



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03
de dezembro 2021

Uma Abordagem contextual de Sistemas Especialista para Edifícios Cognitivos

Carlos Giorgio Dias Vieira¹, Sergio Luiz Stevan Jr^{1,2}.

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – UTFPR-Ponta Grossa

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UTFPR-Ponta Grossa

Resumo: Este trabalho propõe uma revisão bibliográfica do estudo da arte das tecnologias aplicadas em edifícios cognitivos e suas possíveis relações com a metodologia de sistemas especialista da inteligência artificial. O estudo pretende analisar a evolução das principais tecnologias que envolvem a CloT nas edificações cognitivas, e como essas tecnologias utilizam as dimensões de dados gerados. Os dados podem ser coletados por sensores diversos, instalados em edificações (edifícios residenciais, comerciais, hospitais, escolas, etc.). Sendo dados gerados de sensores de luz, temperatura, ruídos e presença. Considerando a interação entre usuário e as edificações. O estudo pretende da mesma forma considerar a relevância e utilidade, que os dados gerados tem, atrelados às técnicas como aprendizado de máquina, deep learning e big data, unindo os conceitos de edifícios cognitivos e de inteligência artificial.

Palavras-chave: Edifícios Cognitivos, CloT, Sensores, Sistemas Especialistas, Aprendizado de Máquina.

A Context Expert Systems Approach to Cognitive Buildings

Abstract: This work proposes a literature review of the study of the art of technologies applied in cognitive buildings and their possible relationships with the methodology of expert systems of artificial intelligence. The study intends to analyze the evolution of the main technologies that involve CloT in cognitive buildings, and how these technologies use the dimensions of generated data. Various sensors installed in buildings (residential, commercial buildings, hospitals, schools, etc) can collect data. Being data generated from light, temperature, noise and presence sensors. Considering the interaction between user and buildings. The study also intends to consider the relevance and usefulness of the generated data, linked to techniques such as machine learning, deep learning and big data, to unite the concepts of cognitive buildings and of artificial intelligence.

Keywords: Cognitive Buildings, CloT, Sensors, Expert Systems, Machine Learning.

1. Introdução

O trabalho presente, abordará o contexto dos edifícios cognitivos e a evolução das facilidades da sua infraestrutura, sendo provedor de conforto a seus usuários. Também pretende entender como são aproveitados os dados provenientes de sua própria infraestrutura. Quais as relações com as técnicas de Inteligência Artificial, especificamente Sistemas Especialistas, e qual o nível de sua convergência até aqui. Pretende-se entender dessa forma qual a melhor aplicação da técnica de sistemas especialista empregada no ambiente, edifícios cognitivos.

A arquitetura, engenharia e construção civil, estão hoje fortemente relacionadas às tecnologias de coleta, armazenamento e mineração de big data. Tornando um edifício não somente em um corpo maciço de material estático, mas um fluxo dinâmico de dados que conduz o novo conceito do edifício como um provedor de serviços para os usuários, (Pasetti et al., 2018).

Não obstante, alguns setores da indústria têm utilizado desse avanço dos dispositivos sensores e dos sistemas de comunicação e de processamento de dados, com o objetivo de melhorar o monitoramento das diversas grandezas inerentes aos seus processos, através da chamada IoT industrial, (Cheng et al., 2018). Esta condição pode se estender não apenas à parte interna industrial, mas também chegar a contatos diretos com os seus clientes, formando uma realimentação do processo otimizada e personalizada sob demanda, seguindo as diretrizes da Indústria 4.0, (Stevan et al., 2018).

Já no setor de serviços, o monitoramento pode vir apenas de grandezas físicas, mas sim propor a personalização dos seus produtos e ambientes, tendo como base o monitoramento de seus consumidores e usuários, buscando oferecer uma melhor experiência na apreciação de seus serviços, (Vinnarasi et al., 2021).

