

## **INDÚSTRIA 4.0, CIDADE INTELIGENTE E SOCIEDADE 5.0: COMPREENSÃO A PARTIR DOS DIAGRAMAS DE ENERGIA DE SISTEMAS**

**Prof Ms. Carvalho, L. A.** - Universidade Paulista – UNIP

luiz.carvalho@docente.unip.br

**Prof Ms. dos Santos, H. A.** - Universidade Paulista – UNIP

heltonalmeidasantos@gmail.com

**Prof Dra. Bonilla, S. H.** - Universidade Paulista – UNIP

Silvia.bonilla@docente.unip.br

**Prof Dr. Sacomano, J. B.** - Universidade Paulista – UNIP

jose.sacomano@docente.unip.br

### **Resumo**

Os diagramas de energia de sistema permitem compreender como interagem os fluxos de energia, materiais e informações desde o ponto de vista sistêmico. Eles são adotados no presente trabalho para melhorar a compreensão de três fenômenos atuais, Indústria 4.0, cidade inteligente e Sociedade 5.0, os três com grande suporte na conectividade e nas tecnologias disruptivas. Eles implicam em pensar sobre partes, processos e conexões. Os diagramas permitiram evidenciar que os componentes presentes e suas funções são análogos em todos os sistemas em estudo. A presença intensiva de fluxos de informação de vários tipos permeia a retroalimentação nos depósitos internos e age liberando ou selecionando quantidade e/ou tipo de materiais, bens, energia e até trabalho humano. Evidencia-se variedade de fluxos de informação com diferentes características.

A informação apresenta diferente tipo e grau de organização, e diferentes origens, mas todas em menor ou maior grau efetuam retroalimentação na produção de produtos ou serviços de forma intensiva. A intensidade de fluxos de informação na Sociedade 5.0 é elevada e forma uma rede mais complexa, propiciando outras retroalimentações entre os subsistemas e uma presença mais ativa e com peso maior dos fluxos vindos do consenso dos habitantes

Palavras chaves: Indústria 4.0; Cidades Inteligentes; Sociedade 5.0; Tecnologias Disruptivas; Diagramas de Energia de Sistemas.

### **Abstract**

System energy diagrams make it possible to understand how energy, material, and information flows interact from a systemic point of view. They are adopted here to improve the understanding of three current phenomena, Industry 4.0, smart city, and Society 5.0, the three with great support in connectivity and disruptive technologies. It involves thinking about parts, processes, and their connections. The diagrams showed that the components present and their functions are analogous for all the systems under study. The intensive presence of information flows of various types permeates the feedback in internal storages and acts by releasing or selecting quantity and/or type of materials, goods, energy, and even human labor. A wide variety of information flows of different characteristics is evidenced. Information presents different type and degree of organization and also different nature, but all to a lesser or greater degree provide intensive feedback on the production of products or services. The intensity of information flows in Society 5.0 seems high and forms a more complex network, providing other feedbacks between the subsystems and a more active presence and with a greater weight of the flows coming from the consensus of the inhabitants.

Keywords: Industry 4.0; Smart cities; Society 5.0; Disruptive Technologies; Energy Systems Diagrams.

## Introdução

Compreender o meio ambiente e a sociedade desde o ponto de vista sistêmico implica em pensar sobre partes, processos e conexões. Para ajudar a entender os sistemas, sejam eles naturais ou modificados pelo homem, é útil elaborar diagramas de redes que mostram seus componentes e relacionamentos. Com um diagrama de sistema, podemos transportar essas imagens do sistema para a mente e compreender como interagem os fluxos de energia, materiais e informações (Odum, 1996).

Os diagramas de energia de sistemas servem-se de uma linguagem de símbolos que surge da termodinâmica de sistemas abertos, a teoria geral dos sistemas e da simulação (Brown, 2004).

Três fenômenos, Indústria 4.0, cidade inteligente e Sociedade 5.0, que surgem da integração dos sistemas com a Transformação digital, serão explorados no presente artigo mediante a elaboração dos diagramas de energia de sistemas. É importante destacar que a adoção da transformação digital deu lugar à criação de novos valores, novos negócios e novos produtos e serviços.

Ela é aplicada em diversos setores, domínios, dimensões e com diversos objetivos.

Embora todos esses sistemas que integraram a transformação digital, ainda apresentem várias visões e definições, eles possuem alguns aspectos em comum: o emprego das tecnologias disruptivas para atingir objetivos específicos.

Compreender os fenômenos permite prever e prever mudanças e impactos que eles podem provocar ou promover nas diferentes esferas da sociedade. O uso de diagramas de sistemas (Odum, 1996), amplamente usado para entender sistemas ecológicos, industriais e sociais (Brown, 2004) é escolhido no presente trabalho para observar diferenças e semelhanças que surgem da adoção da transformação digital nesses três casos.

Para que a comparação fique mais concreta, adotou-se como exemplo de Indústria 4.0 o chão de fábrica de uma empresa que opera dentro desse paradigma para fabricar produtos customizados em ambiente flexível. Como exemplo de Cidade Inteligente, a mobilidade urbana inteligente. A Sociedade 5.0 considerou-se globalmente por ser na sua conceituação uma aplicação completa na sociedade.

