XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

UM ESTUDO DE GESTÃO DE FACILIDADES EM UM CAMPUS SUSTENTÁVEL BASEADO EM INTERNET DAS COISAS E INTELIGÊNCIA AMBIENTAL[1]

Paiva, Rafael Negreiros de (1); Kanai, Julia (2); Fontanini, Patricia Stella Pucharelli (3)

(1) Universidade Estadual de Campinas, r211126@dac.unicamp.br
(2) Universidade Estadual de Campinas, j192221@dac.unicamp.br
(3) Universidade Estadual de Campinas, patricia@fec.unicamp.br

RESUMO

No ciclo de vida de uma edificação, a etapa de Uso envolve a operação e manutenção de um edifício. Estas atividades são realizadas no contexto da Gestão de Facilidades (Facility Management - FM) que também abrange uma variedade de outros tipos de gerenciamento. A FM requer uma abordagem integrada que forneça informações e dados para planejadores e projetistas de instalações. A FM é uma atividade complexa que envolve diferentes agentes, em quantidade, com considerável variabilidade de serviços. Há interesse em incorporar avanços da Indústria 4.0 à prática de FM, levando a inovações estratégicas com IoT (Internet of Things) e IA (Inteligência Ambiental). Portanto, o objetivo desta pesquisa é identificar valor com a incorporação de IoT e IA na prática de FM. A pesquisa contou com a participação do instituto Campus Sustentável da Universidade para o estudo de caso. Os resultados obtidos com a coleta de dados são a produção total de energia em MWh, a potência em KW e a economia de CO2 em toneladas. O estudo de caso comprovou que a gestão de facilidades com auxílio de tecnologias como IoT e IA trazem muitos benefícios como a redução de CO2 e torna o ambiente mais sustentável.

***Palavras-chave**: Gestão de Facilidades. Indústria 4.0. Internet das Coisas. Sustentabilidade.*

ABSTRACT

In the life cycle of a building, the use stage involves the operation and maintenance of a building. These activities are carried out in the context of Facility Management (FM) which also covers a variety of other types of management. FM requires an integrated approach that provides information and data to facility planners and designers. FM is a complex activity that involves different agents, in quantity, with considerable variability in services. There is interest in incorporating advances in Industry 4.0 to the practice of FM, leading to strategic innovations with IoT (Internet of Things) and AmI (Ambient Intelligence). Therefore, the objective of this research is to identify value with the incorporation of IoT and AmI in the practice of FM. The research counted on the participation of the University's Sustainable Campus institute for the case study. The results obtained with the data collection are the total energy production in

[1] RAFAEL NEGREIROS DE PAIVA; JULIA KANAI; PATRICIA STELLA PUCHARELLI FONTANINI. UM ESTUDO DE GESTÃO DE FACILIDADES EM UM CAMPUS SUSTENTÁVEL BASEADO EM INTERNET DAS COISAS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

MWh, the power in KW and the CO2 savings in tons. The case study proved that facility management with the help of technologies such as IoT and AmI bring many benefits such as CO2 reduction and makes the environment more sustainable.

***Keywords**: Facility Management. 4.0 Industry. Internet of Things. Sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o enfoque em Gestão de Facilidades (Facility Management - FM) é novo, tendo sido sua primeira associação de profissionais fundada em 2004, a Associação Brasileira de Facilities (ABRAFAC). A prática de FM no Brasil é recente e enfrenta algumas dificuldades como, por exemplo, ausência de pesquisadores na área, falta de associações profissionais consolidadas e falta de formalização da atividade. No final do ano de 2017, a ABNT instalou a Comissão de Estudo Especial de *Facility Management* (CEE-267) com o escopo de normalizar o campo de *facility management*, no que concerne à terminologia, requisitos, procedimentos e boas práticas. Segundo Quinello e Nicoletti (2006) são poucas empresas no Brasil, sobretudo as multinacionais, que possuem em sua estrutura organizacional um espaço formal para a gerência de facilidades. Ainda segundo os autores, não há disciplinas específicas nas universidades, apenas em cursos de extensão, especialização e *Master of Business Administration* (MBA), por isso muitos profissionais exercem a função pela experiência adquirida ao longo dos anos do que por formação acadêmica.

