologia 3D, que ajudou a determinar o arranjo. Além disso, um braço robótico ajudou a formar as conexões interligadas de cada ramo.



**Figura 56. Woodchip Barn. Fonte: *siteblog da engenharia* (2016).**





**Figura 57. Woodchip Barn. Fonte: *siteblog da engenharia* (2016).**

Através destes exemplos, que já estão sendo implantados no mundo, possibilita-se uma visão ampla acerca da dimensão das possibilidades que a automação e robótica contribuem nos projetos e na execução de construções.

## 7.2. PANORAMA ATUAL EM RELAÇÃO AO BRASIL

O mundo do trabalho está sofrendo transformações rápidas e profundas, determinadas, especialmente, pelos avanços tecnológicos, apontando, entre outras, para a extinção e a criação de novas profissões, assim como para a mudança nos processos de trabalho. Diversas modificações estão surgindo nos sistemas construtivos, de forma a torná-los mais simples.

O Brasil é um país grande e carente de infraestrutura, depende de obras como redes de esgoto e água, estradas, ferrovias, edifícios especializados. Um mercado expansível e de grande potencial é a construção de moradias, ainda havendo um grande déficit nesta área, de acordo com dados do Ministério da Educação (2000).

A AURESIDE efetuou um levantamento em 2015 relacionando os principais mercados de Automação Residencial no mundo (Estados Unidos e os quatro países europeus mais evoluídos neste setor), como pode ser visto na figura 58 e tabela 2.

Os números mostram ainda um grande potencial de mercado no Brasil que pode ser explorado nos próximos anos. Devem ser ressaltados alguns fatores adicionais que reforçam esta tese: mesmo nestes mercados mais maduros, foi experimentado um aumento significativo na penetração dos sistemas automatizados na residências. Tanto na América do Norte como nos principais países da Europa Ocidental o crescimento de 2015 em relação a 2014 foi entre 11 e 20%. Contribuíram para isso o lançamento de novos produtos conectados, bem como a participação crescente de grandes corporações, tanto da área de Internet das Coisas como concessionárias de Telecom e de energia.



Figura 58. Relação dos principais mercados de Automação Residencial no mundo.  
Fonte: AURESIDE (2015)

Tabela 2. Relação dos principais mercados de Automação Residencial no mundo.  
Fonte: AURESIDE (2015)

	EUA	ALE	REINO UNIDO	FRANÇA	ESPAÑA	BRASIL (efetivo)	BRASIL (potencial)
TOTAL DE RESIDÊNCIAS (milhões)	134	38	27	25	17	63	63
RESIDÊNCIAS COM AUTOMAÇÃO (milhões)	24,0	6,5	4,4	4,5	2,6	0,3	1,9
RESIDÊNCIAS COM AUTOMAÇÃO (%)	18%	17%	16%	18%	15%	(*)	3%

Os números no mercado brasileiro ainda são insignificantes, conforme mostra a tabela, mas pesquisas frequentes indicam que o consumidor brasileiro é adepto da tecnologia na sua vida diária num grau ainda maior que dos países citados.

Em relação à automação na escala urbana, é pretendido, com este trabalho, o incentivo a pesquisas e investimentos dos governantes nesta área, possibilitando a gestão e o funcionamento dos serviços das cidades com a utilização de sistemas automatizados. Os

investimentos irão ao encontro dos objetivos de planos estratégicos para as cidades, como a busca da qualidade de vida para sua população, eficiência econômica e ambiental, trabalhando na busca pela sustentabilidade.

### 7.2.1. Perspectivas

As principais vantagens da automação são a redução do custo, a melhoria da qualidade do produto e a realização de tarefas que são danosas ao ser humano (tarefas repetitivas ou que exigem grande esforço físico, ambientes perigosos ou insalubres). A automação é capaz de manter o homem no domínio do processo em questão, porém numa posição mais confortável. O homem, nessa situação, necessita cada vez mais usar o seu cérebro e cada vez menos seus músculos. Porém essa mudança faz com que os profissionais necessitem cada vez mais se especializar, buscando competências para o desenvolvimento de suas atividades. A reconversão, isto é, a adaptação a novos postos de trabalho e a qualificação profissional são condições primordiais.

A simbiose entre a máquina e o ser humano será cada vez mais evidente e aperfeiçoada, seja com aparelhos que facilitam a acessibilidade ou com ferramentas que complementam e potencializam os sentidos.

A automação residencial veio para auxiliar a todos e pesquisas tão avançadas ainda podem ajudar muito mais, principalmente pessoas com atividades restritas. Isso poderia mudar e muito a vida principalmente de quem não possui qualquer movimentação como é o caso do tetraplégico.