O artigo se organiza da seguinte forma: breve resenha teórica das principais descrições dos três fenômenos objetos de estudo para poder caracterizá-los em função da origem e força propulsora, tecnologias adotadas e objetivos perseguidos. Segue a seção de metodologia, onde se inclui breve base teórica assim como o procedimento operacional para elaborar os diagramas de energia de sistemas. Nessa seção se apresentam os exemplos selecionados. Na seção de resultados e discussão se inclui a elaboração de cada diagrama para cada fenômeno e a partir da comparação deles, compreender as diferenças e semelhanças e elaborar conhecimento que permita prever cenários e desenvolver a visão de futuro quando as indústrias, cadeias de suprimentos, cidades e serviços sejam intensamente digitalizados. Por último se conclui e se comentam também as limitações de trabalho.

## **Breve apresentação dos conceitos indústria 4.0, cidade inteligente e sociedade 5.0**

### **Industria 4.0**

O conceito de Industria 4.0 tem origem de um projeto da indústria alemã, denominado Plattform Industrie 4.0 (Plataforma Industria 4.0), com uma iniciativa do governo local em 2011 na feira de Hannover. (Bonilla et al., 2018). A Industria 4.0 está baseada na integração de tecnologias de informação e comunicação que permite gerar novas estratégias e modelos de negócios para a indústria com possibilidades de novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, sendo isso, considerado a Quarta Revolução Industrial ou o Quarto Paradigma da Produção Industrial (Sacomano et al., 2018).

A base de integração de tecnologias de informação e comunicação, que a Industria 4.0 faz parte foi gerado pela revolução das Tecnologias de Informações e Comunicação (TIC), que é formado pela Internet of Things (IOT) e Internet of Services (IoS), que conectam as indústrias através de sua rede de cadeia de suprimentos e a operação industrial é apoiada em sistemas ciberfísicos (CPS). (Kagermann, et al., 2013; Muller, et al., 2018)

Diferente das demais revoluções industriais, a Indústria 4.0 mesmo em seu período inicial tem resultados visíveis, possibilitando a otimização da produção e a redução do consumo de energia através da grande quantidade de dados. Com a possibilidade de coleta e avaliação de grande quantidade de dados de várias fontes diferentes em

tempo hábil vai se tornar procedimento padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real (Albertin et al., 2017). Dessa forma percebe-se a integração e a conexão entre os pilares da indústria 4.0 para resultarem uma melhoria a qualidade dos produtos e serviços de forma contínua, em que os investimentos trarão retorno ao longo do tempo devido aos benefícios em termos de agilidade e flexibilidade aos processos para atender um mercado cada vez mais exigente. (Becker, Adriano et al., 2018)

### **Cidade inteligente**

Nam e Pardo (2011) ajudaram a definir e clarear os conceitos-chaves de Cidade Inteligente através de 3 fatores principais: tecnológico, humano e institucional. O conceito é complexo enquanto aos domínios, já que integra a tecnologia (infraestrutura física, tecnologias inteligentes e virtuais e redes digitais) ao serviço de necessidades da cidade se considerando a governança, políticas, regulações e diretrizes.

Já Harrison et al. (2010) consideram que os conceitos fundamentais são: instrumentalização, interconexão e inteligência. A instrumentalização se refere a fontes de dados praticamente em tempo real extraídos de sensores físicos e virtuais. Interconexão envolve a integração dos dados numa plataforma e a comunicação dessa informação aos serviços urbanos. E por último, a inteligência, se refere à inclusão de modelamento analítico, otimização e visualização para permitir melhores decisões operacionais. Tudo permeado pela presença da TI. Assim, dados sobre trânsito, estatísticas sobre consumo de eletricidade, e eventos de segurança urbana, servem para otimizar serviços da cidade. O produto final é o uso ótimo dos recursos e da infraestrutura. Adicionalmente, a interação inteligente entre a cidade e os cidadãos contribui para melhorar a eficiência operacional e influencia positivamente na qualidade de vida (Harrison et al., 2010).

### **Sociedade 5.0**

A Sociedade 5.0 é o desenvolvimento do conceito da Indústria 4.0 levando em consideração os desafios sociais e induzidos pelo homem relevantes na direção de sua humanização, estendendo-se para além das fronteiras da transformação tecnológica e organizacional e econômica da produção industrial com base na

tecnologia de ponta projetos de desenvolvimento (Salimova et al., 2019). O plano básico de desenvolvimento científico e tecnológico do Japão foi aprovado por seu governo (5th Science and Technology Basic Plan, 2016) para determinar os problemas básicos que restringem um desenvolvimento sustentável e que influenciam negativamente o estado da Sociedade. Em primeiro lugar, é uma redução significativa da quantidade de mão de obra e seu envelhecimento, escalada da concorrência internacional, infraestrutura industrial exigindo renovação, calamidades naturais e terrorismo, problemas ambientais e escassez de recursos naturais. A solução desses problemas em particular foi usada como base para a criação da sociedade superinteligente, ou a Sociedade 5.0 sob os auspícios de Keidanren, a federação japonesa das grandes empresas (Keidanren, 2016). O termo 5.0 refere-se ao conceito que a 5.0 se continua da Sociedade 1.0 (caçadora), Sociedade 2.0 (agrícola), Sociedade 3.0 (industrial), e Sociedade 4.0 (informação). É também chamada de sociedade “super-inteligente”. Ela tem como objetivo um sistema socioeconômico sustentável, potencializado com as tecnologias digitais, tais como Big Data, IA, IoT e robótica. Os sistemas ciber físicos é uma tecnologia pervasiva que sustenta a Sociedade 5.0.