Hoje em dia passa-se muitas horas dentro de edificações e são diversas as circunstâncias que podem confinar as pessoas: trabalho, estudo (escolas/universidades) ou lazer (shopping centers). Dentre os principais fatores que levam ao convívio em edificações, podem-se citar: concentração de interesses, sensação de segurança, oferta de atividades de lazer, comodidades e conforto, (Xu et al., 2019). Esses motivos têm sido elencados pelo comércio/indústria, os quais têm buscado por soluções que possam promover vínculos cada vez mais atrativos aos seus clientes, e assim, atender cada vez mais suas expectativas, promovendo estudos de automação e interação inteligente, em um conceito denominado de internet das coisas voltada aos clientes/consumidores (CIoT- Consumer Internet of Things) (Ngwenya et al., 2020) ou parte de algo maior dentro das denominadas cidades inteligentes ou cidades 4.0.

Mas a questão chave é como propiciar esses benefícios aos usuários desses ambientes. O que deve ser feito para oferecer uma experiência satisfatória? Como levantar informações suficientes para que possa ser transformado em situações confortáveis e aprazíveis? (Vinnarasi et al., 2021).

Abordagens como esta encaixam-se no escopo dos Edifícios Cognitivos. São estruturas civis que vão além dos procedimentos de automação, que norteiam os atuais edifícios inteligentes, constituídos de inúmeros sensores para monitoramento de todas as suas instalações, atuando principalmente no controle de energia, como iluminação, ar-condicionado, ventilação e outros recursos, (Cadena et al., 2019). Os edifícios cognitivos, buscam usar redes de sensores adicionais proporcionando uma grande quantidade de dados a serem manipulados com ferramentas de inteligência artificial para atuar de forma otimizada/personalizada no ambiente, (Adesina et al., 2019).

Neste contexto, propõe-se discutir algumas alternativas para aplicações baseadas em sistemas especialistas (Lucas et al., 1991), discutindo a utilização de diferentes sensores

e fontes de dados para proporcionar uma experiência mais interativa e com viés cognitivo por parte do ambiente. Entende-se que analisar diferentes perfis de informação e monitorar diferentes grandezas físicas pode permitir a proposição de sistemas e/ou aplicações que permitam que o ambiente proponha ajustes e se personalize constantemente ao perfil dos ocupantes.

2. Estado da arte

Nesta seção, será realizada uma breve abordagem do estado da arte e abordagem dos principais conceitos correlacionados ao tema, separada em três tópicos: Edifícios cognitivos, Internet das coisas para consumidores e Sistemas Especialistas.

2.1. Edifícios Cognitivos

A concepção da ideia de utilizar IoT para compor a infraestrutura de edifícios não foi somente pensando em proporcionar conforto aos seus usuários. Mas a promoção da saúde de seus ocupantes tornou-se um ponto relevante para o aprimoramento do monitoramento do ambiente, considerando aspectos interiores do ambiente potencialmente insalubres (Boracchi et al., 2018).

Foi aplicado um estudo sobre aspectos ambientais de edifícios em cidades nos Estados Unidos (MacNaughton et al., 2016). Avaliava-se aspectos cognitivos dos usuários destes edifícios com testes de tomadas de decisão durante uma semana. Observou, se os usuários destes edifícios tinham suas funções cognitivas prejudicadas, enquanto ao mesmo tempo era monitorado, se a baixa ventilação permitia existências de compostos voláteis, também observado por Boracchi et al., (2018), que sensores são capazes de medir a concentração de contaminantes específicos em zonas relevantes. Constatando-se que os edifícios com condições ambientais mais favoráveis tiveram os participantes com melhores desempenhos nos testes cognitivos. O estudo comprovou que aspectos ambientais favoráveis podem melhorar o desempenho de seus usuários, e também favorece a saúde dos mesmos. Boracchi et al., (2018), também propôs um sistema de monitoramento cognitivo para detectar e isolar a concentração de contaminantes no ar.

Além de propostas para segurança dos usuários, aborda-se o gerenciamento dos recursos de consumo das edificações. Zucker et al., (2016) evidencia que a operação de edifícios tem potencial para uma significativa economia de energia e alta flexibilidade durante a sua operação sem afetar o conforto interno. Os edifícios representam 32% do consumo de energia em todo o mundo (Balaji et al., 2018). Zucker et al., (2018) também propôs um sistema cognitivo de gerenciamento de energia. A solução apresentada propõe gerar, avaliar e executar estratégias de controle, e encontrar soluções de controle ideais, recebendo as informações de uma base de conhecimento que fornece as referências semânticas necessárias e são transformadas em soluções.