A atuação da Gestão de Facilidades dá-se na etapa de Uso do Ciclo de Vida da edificação e consequentemente está sujeita a transformação que necessita de tecnologias para coleta de informações de forma automática e integrada. A Indústria 4.0 envolve uma profusão de tecnologias digitais disruptivas aplicadas ao ambiente de gestão de facilidades, o que Schwab (2016) nomeia de "megatendências". Entre elas, compreendem os Sistemas Cyber-Físicos, a Internet das Coisas (IoT), a Internet de Serviços, veículos autônomos, impressoras 3D, robôs avançados, Inteligência Artificial (IA), Big Data, nanomateriais e nanosensores (SCHWAB, 2016; CNI, 2016; BCG, 2015). Dentre as tecnologias citadas, esta pesquisa abordará resumidamente o IoT e também a Inteligência Ambiental.

O objetivo da pesquisa é analisar como o Campus Sustentável incorporou a Internet das Coisas e a Inteligência Ambiental no Gerenciamento de Facilidades da universidade. Além disso, foram identificadas vantagens sustentáveis que a implantação ofereceu à comunidade acadêmica como por exemplo, a economia de CO2 com a produção de energia fotovoltaica.

2 FUNDAMENTAÇÃO

A Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), sensoriamento e monitoramento de edifícios e ambientes de trabalho inteligentes veem mudando drasticamente onde e como as pessoas trabalham. Tais avanços tecnológicos estão transformando, inclusive, a maneira como se imagina, planeja, desenvolve, utiliza e gerencia as instalações (EHRENBERG, 2017).

2.1 Inteligência Ambiental

A Inteligência Ambiental (*Ambient Intelligence* - AmI) é um elemento que traz inteligência a ambientes do dia-a-dia e de negócios para torná-los mais sensíveis, adaptáveis, autônomos e personalizados para as necessidades humanas. AmI refere-

se a interfaces inteligentes que reconhecem a presença e preferências humanas e ajustam ambientes inteligentes para atender as suas necessidades e requisitos imediatos. Cenários e aplicações da AmI podem ser diversos tais como, residências inteligentes, veículos autônomos, sistemas de saúde, estradas inteligentes, setor industrial, setor educacional, serviços de emergência e gerenciamento de facilidades inteligentes (MAHMOOD, 2019).

Na área de Cidades Inteligentes, Talari et al. (2017) realizaram uma revisão de cidades inteligentes baseadas no conceito de IoT. Os autores identificaram estacionamentos inteligentes, sistemas de água e condição climática, trânsito veicular e transporte, poluição ambiental e sistemas de vigilância como sendo as principais aplicações em cidades inteligentes.

Segundo Gams et al. (2019) sempre que inteligência é demonstrada por máquinas em um ambiente, ela é referida como ambiente inteligente. Devido ao seu foco nos seres humanos e no meio, a AmI representa mais do que áreas de aplicação de IA, mas sim uma rede que integra diferentes áreas.

2.2 Internet das Coisas (IoT)

Em 1991 Mark Weiser, da Xerox Palo Alto Research Center (uma divisão de pesquisa da Xerox Corporation), descreveu como os objetos de todos os tipos podiam sentir, comunicar, analisar e agir ou reagir a pessoas e outras máquinas de forma autônoma - tão facilmente quanto acendemos uma luz ou abrimos uma torneira (RAYNOR; COTTELEER, 2015). Ele desenvolveu uma estrutura que se tornou a base para entender como a IoT funciona. O framework conta com três etapas básicas: a) o sensor captura dados sobre uma ação no mundo; b) o sensor comunica esses dados e o sistema agrega dados do sensor ao longo do tempo e do espaço; e c) a análise dos dados permite que atos futuros sejam modificados.