## **Materiais e Métodos**

### **Procedimento: linha de pensamento do trabalho.**

- i) Identificação por meio da pesquisa bibliográfica dos principais componentes que sustentam os 3 fenômenos em estudo, sejam eles tecnologias, materiais e energia, mão de obra, equipamentos, informação e conhecimento.
- ii) Elaboração dos diagramas de energia de sistemas. Elaboração conjunta pelos autores.
- iii) A partir da comparação deles, compreender as diferenças e semelhanças e elaborar conhecimento que permita prever situações futuras.

## **Diagrama de energia de sistemas.**

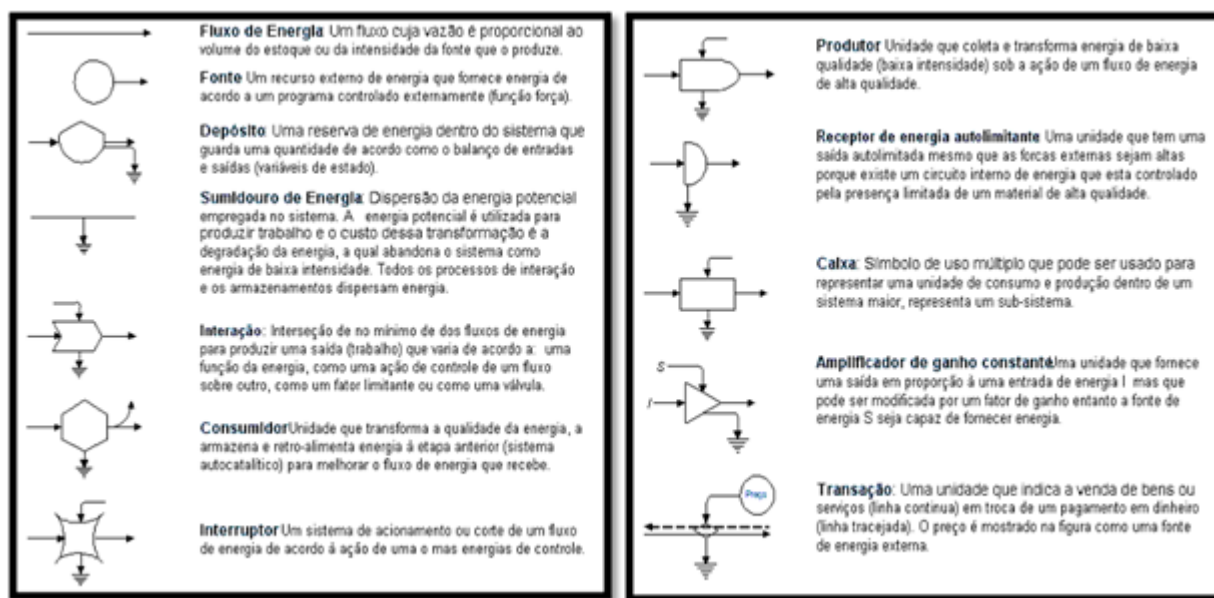
Apresentados por Odum (1996), têm como base a teoria de sistemas. Eles permitem entender os componentes e as relações entre eles que dão lugar a função do sistema.

Elaborar um diagrama de energia de sistema já permite a aprendizagem no processo de elaboração. É mencionado (Odum, 1996) que personas diferentes podem representar o sistema com múltiplas combinações. Mas que a etapa final é sintetizar, simplificar e reagrupar, nos componentes principais. No presente caso, focou-se nos componentes principais, já que é um estudo preliminar e não há estudos na literatura que tenham usado essa ferramenta para estudar estes fenômenos pelo que a comparação com artigos publicados fica restrita.

A sistemática começa com a definição da caixa (sistema) que não é necessariamente um limite estrutural nem físico, mas funcional. Entretanto podem coincidir limites físicos e funcionais. Após essa seleção, há que considerar os fluxos importantes. Os de entrada, os gerados dentro do sistema e os de saída. Após isso, há que considerar os componentes e os processos que se acredita são os principais dentro do sistema.

Os diagramas são construídos com uma simbologia própria com base na termodinâmica de sistemas abertos, na teoria geral dos sistemas e na simulação (Brown, 2004). A Figura 1 mostra um quadro com os símbolos usados nos diagramas. Não todos serão empregados aqui.

Figura 1: Símbolos usados nos diagramas de energia de sistemas e breve explicação do emprego dos mesmos (Ortega, 1997).



### Seleção dos exemplos a serem explorados.

Dentro dos casos de aplicação dos princípios de Indústria 4.0 se seleciona como exemplo o chão de fábrica digitalizado e flexível, onde produtos customizados são produzidos de acordo com as necessidades dos consumidores. Para exemplificar a Cidade Inteligente seleciona-se o exemplo da mobilidade urbana inteligente onde um serviço de boa qualidade é oferecido aos usuários. Outros poderiam ser usados, sensoriamento e controle de consumo de água, gestão de resíduos, processamento de resíduos e sua logística, etc. O uso de exemplos no lugar de elaborar os diagramas para os fenômenos de forma geral, acredita-se venha facilitar a identificação e determinação dos componentes e suas relações e dinâmicas que compõem os sistemas. Entretanto, espera-se que permitam sua extrapolação para explicar outros casos, exemplos, ou domínios de aplicação dentro dos fenômenos explorados.