Considera-se agora a interatividade com o usuário um aspecto importante para entender o comportamento das edificações (Rinaldi et al., 2018). Com o crescimento acentuado das informações, percebe-se a utilidade que esses dados têm para montar soluções mais otimizadas. Pasini et al., (2016) definiu um framework para gerenciamento das informações de todas as operações que podem ser captadas por sensores do edifício em tempo real, apresentando um feedback a todos os stakeholders do edifício. Outra iniciativa promissora foi a criação de um aplicativo móvel, que coletava informações de sensores como parâmetros higrotérmico, iluminância, CO² e composto orgânico volátil -

VOC (Rinaldi et al., 2016). O mesmo projeto apresentado por Rinaldi, teve o aplicativo atualizado, agora com a aplicação de recursos de análises de dados (Rinaldi et al., 2018).

Hoje os edifícios também podem ser entendidos como um exemplo de sistemas IoT complexos, devido a fatores como, geração de dados, interação, adaptabilidade, entre outros (Ploennigs et al., 2018). E a proposta atual é tentar abstrair de todas as instalações físicas das edificações, a maioria de informações que possam auxiliar para a promoção da qualidade de vida e a produtividade dos negócios (Xu et al., 2019). E para alcançar a otimização da privacidade dos usuários, Cadena et al., (2019), introduz a aplicação de sensores ultrassônicos para monitorar a ocupação dos usuários em um espaço de uma edificação, sem a necessidade de recursos mais invasivos.

Uma abordagem interessante é a redução dos custos de instalação da própria infraestrutura, abordado por Cadena et al., (2019). Similarmente a instalação de sensores wireless baixam os custos de instalação de infraestrutura, sendo essa a aplicação de Ibanez et al., (2019), para a monitoração da saúde estrutural - SHM de um edifício. O trabalho foi desenvolvido como protótipo em laboratório.

No trabalho de Rinaldi et al., (2020) é proposto uma investigação para identificar questões relacionadas com a implementação de soluções cognitivas durante o processo de renovação de edifícios. A proposta também traz um projeto de elementos de construção inteligentes com capacidade integrada de gerar uma grande quantidade de dados tanto do consumo de energia como também da manutenção dos edifícios renovados.

Abordando a complexidade dos dados que são gerados, devido sua dimensão (Mezghani et al., 2017). Vassiliki et al., (2018), abordou a utilização de uma inovação da metodologia FCM - Fuzzy Cognitive Maps clássica, para aplicação em cálculo de consumo de energia. O objetivo deste trabalho é contribuir com a melhoria do comportamento energético dos edifícios, no esforço de resolver o problema do consumo irracional de energia das edificações.

Ainda, em outra perspectiva, interações mais básicas comercialmente aplicáveis ilustram ambientes como um supermercado o qual monitora o perfil de seus clientes presentes e permite oferecer ofertas instantâneas de produto baseado em suas preferências pessoais (Park et al., 2019). Liu et al., (2019) propôs um framework para extrair informações de geolocalização dos ocupantes de pontos de setores de estações de metrô urbanos, onde era manifestado algum interesse. Era o objetivo do estudo compreender o comportamento cognitivo nos pontos de tráfego de cada estação de metro.

A tabela 1 apresenta um resumo dos principais trabalhos abordados sobre edifícios cognitivos, de 2016 a 2020.

Tabela 1 – Resumo dos principais trabalhos relacionados à Edifícios Cognitivos

Ano	Trabalho	Autor
2016	Utilização de sensores para medir a concentração de VOC.	MacNaughton et al.
2016	Gerenciamento e economia de energia.	Zucker et al.
2016	Framework para gerenciamento das informações de todas as operações que podem ser captadas por sensores do edifício em tempo real.	Pasini et al.
2018	Utilização de sensores para medir concentração de contaminantes.	Boracchi et al.