A Internet é um sistema global de redes de computadores interligadas que utilizam um conjunto próprio de protocolos com o propósito de servir progressivamente usuários no mundo inteiro. A Internet sempre está mudando e evoluindo. A Internet das Coisas (IoT) pode ser apresentada como mais uma fase de desenvolvimento e evolução da internet e de componentes de rede (BUCKLEY, 2006; VERMESAN et al., 2011; PERERA et al., 2013).

As redes, sem e com fio, estão cada vez mais presentes nas cidades e nas vidas das pessoas. Por meio das redes e IoT, as distâncias e limites físicos passam a não ser mais uma barreira para se ter acesso a informações, acessando-as remotamente em qual quer horário e local. O termo *Internet of Things* foi utilizado primeiramente por Kevin Ashton em 1999 (ASHTON, 2009).

A IoT permite que objetos físicos vejam, ouçam, pensem e executem tarefas, fazendo com que eles troquem informações e coordenem decisões. A IoT faz isso por meio de duas categorias básicas de tecnologias: sensores e protocolos de comunicação.

2.3 Gestão de Facilidades

A Gestão de Facilidades é uma atividade profissional que tem por finalidade o planejamento e operação de processos eficientes, integrando edifícios, equipamentos, pessoas, serviços e tecnologias. Tal integração proporciona a melhoria contínua de qualquer atividade e a manutenção do meio ambiente construído, atendendo as necessidades e conforto de todos os agentes envolvidos. As atividades de FM devem gerar experiências significativas para as pessoas,

produzindo transformações e agregando valor às diversas atividades das organizações (GRAÇA, 2016).

A FM evoluiu ao longo dos anos, entre as organizações empresariais, de ser visto como apenas um dos serviços menos relevantes para ser considerado como principal apoiador de negócios. De acordo com Myeda (2014), esse papel de apoiador de negócios, ou mesmo de facilitador de negócios, baseia-se em três abordagens principais da FM, são elas: integrar, alinhar e inovar. Integrar locais, pessoas, processos e tecnologias para um gerenciamento de ciclo de vida eficaz e eficiente dos edifícios e seus componentes. Alinhar o portfólio de serviços de FM com a estratégia, a missão do cliente e com os recursos disponíveis. Finalmente, inovar a fim de ser capaz de abordar os requisitos de mudança ao longo do tempo e aproveitar novas oportunidades.

Segundo Atkin e Brooks (2015) a FM abrange administração imobiliária, administração financeira, gestão de recursos humanos, saúde, segurança, proteção e meio ambiente, gestão de mudanças e gestão de contratos. A FM envolve obras de construção, manutenção predial, manutenção de sistemas prediais, serviços domésticos e suprimentos.

Portanto, a Gestão de Facilidades pode ser vista como uma fonte de vantagem competitiva, uma ferramenta de suporte no desempenho organizacional e humano dentro de uma organização. A tarefa dos gerentes de facilidades é garantir um alinhamento entre os principais fatores de negócios e os objetivos do gerenciamento de facilidades, visando a criação de valor. Em particular, o FM busca alcançar uma integração estratégica entre as principais necessidades da empresa, o local de trabalho físico existente, as atividades realizadas nele e a prestação de serviços de suporte (TALAMO; ATTA, 2019).

3 MÉTODO

Este estudo analisa o ambiente de Gestão de Facilidades, constituído por um campo interdisciplinar que se ocupa da coordenação de espaços, infraestruturas, pessoas e organizações. Trata-se de uma pesquisa de cunho exploratório/descritivo. A estratégia escolhida da pesquisa foi o Estudo de Caso, uma que permite um estudo profundo e exaustivo de alguns objetos do estudo de modo que habilita seu conhecimento amplo e detalhado por parte do pesquisador.