A residência do futuro deverá ser ainda mais “inteligente e humanizada”. De acordo com Carvalho (2015), automaticamente a casa poderá proporcionar um conforto maior: as luzes e a temperatura do cômodo vão mudar para satisfazer o morador ou a todos e ajudará a maximizar o estado de alerta ou descanso, segundo o horário ou às configurações desejadas. É assim que seu mecanismo funciona, sempre com superações cada vez mais extraordinárias e sempre a favor do ser humano e de seu convívio ambiental, seja com o conforto, a praticidade, pensamento ecológico e econômico e muito mais.

A automação residencial é uma das tendências de destaque mundial e que tem conquistado grande relevância no setor da construção civil. Mercado de interesse de grandes empresas, como a Google e a Apple, a automação residencial se revela um segmento aquecido e com oportunidades específicas na cadeia produtiva de construção civil.

Sobre o mercado de automação residencial, de acordo com o site da AURESIDE, existe

um potencial atual para o fornecimento de equipamentos para 1,8 milhão de residências. Estima-se que cerca de 300 mil residências no Brasil já possuam equipamentos de automação residencial. Portanto, existe ainda um mercado inexplorado de pelo menos 1,5 milhão de residências.

No Brasil, existe um interesse por parte de 78% dos consumidores. No mundo, a média é de 66%. Em termos mundiais, o valor de mercado em 2014 foi de US\$ 20,38 bilhões, com uma expectativa de atingir US\$ 58,68 bilhões até 2020, segundo dados do site da AURESIDE.

Balaguier e Abderrahim (2008) reforçam que a indústria da construção é uma das mais antigas e representa uma grande fatia do mercado, sendo responsável por 13,5% da força de trabalho do país e 10,1% do PIB (Produto Interno Bruto), mas mesmo com essa representatividade os estudos na área de robótica e automação que poderiam alavancar o setor ainda representam uma pequena parcela.

De acordo com Bock (2008), o objetivo de uma construção automatizada será alcançado quando os seguintes parâmetros ocorrerem simultaneamente:

- Liberdade estética e de *design*;
- Determinação dos custos de produção antes da execução;
- Determinação do tempo de produção antes da execução;
- Garantia e transparência de preços;
- Produção contínua;
- Definição de qualidade;
- Controle e transparência da qualidade.

Atualmente já se pode executar, a partir das plataformas BIM (*Building Information Modeling*), projetos com contribuições simultâneas dos profissionais envolvidos, o que facilita o trabalho, tanto dos projetistas que não precisam enviar seus projetos e receberem de volta para realizar as alterações quanto para os responsáveis pela execução que recebem um projeto com menos erros de compatibilização.

A modelagem BIM pode ser utilizada para demonstrar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação. O BIM pressupõe que quando o arquiteto modela o edifício virtual, utilizando ferramentas tridimensionais (*Scia Engineer, Allplan, Revit, Bentley Architecture, Archicad, VectorWorks, Tekla Structures, Cype, TecnoMETAL*, entre outras), toda a informação necessária à representação gráfica (desenhos rigorosos), à análise construtiva, à quantificação de trabalhos e tempos de mão-de-obra, desde a fase inicial do empreendimento até a sua conclusão, ou até mesmo ao processo de



desmontagem ao fim do ciclo de vida útil, se encontra no modelo. Ou seja, a partir do momento em que se desenha uma peça arquitetônica, como por exemplo, um pequeno edifício, constituído por quatro paredes, um telhado e uma laje de piso, toda a informação necessária para a sua validação e execução, se encontra automaticamente associada a cada um dos elementos.

A Associação Internacional de Automação e Robótica na Construção (IAARC, sigla em inglês) tem atingido cada vez mais países para propagar o uso de equipamentos inteligentes em canteiros de obras. Estados Unidos, Japão e Grã-Bretanha são os mais avançados no emprego destas tecnologias. Porém, desde 2012, Coreia do Sul, China, Índia e Brasil passaram a consumir máquinas em ritmo acelerado. No caso brasileiro, em maior número do que os demais integrantes do BRICS, por causa da alta carga tributária para importação. Nos países em que se instala, a IAARC promove a Feira Internacional Sobre Automação e Robótica na Construção e Mineração.