2018	Gerenciamento e economia de energia com processamento cognitivo	Zucker et al.
2018	Aplicativo móvel com coleta de informações com vários parâmetros, e Inteligência Artificial.	Rinaldi et al.
2018	Metodologia FCM - Fuzzy Cognitive Maps clássica, para aplicação em cálculo de consumo de energia	Vassiliki et al.
2019	Aplicação de sensores ultrassônicos para monitorar a ocupação dos usuários em um espaço de um edifício	Cadena et al.
2019	Aplicação para a monitoração da saúde estrutural - SHM de um edifício	Ibanez et al.
2019	Framework para extrair informações de geolocalização dos ocupantes de pontos de setores de estações de metrô urbanos, onde era manifestado algum interesse.	Liu et al.
2020	Projeto de elementos de construção inteligentes com capacidade integrada de gerar uma grande quantidade de dados	Rinaldi et al.

2.2. Consumer Internet of Things (CloT)

A CloT torna-se o arcabouço dos edifícios cognitivos, onde a maior parte das tecnologias envolvidas na CloT estão sendo empregadas nos edifícios cognitivos. As pesquisas sobre internet das coisas estão concentradas atualmente em como fazer com que os objetos desenvolvam os mesmos aspectos sensoriais humanos (Wu et al., 2014). Wu propôs uma estrutura operacional de CloT, caracterizada nas cinco principais interações da CloT, ciclo de percepção-ação, análise de dados massivos, derivação semântica, tomada de decisão inteligente e fornecimento de serviços por demanda. Scheffer et al., (2019) sugere a utilização de padrões abertos de dados para democratizar o compartilhamento e sua evolução. Sieber et al., (2015), anteriormente já discutia o gerenciamento e segurança de dados abertos.

Inspirados no sistema nervoso humano e nas habilidades cognitivas, Mezghani et al., (2017), desenvolveu um sistema CloT de monitoramento cognitivo flexível para gerenciar a saúde de pacientes baseado em dispositivos vestíveis heterogêneos. Alhussein et al., (2018), propôs um framework CloT para monitoração e detecção de crises epiléticas. A proposta de Alhussein fazia o monitoramento por sensores inteligentes utilizados na saúde e para detectar as crises epiléticas, aplicava técnicas de deep learning. Já, Devi et al., (2019) desenvolveu um sistema CloT de monitoramento de doenças cardíacas. Na sua proposta, é feito o monitoramento do paciente por sensores ECG, sendo enviados os dados em tempo real, para um módulo de Rede Neural Convolucional. Após a análise dos dados eram enviados para o médico que acompanhava o paciente.

Componente importante na CloT, os sensores são responsáveis pela geração das informações, e apresentam uma variedade de dispositivos. Cicirelli et al., (2014), abordou o problema de heterogeneidade de dispositivos utilizando a fusão de sensores, utilizando a plataforma Rainbow single-board computer. Já Foukalas (2020), traz uma abordagem em camadas como sugestão de contorno do problema da interoperabilidade de dispositivos diferentes. A necessidade da expansão da análise cognitiva para melhorar os serviços, seja em qualquer área de atuação da IoT (Jalali et al., 2017). Hoje a infinidade de dispositivos inteligentes conectados traz a necessidade de técnicas de inteligência

artificial, para a resolução de problemas com ou sem a interferência humana (Rajeshwari et al., 2020).

A tabela 2 apresenta um resumo dos principais trabalhos abordados sobre CloT.

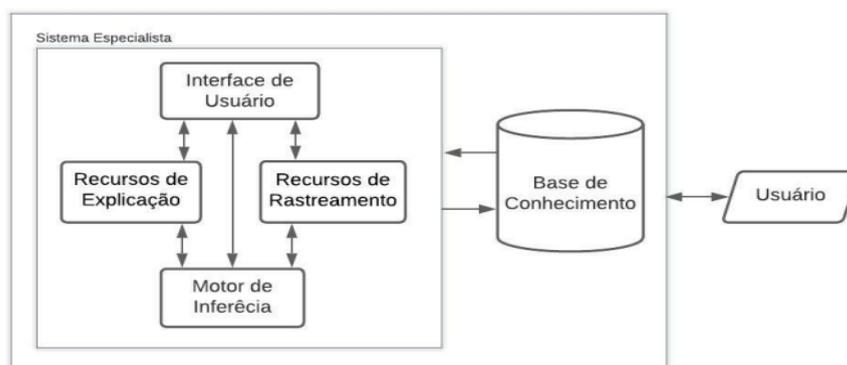
Tabela 2 – Resumo dos principais trabalhos abordando CloT