O estudo de caso foi realizado no instituto Campus Sustentável. Este instituto é uma parceria entre a Universidade e a Concessionária de Energia Elétrica da cidade com investimento de R$ 9,5 milhões, no âmbito dos programas de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e PEE (Programa de Eficiência Energética) da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). O projeto tem a ambição de estabelecer um modelo de gestão e eficiência energética que possa ser replicado em outras instituições de ensino superior do Brasil e da América Latina. Este projeto se encaixa no escopo da pesquisa por se tratar de um sistema de gestão energética integrada com a utilização de tecnologias inteligentes, como IoT e sensores de medição inteligente. Além disso, o sistema de geração solar fotovoltaica contribui para economia de energia, dinheiro e torna o ambiente universitário mais sustentável.

O Campus Sustentável é considerado uma empresa institucional vinculada à Universidade para fins de estudo e pesquisa. A instituição pode ser vista como um Laboratório Vivo para o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias.

Existem 3 estratégias para o gerenciamento de facilidades da universidade. A

primeira é a instalação de um moderno sistema de medição do consumo de energia elétrica de cada edifício, conectado em tempo real ao centro de operação do sistema, a construção de sistemas de geração solar fotovoltaica (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**1), a substituição de aparelhos de ar condicionado antigos por outros modernos e eficientes e a troca de lâmpadas.

Figura 1. Painéis fotovoltaicos geradores de energia solar instalados no telhado dos edifícios universitários



Fonte: Campus Sustentável 2020.

A segunda estratégia é a introdução de ônibus elétrico no sistema de transporte circular interno do Campus. O ônibus elétrico contará com um eletroposto sustentável, contendo geração fotovoltaica própria e sistema de armazenamento de energia. Todos os ônibus e o eletroposto contam com um amplo sistema de monitoramento em tempo real, o que permitirá a análise e a proposição de soluções para a mitigação de problemas socioambientais, técnicos e econômicos devidos a utilização desta tecnologia em ambientes urbanos. Esta estratégia será implantada em setembro de 2020.

Figura 2. Etapas do processo de monitoramento



Fonte: Campus Sustentável 2020.

A terceira estratégia é a instalação de sensores (IoT) para auxiliar os usuários a melhorar o uso de energia em ambientes com o conceito de Smart Efficiency (Eficiência Continuada) dos elementos comportamentais, dando suporte à gestão e programas de eficiência energética monitorados em tempo real. A implantação se dará com hardware de mercado de baixo custo e software livre, baseado em Arduino com rádio frequência. Este monitoramento contínuo das condições internas de zonas eficientizadas, como: mapa térmico, umidade, luminosidade, gases, presença etc.; introduz-se uma componente comportamental induzida para incremento contínuo da Eficiência, instruindo os usuários quanto às melhores maneiras de consumo de energia elétrica.

As etapas de processo podem ser vistas na Figura 2, onde o medidor inteligente se comunica com a concessionária, subestação, ônibus elétrico, centro de operações e controle do sistema de distribuição, eficiência energética das edificações e o gerador fotovoltaico. O minicentro inteligente de dados de consumo e operação de redes elétricas monitora o consumo real e diário de cada unidade consumidora, através da instalação de medidores inteligentes em todas as unidades consumidoras (faculdades, institutos, laboratórios, núcleos interdisciplinares, administração etc.).

A implantação de geração de energia solar renovável na Unicamp interfere positivamente na comunidade acadêmica, tanto no âmbito econômico como na redução de custos com energia da universidade, como no âmbito acadêmico com oportunidades de pesquisa, treinamento e formação de técnicos e especialistas em geração de energia fotovoltaica e gestão de energia.

4 RESULTADOS

Os dados do medidor inteligente fazem comunicação com a rede IoT da Unicamp e chegam ao centro de operações. O centro de operações consegue obter dados da produção de energia em MWh, a potência em KW e a economia de CO2 em toneladas (Tabela 1). Para a economia de CO2 em toneladas pode ser feita uma analogia em quantidade de árvores salvas. A medição destes dados teve início em abril de 2019 até o presente momento (agosto de 2020). Atualmente, oito prédios da universidade possuem os medidores inteligentes com geração fotovoltaica. O total de energia produzida até agora é 930,12 MWh. O total de economia de CO2 é 493,19 toneladas o que é equivalente à 12642 árvores salvas.