### Resultados e discussão

A Figura 2 mostra o diagrama de energia de sistemas da Indústria 4.0, exemplo de chão de fábrica. A caixa considera no seu interior os componentes internos ao sistema. Os princípios da Indústria 4.0 promovem a troca de informação em tempo real o que permite a modificação rápida da produção assim como monitorar e controlar a linha de produção através de conexões entre máquinas, equipamentos, e a cadeia de

suprimentos. A troca de informação intensiva é representada no diagrama por inúmeros fluxos de informação, cabendo ressaltar que informação no presente caso, é considerada no sentido amplo do termo, que envolve desde dados brutos, informação já processada e até conhecimento humano. A coleção de dados obtidos a partir do funcionamento no chão de fábrica ajuda a otimizar a produção enquanto a materiais e energia, assim como sensores de vibração e outros permitem prever a manutenção do maquinário. O feedback vindo da integração dos diferentes fluxos de informação com as tecnologias (IoT, IoS, CPS, Big Data, Cloud) e a IA, seleciona e otimiza o uso de insumos, materiais e energia do componente “depósito”. Os SCF oferecem possibilidades múltiplas de automação e completa reestruturação dos processos, assegurando a flexibilidade e a re-configurabilidade do chão de fábrica. A manutenção preditiva com base na grande quantia de dados obtidos durante o funcionamento (vibração, consumo, acústicas), é feita a partir do uso das tecnologias de Big Data e IA.

Há integração de vários níveis, já que a integração de máquinas, sensores, interfaces com funcionários no chão de fábrica, permite a comunicação vertical dentro da empresa. A integração vertical, uma das capacidades que emergem da adoção das tecnologias disruptivas (Bonilla et al., 2018), é representada também no diagrama que permite troca de informação para e desde os sistemas de gestão ERP (Enterprise Resource Planning), CMM (Computerized Maintenance Management), MES (Manufacturing Execution Systems), e CRM (Customer Relationship Management). Os trabalhadores sofrem mudanças nas tarefas, daquelas mais braçais e repetitivas para aquelas que requerem de maior conhecimento. Observe-se que a mão de obra atua no processo produtivo representada por dois tipos de fluxo, um relativo ao trabalho propriamente dito e o outro que representa o conhecimento necessário para interatuar com as novas interfaces. Do consumidor parte um fluxo de informação que tem como finalidade especificar as características do produto personalizado que ele espera seja produzido. Também outros fluxos de informação (coleção de dados) entre consumidor e empresa contribuem a prever padrões. Os diferentes tipos de fluxos de informação não estão especificados no diagrama, apenas foi colocado um único tipo de fluxo de informação, mas que representa várias situações que podem estar presentes.

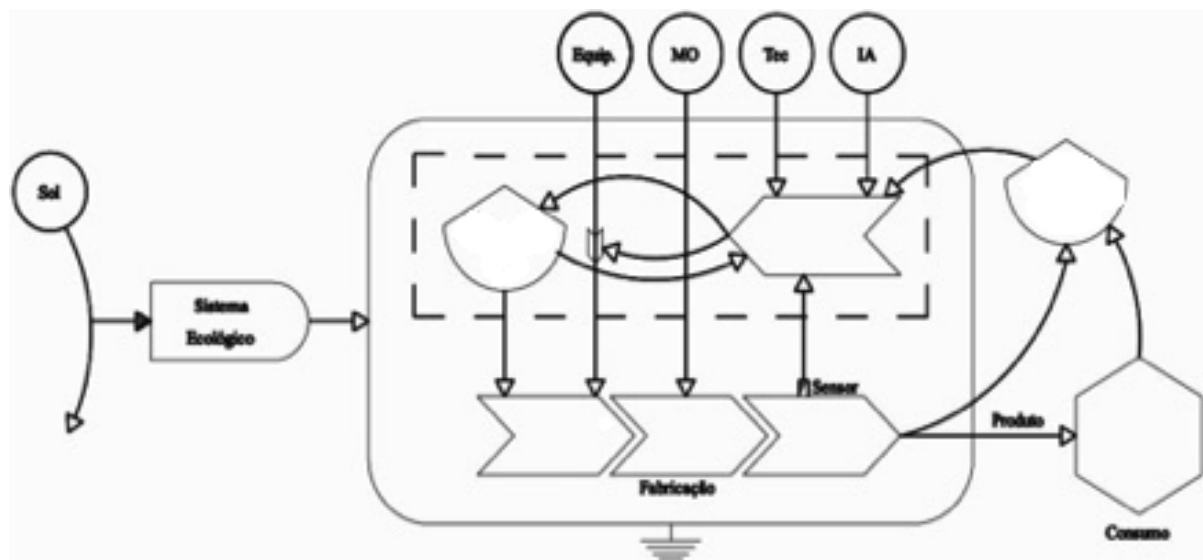


Figura 2 - Diagrama de Energia de Sistemas do chão de fábrica de uma empresa aderida aos princípios de Indústria 4.0.

Na tabela 1 se mostram os principais componentes, fluxos, interconexões e saídas que emergiram da elaboração do diagrama do chão de fábrica.

Tabela 1. Principais componentes, conexões, interações e saídas do chão de fábrica.