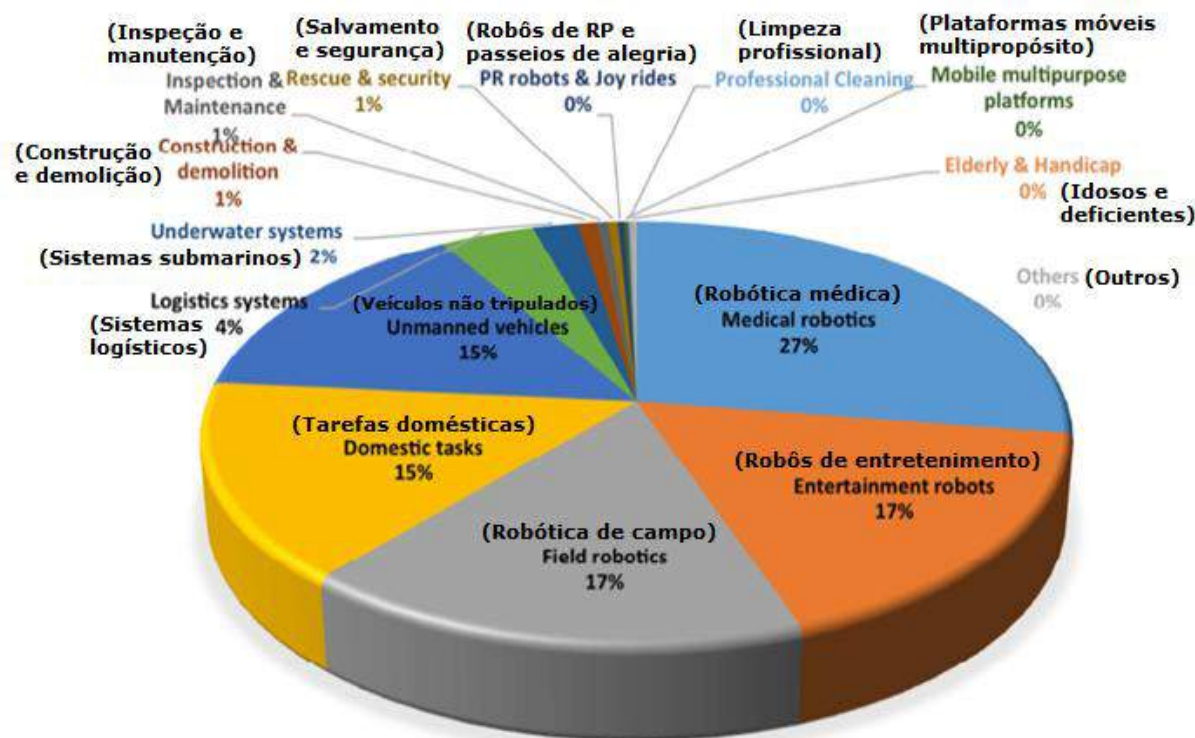


Figura 59. Relação dos principais mercados de Automação no mundo.

Fonte: *site wintergreenresearch* (2015)

Como pôde ser visto, a área de automação nos processos de construção e demolição representam, hoje, apenas 1% do mercado mundial, porém, se forem efetivados maiores investimentos na área, seu potencial de crescimento é alto.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma ampla, a automação, que contribui para a busca da sustentabilidade, gera maior qualidade de vida no cotidiano dos cidadãos, além de prover economia ao sistema e ganho em relação a fatores ambientais.

A automação pode tornar edifícios e residências mais eficientes e, conseqüentemente, mais sustentáveis. Como exemplo, o trabalho também demonstrou os benefícios da Domótica e sua relevância no estudo da Automação Residencial:

- A utilização de sistemas de automação que gerenciam o consumo de energia através de programação horária, módulos que regulam a iluminação interna utilizando a informação de sensores que captam a intensidade da luz solar;
- A implantação de sistema de automação com interfaces interativas para visualização do consumo de energia elétrica com informações diárias, semanais, mensais e anuais, além de estabelecer metas de redução do consumo de energia;
- A automação nos sistemas de gerenciamento de energia nos edifícios corporativos e residenciais. Do total da energia elétrica consumida, a iluminação pode representar até 40%.

Enfatizado o cenário mundial e do Brasil, o trabalho mostra exemplos de sistemas automatizados e robotizados aplicados à construção civil e suas etapas, assim como a automatização nos sistemas urbanos, como nos sistemas de coleta de resíduos entre outros.

O Brasil é um país grande e carente de infraestrutura, depende de obras como redes de esgoto e água, estradas, ferrovias. Há, porém, uma falta de investimentos em obras públicas de grande porte. É um país onde um mercado expansível e de grande potencial é a construção de moradias, ainda havendo um grande déficit nesta área. Apesar de ser a sétima economia do mundo, o Brasil investe apenas 1,16% do PIB em inovação, segundo o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Está atrás da França (2,26%), da Alemanha (2,82%), dos Estados Unidos (2,90%) e da Coreia do Sul (3,74%).

De acordo com o *site* Portal da Indústria (2013), investir em automação pode ajudar a reverter a curva atual decrescente de participação da indústria no PIB. Segundo o IBGE, em 2004, esse índice foi de 30,1%, passou para 26,8% em 2009 e chegou ao menor patamar nos últimos 12 anos em 2012, com 26,3%.