Ano	Trabalho	Autor
2014	Proposta de estrutura operacional de CloT, caracterizada nas cinco principais interações da CloT, ciclo de percepção-ação, análise de dados massivos, derivação semântica, tomada de decisão inteligente e fornecimento de serviços por demanda.	Wu et al.
2014	Abordagem do problema de heterogeneidade de dispositivos utilizando a fusão de sensores, utilizando a plataforma Rainbow single-board computer.	Cicirelli et al.
2015	Estudo sobre gerenciamento e segurança de dados abertos	Sieber et al.
2018	Sistema CloT de monitoramento cognitivo flexível para gerenciar a saúde de pacientes baseado em dispositivos vestíveis heterogêneos.	Alhussein et al.
2019	Desenvolvimento de sistema CloT de monitoramento de doenças cardíacas.	Devi et al.
2019	Estudo sobre padrões abertos de dados.	Scheffer et al.
2020	Abordagem em camadas como sugestão de contorno do problema da interoperabilidade de dispositivos diferentes.	Foukalas

2.3. Sistemas Especialistas

Sistemas especialistas são sistemas capazes de oferecer soluções para problemas específicos em um determinado domínio, ou são capazes de aconselhar da mesma forma e no mesmo nível comparável ao dos especialistas na área (Fink et al., 1985) (Farah et al., 1991). A demanda por utilizar sistemas especialistas começa depois da percepção de que o desempenho destes sistemas pode muitas vezes superar o de especialistas humanos (Lucas et al., 1991). Ao longo dos tempos os sistemas especialistas foram evoluindo nas mais diversas aplicações (Furnival 1995). A figura 1 ilustra a estrutura global de um sistema especialista.

Figura 1 - Estrutura global de um sistema especialista



O desenvolvimento de um Sistema Especialista puro é uma tarefa que em alguns casos torna-se complexa, por envolver diversos módulos distintos, técnicas de lógica e inferências. Por esse motivo utiliza-se Núcleos de Sistemas Especialistas (NSE) ou Shells (Luna, 2007). Duan et al., (2004), fez um estudo onde abordou as questões associadas ao design, desenvolvimento e uso de sistemas especialista baseados na web. Considerando três sistemas especialista baseado na Web: WITS-advisor, Fish-Expert e IMIS. Já Fayek et al., (2005) ilustrou a aplicação de Sistemas Especialistas à modelagem de um problema prático, prever a produtividade de atividades da construção industrial.

NSE ou Shells são ferramentas que permitem a prototipagem rápida de um Sistema Especialista, e tem a utilidade de demonstrar a viabilidade da construção de um Sistema Integral posteriormente (Barreto, 2007). Inspirando em ferramentas Shells, o laboratório de inteligência artificial da Universidade Federal do Ceará (LIA-UFC), desenvolveu o Expert SINTA. Um software livre com a função de auxiliar especialistas em várias áreas, a criar o próprio Sistema Especialista (Spirlandelli et al., 2011).

Utilizando o Expert SINTA como ferramenta Buccieri et al., (2020), propôs a aplicação um protótipo de Sistema Especialista, para ser utilizado na previsão de falhas de oleodutos terrestres. Auxiliando na implantação da Indústria 4.0. Bagozzo (2020), evidenciou a facilidade e utilidade do uso do Expert SINTA, criando um Sistema Especialista para verificação das condições climáticas para definir a realização de um jogo de futebol.

No leque dos Sistemas Especialista estão contidas as seguintes categorias: baseados em regras; sistemas baseados em quadros; sistemas híbridos; sistemas baseados em modelos; sistemas em tempo real. Sendo o sistema baseado em regras o mais usado pela medicina. Nele inclui-se sistemas como, AAHelp, INTERNIST I, MYCIN, CASNET, PIP, ABEL, OCONCIN, DXplain, QMR, (Jadhav et al., 2014). O crescimento de interesse em Sistemas Especialista dá-se pelo seu impacto direto na vida do homem. Tem-se usado para resolução de problemas complexos nas mais variadas áreas, com a abstração da cognição humana (Abu-Nasser, 2017).

A tabela 3 apresenta um breve resumo dos principais trabalhos abordados sobre Sistemas especialista.