INDÚSTRIA 4.0	COMPONENTES	FLUXOS	RELAÇÕES	SÁIDAS
Chão de fábrica	<b>Fontes:</b> Equipamentos Mão de obra Tecnologias. IA.	Informação o/ dados brutos Informação o/ conhecimento Informação o/ dados tratados	Inter ação de fluxos diversos na fabricação	Produto customizado a preço razoável
	<b>Depósitos:</b> Material, energia, bens. Conhecimento dos sistemas de gestão. Conhecimento dos tomadores de decisão.	Informação o/ decisões Informação o/ clientes e consumidores	Inter ação de fluxos diversos de informação	
	<b>Interação:</b> Fabricação do produto. Tratamento das informações para retroalimentação.	Material Energia Trabalho humano	Feed back da informação resultante da interação para o “depósito”	
	<b>Consumidores</b>			

Tabela 1 como objetivo de salientar só o mais significativo, considerou-se como saída principal o produto customizado de acordo com o requerimento do consumidor. Entretanto, há outras saídas secundárias, informação e dados extraídos durante o processo de manufatura que podem ser úteis para a otimização contínua do processo e do produto.

Embora variadas definições de mobilidade inteligente, alguns aspectos são comuns: dados traduzidos em informação para suportar decisões, melhoras que minimizem as distancias, ser atrativo, preço razoável para o usuário e facilidade de uso, alinhamento com planejamento urbano, otimização de recursos (Lyons, 2016).

A Figura 3 mostra o diagrama de energia da mobilidade urbana inteligente. O diagrama de energia de sistemas mostra os principais componentes, fluxos, relações e saídas que são colocados de forma resumida na Tabela 2.

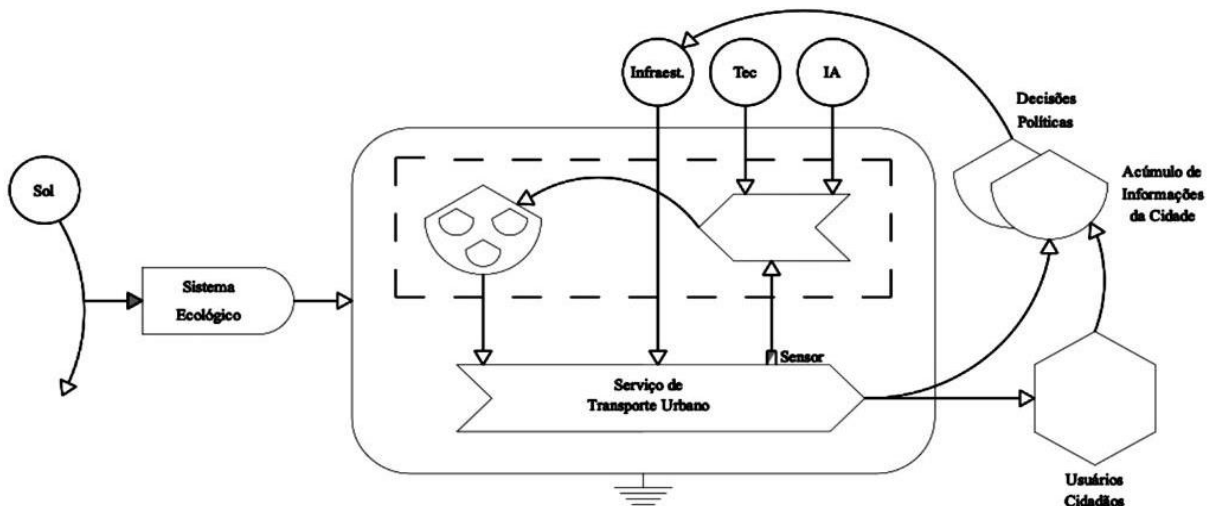


Figura 3 - Diagrama de Energia de Sistemas da mobilidade urbana no contexto da cidade inteligente.

É importante destacar que o arranjo geral do sistema mostra pontos em comum com o do chão de fábrica, no sentido de tipo de componentes, elevada densidade de fluxos de informação e tipo de interconexões. Também é importante destacar que os dois sistemas, embora isomorfos, atuam em domínios de espaço e tempo diferentes. Ambos sistemas apresentam o que acreditamos ser o ponto importante: a aquisição de dados (e geração de informação consequente) em tempo real, a alimentação do tratamento com esses fluxos além do vindo dos próprios usuários e dos extraídos pelos sensores ao longo da cidade, mais as decisões políticas que obviamente