Investir em automação é uma saída estratégica para reverter a situação econômica do nosso país. A automação se torna eficaz quando ocorre a profissionalização da mão-de-obra

em conjunto com mecanismos de automação, assim produzindo resultados exponenciais tanto em quantidade quanto em qualidade e custo final de produtos, de acordo com o site Automação Industrial (2016).

A capacidade do ser humano precisa ser valorizada, principalmente em nosso país. Procurar investimento na profissionalização, atração e retenção de técnicos na área de automação, assim como no aproveitamento da utilização da capacidade instalada através da automação é a melhor alternativa para gerar vagas de emprego colher frutos em fase de instabilidade econômica e forte desvalorização do câmbio frente ao dólar.

A automação na Construção Civil torna maior a produtividade e a padronização de serviços. Ao comparar-se a Construção Civil no Brasil com países mais avançados tecnologicamente, como a China, por exemplo, observa-se que o Brasil apresenta métodos de produção e de gestão menos desenvolvidos. Níveis altos de produtividade e sustentabilidade podem ser atingidos com sistemas de construção automatizados. Grandes empresas de construção temem os altos investimentos em automação e no desenvolvimento de sistemas de produção que fogem do padrão nacional.

Além das vantagens em produtividade e qualidade de sistemas automatizados de construção há também uma grande vantagem quando se analisa o aspecto da segurança no trabalho, tendo em vista que o setor com maior índice de acidentes de trabalho é o da Construção Civil, deve-se estudar e propor soluções para que todos os colaboradores possam ter um ambiente de trabalho seguro.

As principais vantagens da automação também são a redução do custo, a melhoria da qualidade do produto e a realização de tarefas que são danosas ao ser humano (tarefas repetitivas ou que exigem grande esforço físico, ambientes perigosos ou insalubres). A automação é capaz de manter o homem no domínio do processo em questão, porém numa posição mais confortável. O homem, nessa situação, necessita cada vez mais usar o seu cérebro e cada vez menos seus músculos. Porém essa mudança faz com que os profissionais necessitem cada vez mais se especializar, buscando competências para o desenvolvimento de suas atividades. A adaptação a novos postos de trabalho e a qualificação profissional são condições primordiais à otimização do uso dos recursos disponíveis (materiais e humanos). A busca pela sustentabilidade está ligada ao uso mais racional desses recursos, tendo em vista que o desenvolvimento sustentável pressupõe a minimização dos impactos ao ambiente e a maximização dos benefícios gerados pela atividade econômica.

No caso da construção civil, a automação nos processos de separação, classificação, valorização e reutilização dos materiais gera maior eficiência, contribuindo por conseguinte

com a possibilidade do aumento dos rendimentos, resultando em economia, preservação de recursos naturais, economia de energia, geração de trabalho e renda de qualidade, inclusão social e em menos resíduos para a disposição final nos aterros sanitários (ou lixões), gerando economia para o poder público e vantagens ambientais, além da conscientização da população para as questões ambientais, fatores que contribuem para a busca do desenvolvimento urbano sustentável.

Existe uma tendência mundial no investimento da automação. Porém, no Brasil há um desnível em relação aos outros países, como os EUA, alguns países da Europa e Ásia. Foi observado que, assim como na Automação Residencial, os números mostram um potencial de desenvolvimento da automação no Brasil muito grande, porém, em números ainda insignificantes devido à alta carga tributária para a importação das máquinas.

Estas técnicas deveriam ser mais divulgadas entre os profissionais para a otimização dos processos arquitetônicos nas fases de concepção do projeto, construção, manutenção e demolição. A realização deste estudo também permite às organizações e governos a visualização de oportunidades de novos investimentos no cenário urbano, assim como uma maior facilidade para se realizar projetos que visem eficiência econômica, social e ambiental.

A aplicação da automação na construção civil brasileira pode gerar economia para o poder público e vantagens ambientais e sociais, como a conscientização da população na busca do desenvolvimento urbano sustentável.

Além disso, propicia qualidade de vida ao trabalhador, com maior segurança nas suas funções e menor esforço físico, proporcionando ambientes mais saudáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPI. **Documento de Conceituação de Edifícios Inteligentes**. ABRAPI: Grupo de Base, 2001.

ARCHIDAILY. **Fachada de tijolos torcidos**. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/770736/gramazio-kohler-usa-braco-robotico-para-criar-uma-fachada-de-tijolos-torcidos>>. Acesso em junho 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR14565: Cabeamento estruturado para edifícios comerciais e data centers**. 2000.

AURESIDE -**Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial**. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/>>. Acesso em agosto 2016.