Tabela 3 – Resumo dos principais trabalhos abordando Sistemas Especialistas

Ano	Título	Autor
2004	Estudo abordando as questões associadas ao design, desenvolvimento e uso de sistemas especialista baseados na web.	Duan et al.
2005	Ilustra a aplicação de Sistemas Especialistas à modelagem de um problema prático, para prever a produtividade de atividades da construção industrial.	Fayek et al.
2007	Criação de um Shell para desenvolvimento de Sistemas Especialistas na área de saúde.	Barreto
2007	Abordagem demonstrativa das tecnologias que envolvem a inteligência artificial aplicada à automação industrial.	Luna
2011	Estudos práticos com Expert SINTA.	Spirlandelli et al.
2014	Revisão da aplicação de sistemas especialistas na Medicina	Jadhav et al.

2017	Pesquisa sobre Sistemas Especializados Médicos	Abu-Nasser
2020	Aplicação de um protótipo de Sistema Especialista, para ser utilizado na previsão de falhas de oleodutos terrestres.	Buccieri et al.
2020	Criação de um Sistema Especialista para verificação das condições climáticas para definir a realização de um jogo de futebol.	Bagosso

3. Conclusão

A proposta desta pesquisa foi de levantar o maior número de informações possíveis sobre Sistemas Especialista e suas relações adjacentes com os Edifícios Cognitivos. Procurou-se mostrar quais as propostas de tecnologias utilizadas em Edifícios Cognitivos atualmente e tentando abranger um ambiente de Inteligência Artificial, com o objetivo de trazer os Sistemas Especialistas a uma percepção mais próxima da CloT e os Edifícios Cognitivos.

Mostrou as tendências que circundam a CloT com abordagens no Aprendizado de Máquinas e que podem ser aplicados aos Edifícios Cognitivos. Percebe-se uma possibilidade de aplicação de Sistemas Especialista sugerida de forma sucinta. Coloca-se que as informações geradas pelos edifícios devem ser analisadas por Inteligência Artificial. Nessa abordagem, temos também a abrangência da autonomia dos sistemas o que se percebeu como a busca da versatilidade dos sistemas em conseguir tomar decisões para otimização de edifícios, em dados gerados na própria infraestrutura. Esses conceitos convergem para aplicação dos Sistemas Especialista.

Muito abrangente a seara da CloT, com muitos recursos tecnológicos e uma variedade imensa de aplicabilidade nas áreas diversas, e padrões convencionais de comunicação. A geração de dados pelos sensores é um campo muito vasto que pode despende um tempo longo de estudos e pesquisas. Mostra-se a antropomorfização da CloT e as possibilidades de aplicações de Aprendizado de Máquina. Com o estudo vê-se uma oportunidade de aplicação de Sistemas Especialistas de forma implícita. Traz-se mais uma vez a possibilidade de explorar as técnicas da Inteligência Artificial de forma holística. A quantidade de dados que é gerada e de forma constante, abre um precedente interessante para estudo de aprendizado de máquina, gerando muitas oportunidades de pesquisa e implementações.

Pela pesquisa realizada, coloca-se como sugestão trabalhar com aplicações que possam utilizar os recursos de Sistemas Especialistas, Aprendizado de Máquina, Big Data e as possíveis tecnologias que estejam alinhadas à Inteligência Artificial. A gama massiva de dados que está disponível para se trabalhar na CloT pode sugerir soluções especializadas, com sugestões para interatividade humana e funcionamento autônomo dos edifícios.

Referências

- ABU-NASSER, B. S. **Medical Expert Systems Survey**. v. 1, p. 1-7, 2017.
ADESINA, T. OSASONA, O. **A Novel Cognitive IoT Gateway Framework: Towards a Holistic Approach to IoT Interoperability**. p. 1-6, 2019.

ALHUSSEIN, M. MUHAMMAD, G. HOSSAIN, M. S. AMIN, S. U. **Cognitive IoT-Cloud Integration for Smart Healthcare: Case Study for Epileptic Seizure Detection and Monitoring.** p. 1-12, 2018.

BALAJI, B. BHATTACHARYA, A. FIERRO, G. GAO, J. GLUCK, J. HONG, D. JOHANSEN, A. KOH, J. PLOENNIGS, J. AGARWAL, Y. BERGES, M. CULLER, D. GUPTA, R. K. KJÆRGAARD, M. B. SRIVASTAVA, M. WHITEHOUSE, K. **Brick: Metadata Schema For Portable Smart Building Applications.** p. 1-58, 2018.