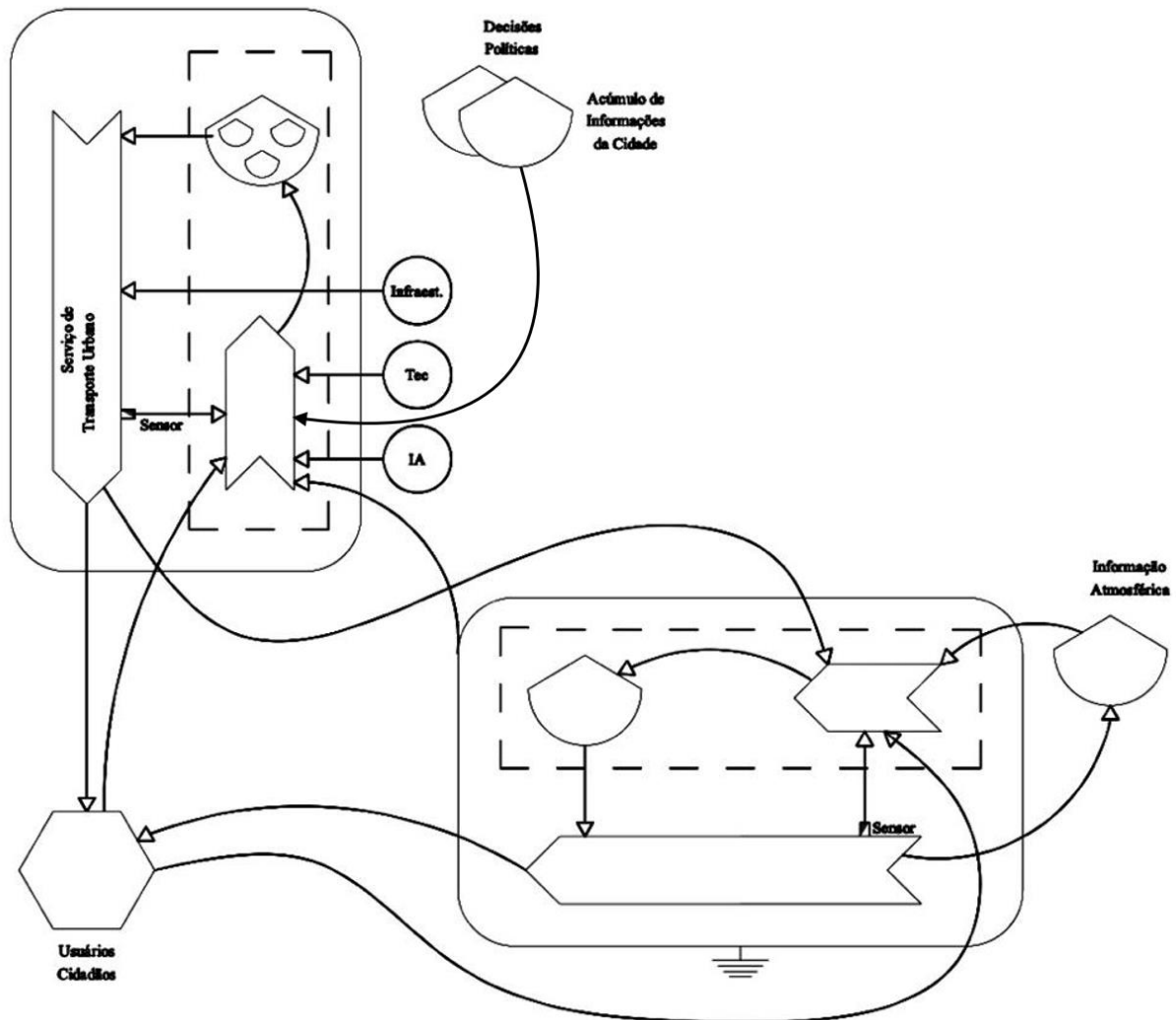
permeiam a saída da informação resultante, que retroalimenta o depósito composto de vários reservatórios (frotas de diversos veículos do transporte público, combustível, etc.). Esse depósito será ativado em função da informação resultante e liberará fluxos necessários de materiais, frota, motoristas, etc. para permitir a geração do serviço de mobilidade inteligente. A saída principal considera-se a consecução do serviço de qualidade para os usuários com otimização de recursos empregados.

**Tabela 2.** Principais componentes, conexões, interações e saídas de cada sistema

S MART CITY	COMPONENTES	FLUXOS	RELAÇÕE S	SAÍD AS
Mobilidade urbana inteligente	<b>Fontes:</b>	Informação	Interação de fluxos diversos para geração do serviço	Serviço de mobilidade de qualidade
	Infraestrutura Tecnologias. IA.	/dados brutos. Informação /dados tratados.		
	<b>Depósitos:</b>	Informação	Interação de fluxos diversos de informação	
	Frota de veículos, motoristas, estoque combustível, bens.	/usuários e cidadãos.		
	Estoque de informação	Informação /decisões políticas.	Feedback da informação resultante da interação para o “depósito”	
	urbana. Conhecimento dos tomadores de decisão e políticas públicas.	Material Frota diversa.		
	<b>Interação:</b>	Combustív el.		
	Geração do serviço de mobilidade inteligente.	Energia. Trabalho		
	Tratamento das informações para retroalimentação.	humano.		
	<b>Consumidores</b>			
Usuários, cidadãos				

A elaboração do diagrama da Sociedade 5.0 foi feito em duas etapas, propondo uma evolução a partir do conceito de cidade inteligente. Segundo Deguchi (2020) as cidades inteligentes geralmente exploram alguns nichos e possuem um direcionamento top-down com iniciativas do governo ou de grandes companhias, enquanto a Sociedade 5.0 tem como base uma tecnologia orientada ao ser humano (bottom-up). A diferença da Sociedade 5.0 é que busca integrar soluções para os problemas crônicos. A [Figura 4](#) mostra uma etapa evolutiva onde ocorre a integração entre diversas soluções, mas ainda não tem como base o consenso dos habitantes como direcionador na seleção e estabelecimento das prioridades. O diagrama representa uma primeira integração para observar os componentes, fluxos e relações entre de forma mais clara antes de representar a integração global. Foram representados a

título de exemplo dois subsistemas dentro da cidade inteligente, mobilidade e energia inteligentes.