\_\_\_\_\_. **Mercado de automação residencial em 2015: comparativo**. Disponível em: <[http://www.aureside.org.br/\\_pdf/potencial\\_2015.pdf](http://www.aureside.org.br/_pdf/potencial_2015.pdf)>. Acesso em julho 2016.

BALAUQUER, Carlos; ABDERRAHIM, Mohamed. **Robotics and Automation in Construction**. RoboticsLab, Department of Systems Engineering and Automation University Carlos III of Madrid, Spain. In-Teh is Croatian branch of I-Tech Education and Publishing KG, Vienna, Austria. 2008.

BLOG DA ENGENHARIA. **Conheça 3 projetos de arquitetura construídos por robôs**. Disponível em: <<http://blogdaengenharia.com/conheca-3-projetos-de-arquitetura-construidos-por-robos/>>. Acesso em agosto 2016.

BOCK, T. **Construction Automation and Robotics**. In: C. Balaguer; M. Abderrahim (Eds.); *Construction Automation and Robotics, Robotics and Automation in Construction*, 2008.

BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Desmistificando a Domótica**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007.

BRAGA, Benedito, *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Estatuto da Cidade: Lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana**. 1ª ed. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001.

\_\_\_\_\_. **Presidência da República, Casa Civil**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03)>. Acesso em novembro 2016.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.) **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

CARRARA, V. **Introdução à robótica industrial**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2015.

CARVALHO, Geovanna Brasil. **Automação Residencial na Construção Civil**. ENC/UEG, Bacharel, Engenharia Civil. Anápolis, GO, 2015.

CIMENTO ITAMBE. **Automação eleva produtividade no canteiro de obras.** Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/automacao-eleva-produtividade-no-canteiro-de-obras/>>. Acesso em julho 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2012. **Resolução Conama nº 448.** Disponível em: <[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)>. Acesso em novembro 2014.

DBA EstaR - **Sistema de Estacionamento Rotativo Público.** Disponível em: <<http://dba.eng.br/produtos/dba-estar>>. Acesso em setembro 2016.

DEBONI, Mariana L.; ALVAREZ, Cristina E.; BISSOLI, Márcia. **Automação: uma ferramenta auxiliar na busca da sustentabilidade na construção civil.** Laboratório de Planejamento e Projetos, UFES, Vitória, ES, Brasil, 2011.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21.** Brasília, 02 Ago. 1994. Tradução do Ministério das Relações Exteriores.

DIREITOS Humanos na Internet. **Declaração de Estocolmo sobre o meio ambiente humano, 1972.** Disponível em: <<http://www.dhnet.org.br/direitos/sip/onu/doc/estoc72.htm>>. Acesso em março 2016.

DOMINGUES, Ricardo Gil. **A Domótica como Tendência na Habitação: Aplicação em Habitações de Interesse Social com Suporte aos Idosos e Incapacitados.** Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.

EVERETT, B. J. G.; SLOCUM, A. H. **Automation and Robotics Opportunities: Construction versus Manufacturing.** Journal of Construction Engineering and Management, 1994.

FARIA, Felipe Augusto. **Green Building Council Brasil: Construindo um Futuro Sustentável.** Diretor Gerente do GBC Brasil – Palestra realizada no Policom Solution Brasil e Mundo, 2011.

FEBRABAN -Federação Brasileira de Bancos. **Construção Sustentável.** 17º Café com sustentabilidade, São Paulo, SP. [www.febraban.org.br](http://www.febraban.org.br), 2007.

FÓRUM DO MEIO AMBIENTE. **Relação das leis ambientais mais importantes,** 2010. Disponível em: <[meioambiente.forumsomeu.com/t22-relacao-das-leis-ambientais-mais-importantes](http://meioambiente.forumsomeu.com/t22-relacao-das-leis-ambientais-mais-importantes)>. Acesso em novembro 2016.

FREITAS, Jean Tharley de. **Automação na Construção Civil.** ENC/UEG, Formosa, GO, Brasil, 2015.

FROST e SULLIVAN. **Strategic Opportunity Analysis of the Global Smart City Market.** Mega Trends Defining our future: are you ready? Russia, 2015.

G1. **Robô com câmera faz 'serviço sujo' em fiscalização de esgotos de Búzios.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2015/04/robo-com-camera-faz-servico-sujo-em-fiscalizacao-de-esgotos-de-buzios.html>>. Acesso em agosto 2016.

GARCIA, L.H.T. **Desenvolvimento e fabricação de uma mini-impressora 3D para cerâmicas**. Master's thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2011.

GASSEL, F. van; MAAS, G. **Mechanising, Robotising and Automating Construction Processes**. In: C. Balaguer; M. Abderrahim (Eds.); **Robotics and Automation in Construction**. p.43–52, 2008.