BARRETO, L. S. C. **SHELL PARA DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS NA ÁREA DE SAÚDE.** Manaus, 117 p., 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas.

BEGOSSO, L. C. **Sistemas Especialistas: Explorando o Expert Sinta.** Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqPics/1911550412P960.pdf>> Acesso em: 30 ago. 2021.

BORACCHI, G. MICHAELIDES, M. ROVERI, M. **A Cognitive Monitoring System for Detecting and Isolating Contaminants and Faults in Intelligent Buildings.** p. 1-15, 2018.

BUCCIERI, G. P. MUNIZ Jr, J. BALESTIERI, J. A. P. MATELLI, J. A. **Expert Systems and knowledge management for failure prediction to onshore pipelines: issue to Industry 4.0 implementation.** p. 1-19, 2020.

CADENA, J. D. B. MORETTI, N. POLI, T. CECCONI, F. R. **Low-cost sensor network in cognitive buildings for maintenance optimisation.** p. 1-11, 2019.

CICIRELLI, F. SPEZZANO, G. **Concept hierarchies for sensor data fusion in the cognitive IoT.** p. 1-7, 2020.

CHENG, J. CHEN, W. TAO, F. LIN, C. **Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing.** p. 1-10, 2018.

DEVI, K. G. R. R. CHOZHAN, R. M. MURUGESAN, R. **Cognitive IoT Integration for Smart Healthcare: Case Study for Heart Disease Detection and Monitoring.** p. 1-6, 2019.

DUAN, Y. EDWARDS, J. S. XU, M. X. **Web-based expert systems: benefits and challenges.** p. 1-13, 2004.

FARAH, B. N. HIGBY, M. A. **The status of marketing information systems, decision support systems and expert systems in the marketing function of U.S. firms.** p. 1-17, 1991.

FAYEK, A. R. ODUBA, A. **Predicting Industrial Construction Labor Productivity Using Fuzzy Expert Systems.** p. 1-4, 2005.

FINK, P. K. LUSTH, J. C. DURAN, J. W. **A General Expert System Design for Diagnostic Problem Solving.** p. 1-8, 1985.

FOUKALAS, F. **Cognitive IoT platform for fog computing industrial applications.** v 87, p. 1-13, 2020.

FURNIVAL, A. C. **Delineando as limitações: sistemas especialistas e conhecimento tácito.** v. 24, n 2, p. 1-12, 1995.

IBANEZ, S. P. FITZ, T. SMARSLY, K. ASCE, M. A **Semantic Model for Wireless Sensor Networks in Cognitive Buildings.** p. 1-8, 2019.

JADHAV, V.S. SATTIKAR, A. A. **REVIEW of Application of Expert Systems in the Medicine.** p. 1-3, 2014.

JALALI, F. SMITH, O. J. LYNAR, T. SUITS, F. **Cognitive IoT Gateways: Automatic Task Sharing and Switching between Cloud and Edge/Fog Computing.** p. 1-3, 2017.

LIU, K. QIU, P. GAO, S. LU, F. JIANG, J. YIN, L. **Investigating urban metro stations as cognitive places in cities using points of interest.** p. 1-13, 2019.

LUCAS, P. J. F. GAAG, L. C. **Principles of Expert Systems.** Amsterdam : Addison-Wesley, 1991. p. 2-5.

LUNA, A. L. R. **Sistema Especialista aplicado à Automação Industrial.** p. 1-8, 2007.

MACNAUGHTON, P. SATISH, U. LAURENT, J. G. C. FLANIGAN, S. VALLARINO, J. COULL, B. SPENGLER, J. D. ALLEN, J. G. **The impact of working in a green certified building on cognitive function and health Building and Environment.** v. 114, n. 1, p. 1-9, 2017.

MEZGHANI, E. EXPOSITO, E. DRIRA, K. **A Model-Driven Methodology for the Design of Autonomic and Cognitive IoT-Based Systems: Application to Healthcare.** p. 1-11, 2017.

NGWENYA, M. NGOEPE, M. **A framework for data security, privacy, and trust in “Consumer internet of things” assemblages in South Africa.** p. 1-10, 2020.