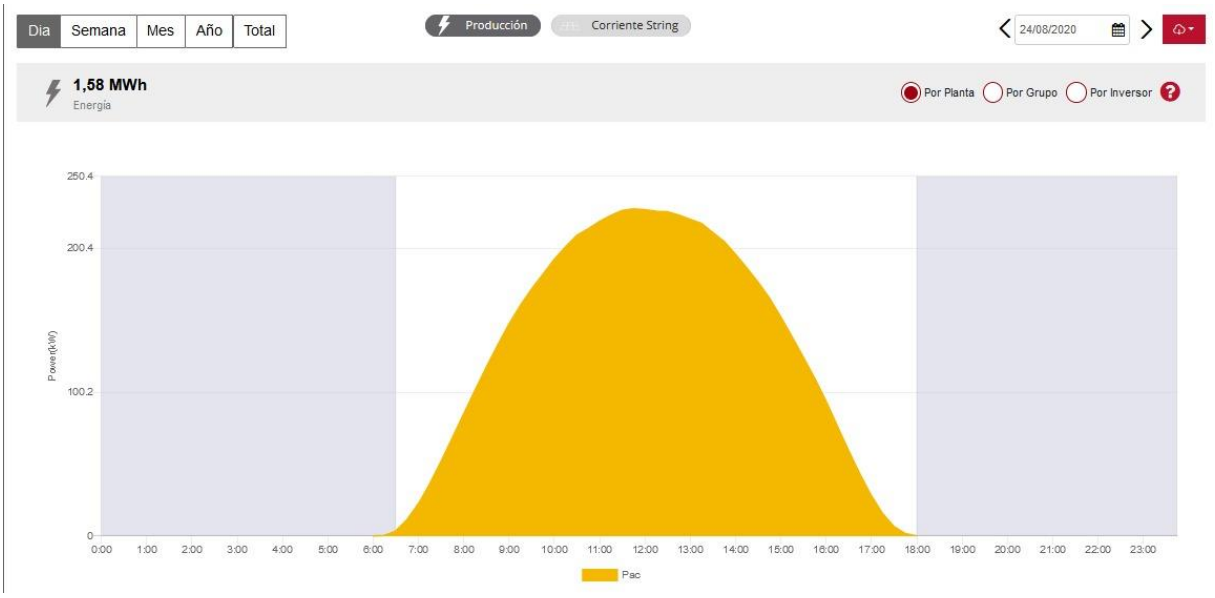
Tabela 1. Produtividade do Campus Sustentável

	Produção MWh			ECONOMIA CO2	
	2019	2020	Total	Tonelada	Árvores
FEEC1	35,7	44,69	80,39	42,6	1092
FEEC2	25,67	30,98	56,65	30,3	770
FEC	26,03	26	52,03	27,58	707
EXTCAMP	15,44	18,97	34,41	18,24	468
CEPETRO	18,51	31,93	50,44	26,74	686
NIPE	2,74	6,42	9,16	4,85	124
MUSEU	2,55	2,89	5,44	2,88	74
GINÁSIO	336,2	305,4	641,6	340	8721

Fonte: os autores.

A produção de energia é medida ao longo do dia em tempo real como pode ser visto na Figura 3. A medição inicia por volta das 6 horas da manhã com as primeiras radiações solares do dia e extendendo até o por do sol. Os painéis fotovoltaicos tem uma maior eficiência no inverno devido a uma relação de temperatura dos painéis. Porém, a produção de energia é maior no verão devido ao maior tempo de exposição as radiações solares.

Figura 3. Produção de energia ao longo do dia



Fonte: os autores.