**Figura 4** - Diagrama de Energia de Sistemas de uma fase inicial na evolução da integração de diferentes subsistemas inteligentes da cidade inteligente para atingir a Sociedade 5.0. Neste caso a título de exemplo representa-se a integração de dois subsistemas: mobilidade inteligente e smart grid.

Entretanto, acredita-se que o principal diferencial entre a evolução na integração inteligente de diversos sistemas que compõem a cidade inteligente e a Sociedade 5.0 seja a intervenção humana como direcionador do produto principal: resolver os problemas da maior parte da sociedade. Embora não necessariamente ausente no conceito de cidade inteligente, ele não é historicamente onipresente. Na Sociedade 5.0 entretanto, ele aparece nos princípios norteadores. Nas palavras do primer ministro e um dos ideólogos: “The essence of Society 5.0 is that it will become possible to quickly

elicit the suitable solution that meets the needs of the most individuals” -Shinzo Abe, Primer ministro japonês, na conferência “O futuro da Asia” em 2017.

A Figura 5 representa a Sociedade 5.0 onde é salientada a presença dos cidadãos que compõem a sociedade e de onde surge a força motora norteadora para integrar os sistemas e providenciar os serviços que contribuam para a maior parte da população. Para isso a identificação dos problemas crônicos da sociedade é necessária e para isso precisa-se de fluxos de dados e informação em vários níveis de gestão. Cada subsistema do diagrama representa aqueles serviços considerados relevantes, no caso da Sociedade 5.0 cunhada pelas necessidades da sociedade japonesa são: mobilidade, serviços públicos, infraestrutura, tecnologia financeira (fintechs e cashless), saúde inteligente.

Os subsistemas são análogos aos representados na Figura 4, entretanto o diagrama da Figura 5 apresenta alguns diferenciais. Cada subsistema está conectado entre si, além de serem alimentados por informação vinda do consenso dos cidadãos.

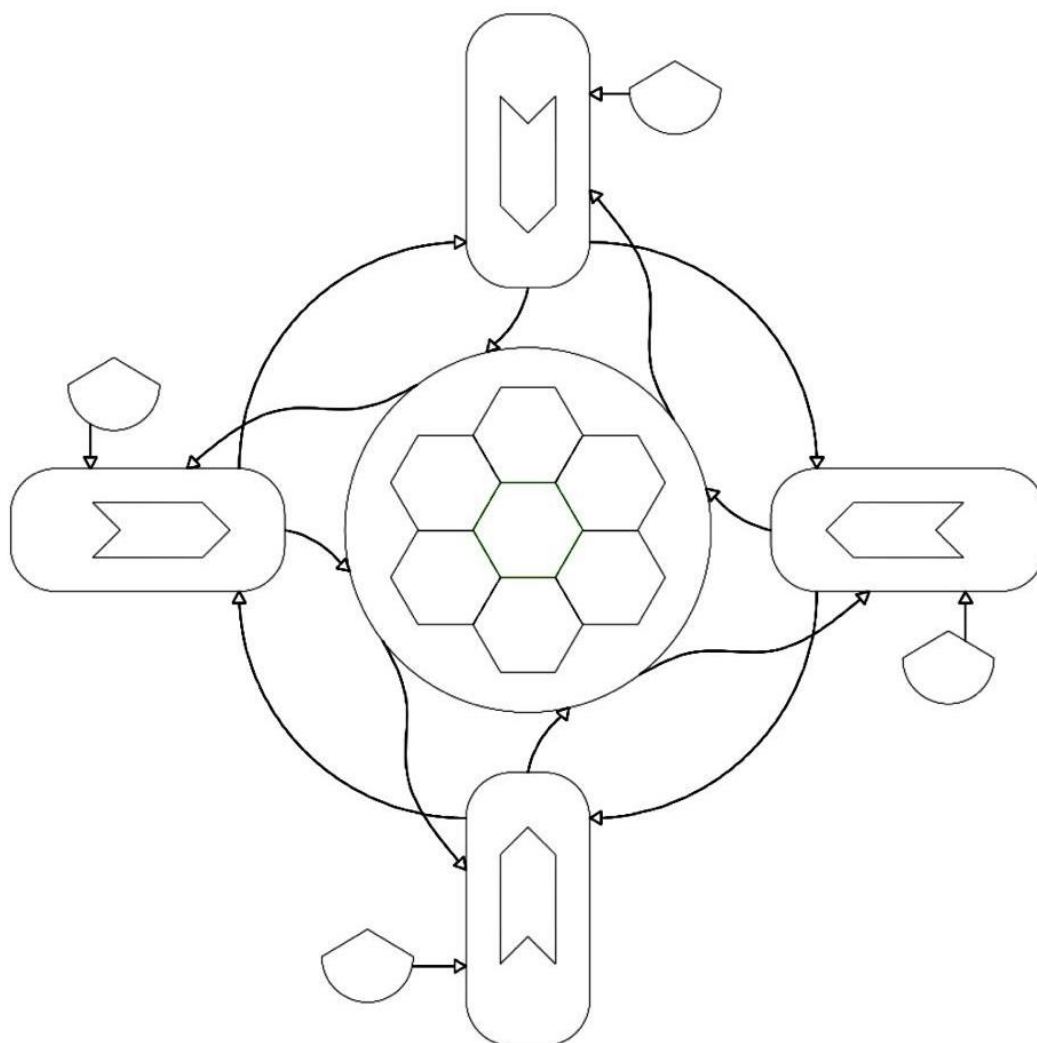



Figura 5 Diagrama de Energia de Sistemas da Sociedade 5.0. Os sistemas representados são genéricos, consideram-se aqueles necessários para melhorar os problemas crônicos da sociedade sob estudo.