GUEDES, Lucas; ALVARENGA, Luiz; ROMANINI, Anicoli; MARTINS, Marcele Salles; FOLLE, Daiane. **O papel social da automação - Automação Inclusiva e mais sustentável**. Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis - NEPES, IMED, Brasil, 2012.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

IBGE. **Indicadores mínimos: Condição de vida**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/indicadoresminimos/suppme/analiseresultados2.shtm>>. Acesso em setembro 2016.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Robô-gari recolhe o lixo e ajuda as pessoas**. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=robo-gari-recolhe-lixo-ajuda-pessoas&id=010180091028#.WDwSWNURLcs>>. Acesso em junho 2016.

KHOSHNEVIS, Behrokh. **Automated Construction by Contour Crafting "C Related Robotics and Information**. Professor, Industrial & Systems Engineering. University of Southern California, Los Angeles, CA, 2004.

\_\_\_\_\_. **Innovative rapid prototyping process makes large sized, smooth surfaced complex shapes in a wide variety of materials**. Materials Technology, 1998.

KRONEMBERGER, D. **Desenvolvimento local sustentável: uma abordagem prática**. São Paulo: Ed. Senac, 2011.

KUSHNER, Marc. **O futuro da Arquitetura em 100 construções**. TED Books, 2015.

LENZI, C. L. **Sociologia ambiental: risco e sustentabilidade na modernidade**. São Paulo: Anpocs/Edusc, 2006.

LUKKA, J.T.; TOSSAVAINEN, T.; KUJALA, J.V.; RAIKO, T. **ZenRobotics Recycler: Robotic Sorting using Machine Learning**. Disponível em: <[www.zenrobotics.com](http://www.zenrobotics.com)>. Acesso em 12 nov. 2014.

MAPA DA OBRA. **Robô no canteiro**. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/novidades/robo-no-canteiro/>>. Acesso em fevereiro 2016.

MASCARÓ, Juan Luiz. **Consumo de energia e construção de edifícios**. São Paulo, Secovi, 1978.

MARTINS, Geomar Machado. **Princípios de Automação Industrial**. Universidade de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil. Agosto de 2007; Revisado em Março de 2012.

MELLO, R. **Arquitetura Inclusiva – Uma nova cultura**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura– IBDA, 2011. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br>>. Acesso em agosto 2016.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Educação Profissional - Referências curriculares nacionais da educação profissional de nível técnico. Área profissional: Construção civil.** Brasília, 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/legislacao-mma>>. Acesso em novembro 2016.

MONTE-MOR, Roberto Luis de. **Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: um olhar ambiental.** In Território, globalização e fragmentação. São Paulo, Hucitec, 1994.

MUKAI, T. **Direito ambiental sistematizado.** 4a ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Forense Universitário, 2004.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajatória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico.** Estudos Avançados 26 (74), 2012.

NUWER, Rachel. Reportagem: **Conheça os empregos ameaçados pela automação (e os novos que surgirão).** BBC Future, 2015.

O GLOBO. **Robô agiliza obra da linha 4.** Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/bairros/robo-agiliza-obra-da-linha-4-8920161#ixzz4H4MeLWBq>>. Acesso em janeiro 2016.

OLIVEIRA, Frederico F.; GONÇALVES, Rogério S. **Projeto Conceitual de um Robô para Pintura Predial.** Laboratório de Automação e Robótica, ABCM Symposium Series in Mechatronics by ABCM Part II - National Congress Section III – Robótica, Atuadores e Sensores. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil, 2014.

PINHEIRO, J. **Falando de Automação Predial.** Disponível em: <[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_falando\\_de\\_automacao\\_predial.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_falando_de_automacao_predial.php)> Acesso em junho 2015.

PINI WEB. **Tecnologia - Instalação de banheiros prontos.** Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/159/artigo286714-1.aspx>>. Acesso em setembro 2016.

PLATAFORMA CONECTAR. **Como se situa o Brasil no mundo da Automação Residencial?** Disponível em: <<http://plataformaconectar.blogspot.com.br/2015/12/como-se-situa-o-brasil-no-mundo-da.html>>. Acesso em agosto 2016.

PORTALDOSEQUIPAMENTOS. **Uso de robôs vai além da demolição.** Disponível em: <[http://www.portaldosequipamentos.com.br/equipanews/cont/m/uso-de-robos-vai-alem-da-demolicao\\_9554\\_39](http://www.portaldosequipamentos.com.br/equipanews/cont/m/uso-de-robos-vai-alem-da-demolicao_9554_39)>. Acesso em julho 2016.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Conheça as vantagens e desvantagens da automação industrial.** Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/53605/conheca-as-vantagens-e-desvantagens-da-automacao-industrial#ixzz3wwiJAEy0>>. Acesso em julho 2016.