5 CONCLUSÃO

O estudo de caso comprovou que a gestão de facilidades com auxílio de tecnologias como IoT trazem muitos benefícios e praticidade no monitoramento das atividades. Dados que antes eram desconhecidos ou não registrados passam a ser de fácil acesso aos gestores de facilidades, auxiliando em tomada de decisões para manutenção, melhoria e expansão da matriz energética do campus universitário. Além do sistema de gestão integrada, o Campus Sustentável conta com geração de energia fotovoltaica que ajuda na redução dos gastos com energia e torna o ambiente mais sustentável favorecendo os setores de energia elétrica, eficiência das edificações e transporte público da universidade.

O estudo de caso corrobora com o estado da arte que busca na FM uma integração estratégica entre a atividade fim da universidade (ensino e pesquisa), as edificações do campus, as diversas atividades realizadas pelos seus usuários e uma gestão da energia em tempo real e eficiente.

REFERÊNCIAS

ABNT/CEE-267. **Comissão de Estudo Especial de Gerenciamento de Facilidades**. 2017

ASHTON, K. **That 'internet of things' thing**. RFiD Journal, v. 22, n. 7, p. 97-114, 2009.

ATKIN, B.; BROOKS, A. **Total Facilities Management**, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2015

BCG. Industry 4.0: **The future of productivity and growth in manufacturing industries**. BOSTON CONSULTING GROUP Perspectives, 2015.

BUCKLEY, J. **From RFID to the Internet of things**. In: Pervasive Networked Systems Conference, 2006.

CAMPUS SUSTENTÁVEL. Disponível em: < http://www.campus-sustentavel.unicamp.br/ >, Acesso em: 20 junho 2020.

CNI. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional Da Indústria**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil>. Acesso em: 02 out. 2019.

EHRENBERG, M. **The Future of Facilities is Digital**. 2017. Disponível em: < https://facilityexecutive.com/2017/12/the-future-of-facilities-is-digital>. Acesso em: 20 maio 2019.

GAMS, M.; GU, I.; HARMA, A.; MUNOZ, A.; TAM, V. **Artificial intelligence and ambient intelligence**. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments 11, pag 71-86. 10.3233/AIS-180508, 2019.

GRAÇA, M. E. A. 2016 <http://www.moacyrgraca.com.br/> Acesso em: 02 abril 2019.

MAHMOOD, Z; **Guide to Ambient Intelligence in the IoT Environment: Principles, Technologies and Applications**. Springer, 295pg, 2019.

MYEDA, N. **Facilities management: the business enabler**. Journal of Facilities Management, Vol. 12 No. 4. https://doi.org/10.1108/JFM-07-2014-0022, 2014.

PERERA, C.; MEMBER, S.; ZASLAVSKY, A.; CHRISTEN, P. **Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey**. Commun. Surv. Tutorials, IEEE, vol. PP, no. 99, pp. 1–41, 2013.

QUINELLO, R.; NICOLETTI, J. R. **Gestão de facilidades: Aprenda como a integração das atividades de infra-estrutura operacional de sua empresa pode criar vantagem competitiva**. Novatec Editora, 2006.

RAYNOR, M. E.; COTTELEER, M. **The More Things Change: Value Creation, Value Capture, and the Internet of Things**. Deloitte Review, Vol. 17, July 27, 2015.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, Geneva, Switzerland, 184 p., 2016.

TALAMO, C. ATTA, N. **Invitations to Tender for Facility Management Services: Process Mapping, Service Specifications and Innovative Scenarios**. Springer, 266p, 2019.

TALARI, S.; SHAFIE-KHAH, M.; SIANO, P.; LOIA, V.; TOMMASETTI A.; CATALÃ, J.; **A review of smart cities based on the internet of things concept**. Energies 10 (4), 2017.

VERMESAN, O. et al **Internet of things strategic research roadmap**. Internet of Things: Global Technological and Societal Trends, v. 1, p. 9-52, 2011.