A elaboração dos diagramas colocou em evidência a intensidade elevada de diversos fluxos de informação, além da integração dos mesmos e da função de retroalimentação que eles promovem. Na tabela 3 mostra-se um comparativo da natureza desses fluxos para os 3 fenômenos explorados. Foram organizados em internos ao sistema e externos. A direção da seta indica de forma intuitiva o aumento de organização do conteúdo dos fluxos de informação.

Tabela 3 mostra-se um comparativo da natureza desses fluxos para os 3 fenômenos explorados. A seta indica sentido do aumento da complexidade dos fluxos de informação

Fluxos de informação	Chão de fábrica	Mobilidade urbana	Sociedade 5.0
internos	sensores Dos depósitos Análise de dados	Do veículo/s Dos depósitos Análise de dados	
	IA	IA	Dos cidadãos (ex: Censo populacional) pesquisa
externos	Diretoria/gestão Clientes/consumidores	Informação urbana Decisões políticas Cidadãos/usuários	Integração global informação urbana Decisões políticas com base no bem-estar Consenso cidadãos



## Conclusões

A elaboração dos diagramas permitiu evidenciar que os componentes presentes e suas funções são análogos nos sistemas em estudo. A presença intensiva de fluxos de informação de vários tipos permeia a retroalimentação nos depósitos internos e age liberando ou selecionando quantidade e tipo de materiais, bens, energia e até trabalho humano. Reservatórios ou estoques externos de informação também influenciam na interação interna, contribuindo com pesos variados na retroalimentação.

A intensidade de fluxos de informação na Sociedade 5.0 é elevada e forma uma rede mais complexa, propiciando outras retroalimentações entre os subsistemas e uma presença mais ativa e com peso maior dos fluxos vindos do consenso dos habitantes.

## Referências

- ALBERTIN, M. R. et al. (2017). Principais Inovações Tecnológicas da Indústria 4.0 e suas Aplicações e Implicações na Manufatura. Universidade Federal do Ceará.
- BECKER, Adriano et al. (2018). Os conceitos da Indústria 4.0 associados a abordagem da capacidade dinâmica. Anais da Engenharia de Produção / ISSN 2594-4657, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 123 - 136. ISSN 2594-4657.
- BONILLA, Silvia H.; SILVA, Helton R. O.; TERRA DA SILVA, Marcia; FRANCO GONÇALVES, Rodrigo; SACOMANO, José B. (2018). Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges Sustainability, 10(10), 3740. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/su10103740>
- BROWN, M.T. (2004). A picture is worth a thousand words: energy systems language and simulation. Ecological Modelling 178 83–100.
- DEGUCHI, Atsushi. (2020) From Smart City to Society 5.0. Society 5.0, [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4_3)
- HARRISON, Colin; ECKMAN, Barbara; HAMILTON, R.; HARTSWICK, P.; KALAGNANAM, Jayant; PARASZCZAK, J.; WILLIAMS, R. (2010). Foundations for Smarter Cities. IBM Journal of Research and Development. 54. 1 - 16. 10.1147/JRD.2010.2048257.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0; National Academy of Science and Engineering: Munich, Germany.
- KEINDAREN (2016). Reform of the economy and society by the deepening of Society 5.0, [http://www.keidanren.or.jp/en/policy/2016/029\\_outline.pdf](http://www.keidanren.or.jp/en/policy/2016/029_outline.pdf)
- LYONS, Glenn. (2016). Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 115. 10.1016/j.tra.2016.12.001.

MÜLLER, J.M.; BULIGA, O.; Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 132, 2–17.

NAM, Taewoo; PARDO, Theresa. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *ACM International Conference Proceeding Series.* 282-291. 10.1145/2037556.2037602.

ODUM, Howard T. (1996). *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making* – Nova Iorque: Wiley, 384 p.:il.

ORTEGA, E., COMAR, V., GIOVANNA GARCIA, M. S., BUENO, I.C., LASERNA, I. A. R., Miluzzi, E. O., YUNES, G., ESPOSITO, E., (1997), *Ecosistemas e Políticas Públicas. Versão em português na Internet: Laboratório de Engenharia Ecológica Unicamp, CP 6121 Campinas-SP, Brasil -*  
<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm>

Report on the 5th Science and Technology Basic Plan,  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan\\_en](http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan_en)

SACOMANO J. B., GONÇALVES R. F., BONILLA S. H., DA SILVA M. T., Sátyro W. C. (2018). *Industria 4.0: Conceitos e fundamentos* – São Paulo: Blucher, 182 p.: il.

SALIMOVA, T.; GUSKOVA N.; KRAKOVSKAYA I.; SIROTA E. (2019). From industry 4.0 to Society 5.0: challenges for sustainable competitiveness of Russian industry. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 497.

SOLDATOS, John (2019). *Introduction to Industry 4.0 and the Digital Shopfloor Vision. The Digital Shopfloor: Industrial Automation in the Industry 4.0 Era Performance Analysis and Applications.* Editors: John Soldatos, Athens Information Technology, Greece Oscar Lazaro, Innovalia Association, Spain Franco Cavadini, Synesis-Consortium, Italy. ISBN: 9788770220415