RESINO, J. C.; JARDÓN, A.; GIMENEZ, A.; BALAGUER, C. **Analysis of the Direct and Inverse Kinematics of ROMA I Robot.** In: M. O. Tokhi; G. S. Virk; M. A. Hossain (Eds.), 2005.



ROCKENBACH, Suzete. **Arquitetura, Automação e Sustentabilidade**. FAU-PROPARG-UFERS. Porto Alegre, RS, Brasil, 2004.

ROSSI, A. M. Gabriella. Mesa Redonda Formação em Tecnologia Urbana: **Contribuições para o Desenvolvimento Urbano e Ambiental - A Engenharia Urbana e suas Contribuições**. Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, UFRJ. Passo Fundo, RS, 2015.

SIMONE, D.; MARIA, J. **Automação Industrial**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 1–5, 2003.

SIDRA – IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS**. IBGE, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>. Acesso em dezembro 2016.

STYLO URBANO. **Impressoras 3d robóticas**. Disponível em: <<http://www.stylourbano.com.br/impressoras-3d-roboticas-poderao-imprimir-uma-casa-de-dois-andares-em-20-horas/>>. Acesso em setembro 2016.

TECMUNDO. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/caminhao/101812-casa-futuro-voce-precisa-ver-conceito-casa-dobavel-video.htm>>. Acesso em novembro 2016.

TECNOBLOG. **Hadrian, o robô “pedreiro” que pode assentar mil tijolos por hora**. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/180707/robo-construtor-hadrian/>>. Acesso em julho 2016.

TOMÁS, José. **Robô que "come" concreto desmonta edifícios sem gerar resíduos**. 28 out. 2013. ArchDaily Brasil (Trad. Baratto, Romullo). Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/149004/robo-que-come-concreto-desmonta-edificios-sem-gerar-residuos>>. Acesso em novembro 2014.

TOYOTA, S.; SCOPEL, S. **Mecanização, Automação e Automação – Uma Revisão Conceitual**, 2006.

UNITED NATIONS. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**, 1998. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>> Acesso em janeiro 2016.

VERNA, Surendra. **Ideias Geniais, Os principais teoremas, teorias, leis e princípios científicos de todos os tempos**. 2ª edição. Gutenberg Editora. Belo Horizonte, MG, 2012.

VITRUVIUS. **Robôs e arquitetura - O 30º Congresso Education and Research in Computer-aided Architectural Design in Europe**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/13.061/4522>>. Acesso em agosto 2016.

VUKOBRATOVIC, M. **Nikola Tesla and robotics**. Serbian Journal of Electrical Engineering, v. 3, n. 2, p. 163–175, 2006.

WINTERGREENRESEARCH. **Wintergreen Research**. Disponível em: <[www.wintergreenresearch.com/](http://www.wintergreenresearch.com/)>. Acesso em setembro 2016.

**SITES RECOMENDADOS:**

<http://communities.bentley.com/>

[http://fiesp.com.br/agencianoticias/2011/03/14/apresenta\\_feicon\\_2011\\_deconci\\_fiesp.pdf](http://fiesp.com.br/agencianoticias/2011/03/14/apresenta_feicon_2011_deconci_fiesp.pdf)

<http://jornaldaconstrucaocivil.com.br/2016/07/19/cetec-lanca-equipamento-para-aplicacao-de-textura-argamassa-e-chapisco/>

<http://oglobo.globo.com/economia/imoveis/predios-verdes-sao-quase-metade-dos-lancamentos-comerciais-em-rio-sao-paulo-curitiba-ate-2013-3080138#ixzz4Q2JqcCtl>

<http://www.cadalyt.com/early-design/conceptual-design/conceptual-design-software-tools-19144>

<http://raffaello.name/projects/flight-assembled-architecture/>

<http://sustentarte.org.br/novo/tripe-da-sustentabilidade/#.WCijKFUrLcs>

<http://www.buildup.eu/publications/21878>

<http://www.gdsautomacao.com.br/>

[http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com\\_contenido&task=printMateria&id=1460](http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/index.php?option=com_contenido&task=printMateria&id=1460)

<http://www.innrobo.com>

<http://www.piniweb.com.br/construcao/gestao/cbic-243083-1.asp>

<https://www.youtube.com/watch?v=F40R12kUT-8>

## ANEXO I

A Navigant Research espera que os sistemas de automação de edifícios comerciais ultrapassem US \$ 86 bilhões em receita anual até 2023

05/01/2015

A revolução na iluminação eficiente de energia está ajudando a impulsionar o mercado geral para a automação de edifícios, segundo o relatório.