PARK, J. SALIM, M.M. JO, J.H. SICATO, J. C. S. RATHORE, S. PARK, J. H. **CloT-Net: a scalable cognitive IoT based smart city network architecture.** p. 1-20, 2019.

PASETTI, M. RINALDI, S. FLAMMINI, A. TAGLIABUE, L. C. CIRIBINI, A. C. ZANONI, S. **Metrological Issues in the Integration of Heterogeneous IoT Devices for Energy Efficiency in Cognitive Buildings.** p. 1-6, 2018.

PASINI, D. VENTURA, S. M. RINALDI, S. CAMILLO, A. L. **Exploiting Internet of Things and Building Information Modeling Framework for Management of Cognitive Buildings.** p. 1-6, 2016.

PLOENNIGS, J. BA, A. BARRY, M. **Materializing the Promises of Cognitive IoT: How Cognitive Buildings Are Shaping the Way.** vol. 5, no. 4, p. 1-8, 2018.

RAJESHWARI, M. KRISHNA, P. K. **Application of IoT in Analyzing Cognitive Skills of Students-A Systematic Literature Review.** p. 1-26, 2020.

RINALDI, S. BITTENBINDER, F. LIU, C. BELLAGENTE, P. TAGLIABUE, L. C. CIRIBINI, A. L. C. **Bi-Directional Interactions between Users and Cognitive Buildings by means of Smartphone App.** p. 1-6, 2016.

RINALDI, S. FLAMMINI, A. PASETTI, M. TAGLIABUE, L. C. CIRIBINI, A. C. ZANONI, S. **Metrological Issues in the Integration of Heterogeneous IoT Devices for Energy Efficiency in Cognitive Buildings.** p. 1-6, 2018.

RINALDI, S. FERRARI, P. FLAMMINI, A. PASETTI, M. TAGLIABUE, L. C. CIRIBINI, A. C. MARTINELLI, F. MANGILI, S. **A Cognitive Strategy for Renovation and Maintenance of Buildings through IoT Technology.** p. 1-6, 2020.

SCHEFFER, M. KÖNIG, M. TAGLIABUE, L. C. CIRIBINI, A. L. C. RINALDI, S. PASETTI, M. **Evaluation of Open Data Models for the Exchange of Sensor Data in Cognitive Building. Brescia.** p. 1-6, 2018.

SIEBER, R. E. JOHNSON, P. A. **Civic open data at a crossroads: Dominant models and current challenges.** p. 1-8, 2015.

SILVA, A. C. N. BROTTI, K. C. N. S. CASTRO, S. A. **A Inteligência Artificial e os Sistemas Especialistas aplicados à produção.** p. 1-20, 2014.

SPIRLANDELLI, L. P. SANTOS, G. H. D. RODRIGUES, L. BANDOS, M. F. C. **Sistemas Especialistas: Um estudo de caso com o Expert Sinta.** V. 1, p. 1-16, 2011.

STEVAN JR, S. L. SANTOS, M. M. D. LEME, M.O. **Indústria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações.** Ponta Grossa: Erica, 2018.

VASSILIKI, M. PETER, G. P. **Increasing the Energy Efficiency of Buildings using Human Cognition; via Fuzzy Cognitive Maps.** p. 1-6, 2018.

WU, Q. DING, G. XU, Y. FENG, S. DU, Z. WANG, J. LONG, K. **Cognitive Internet of Things: A New Paradigm beyond Connection.** p. 1-16, 2014.

VINNARASI A. SANGEETHA M. **Comfort Cognitive IoT for Efficient Monitoring and Predictive in Building Management Systems.** p. 1-5, 2021.

ZUCKER, G. WENDT, A. SIAFARA, L. SCHAAT, S. **A Cognitive Architecture for Building Automation.** p. 1-6, 2016.

ZUCKER, G. SPORR, A. KOLLMANN, S. WENDT, A. SIAFARA, L. C. FERNBACH, A. **A Cognitive System Architecture for Building Energy Management.** v. 14, n. 6, p. 1-9, 2018.

XU, J. LU, W. XUE, F. CHEN, K. **'Cognitive facility management': Definition, system architecture, and example scenario.** p. 1-10, 2019.