Um novo relatório da Navigant Research analisa o mercado global de sistemas de automação de edifícios comerciais (BASs), incluindo as previsões do mercado global até 2023.

Os dispositivos e sistemas que controlam a iluminação de um edifício, que mantêm o seu clima e asseguram a segurança dos seus ocupantes, foram, até bem recentemente, rudimentares. Hoje, essas BASs comerciais são cada vez mais incorporadas com ferramentas de computação e comunicação digital que transformaram suas capacidades para melhorar a eficiência e otimização de energia e aumentar o conforto e a saúde dos ocupantes. De acordo com um novo relatório da Navigant Research, a receita global de BASs comercial deverá crescer de US \$ 59,3 bilhões anualmente em 2013 para US \$ 86,7 bilhões em 2023.

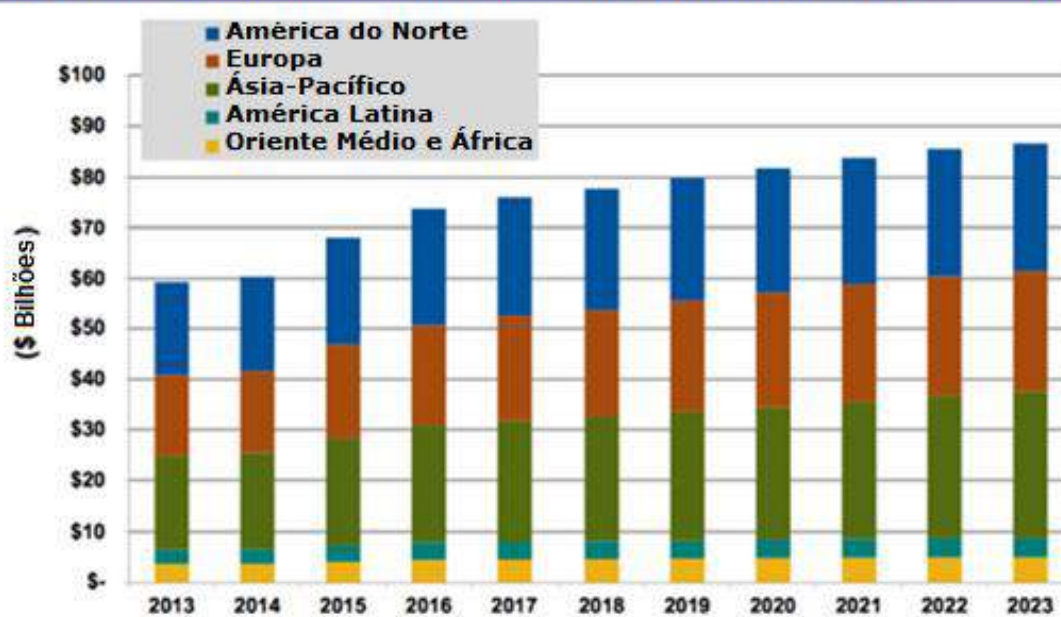
"Embora o mercado de BASs comerciais esteja maduro, não está estagnado", diz Benjamin Freas, analista de pesquisa da Navigant Research. "Embora as perspectivas globais de crescimento econômico e, portanto, de novas atividades de construção, permaneçam fracas e desiguais, o aumento da adoção e construção de retrofit focado na melhoria da eficiência energética e no aumento do conforto dos ocupantes deverão proporcionar ao mercado BAS um crescimento relativamente forte".

Um motor chave neste sector, de acordo com o relatório, é a evolução da iluminação eficiente de energia. A indústria está se movendo para uma maior adoção da tecnologia de diodos emissores de luz (LED), abrindo novas oportunidades para controles avançados de iluminação em rede. Proprietários e gerentes de edifícios, muitos dos quais se acostumaram com a ideia de monitorar e gerenciar centralmente seus sistemas HVAC, estão começando a esperar o mesmo nível de controle de seus sistemas de iluminação.

O relatório, "Commercial Building Automation Systems", analisa o mercado global de BASs

comerciais para HVAC, iluminação, fogo e segurança de vida, segurança e controle de acesso, bem como sistemas integrados de gestão de edifícios (BMSs). Ele avalia como os impulsionadores do mercado e os avanços tecnológicos devem afetar a adoção e o sucesso desses sistemas. As previsões do mercado global, segmentadas por cinco segmentos-chave de aplicação, oito tipos de edifícios comerciais e dois tipos de construção, estendem-se até 2023. O relatório também fornece perfis aprofundados dos principais players da indústria dentro do cenário competitivo.

**Receita Total de Automação de Edifícios Comerciais por Região, Mercados Mundiais: 2013-2023**



(Source: Navigant Research)