

## **Proposta de adaptação de tecnologias da indústria 4.0 para auxiliar no reuso da água nas indústrias**

### ***Technologies adaptation proposal from industry 4.0 to support the water reuse on the industries***

**Ana Mariele Domingues, Mestranda em Engenharia de produção, Universidade Estadual Paulista – UNESP Bauru**

anamariele.domingues@gmail.com

**Jacqueline de Almeida Barbosa Franco, Mestranda em Engenharia de produção, Universidade Estadual Paulista – UNESP Bauru**

jacquelinealmeidabarbosa@hotmail.com

**Nelson de Almeida Africano, Mestrando em Engenharia civil, Universidade Estadual Paulista – UNESP Bauru**

nelsonafricano2@hotmail.com

**Rosane Aparecida Gomes Battistelle, Professora Dra. em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista – UNESP Bauru**

rosane.battistelle@unesp.br

### **Resumo**

A crescente demanda pela água no planeta é causada pelo aumento populacional, consumo para fins domésticos e industriais, mudanças climáticas, problemas na gestão, desperdício e poluição. A escassez de água emite um alerta sobre a importância de buscar alternativas tecnológicas. Por isso, o presente artigo teve como objetivo identificar tecnologias inteligentes e inovadoras de reuso da água voltadas para as indústrias brasileiras, um dos maiores consumidores de água no país. O método de pesquisa foi baseado em uma pesquisa bibliográfica combinada com pesquisa bibliométrica. O presente artigo contribuiu para elevar o tema reuso da água nas indústrias brasileiras, de forma a estimular o estabelecimento de diretrizes para combater a escassez e economizar o uso de água potável, além de destacar a importância de estabelecer programas de reuso replicáveis para as indústrias, de forma que se tornem auto sustentáveis através do uso de tecnologias apropriadas.

**Palavras-chave:** Reuso da água; Indústria 4.0; Indústrias

### ***Abstract***

*The growing demand for water on the planet is caused by increased population, consumption for domestic and industrial purposes, climate change, management problems, waste and pollution. The scarcity of water warns about the importance of seeking technological alternatives. Therefore, this*

*article objective was to identify smart and innovative water reuse technologies aimed at the brazilian industries, one of the largest water consumers in the country. The research method was based on a bibliographic data combined with bibliometric research. This article contributed to raise the theme of water reuse on the brazilian industries, in order to stimulate the guidelines establishment to combat scarcity and preserve the use of drinking water, in addition to highlighting the importance of establish replicable reuse programs for industries, so that they become self-sustainable through the use of appropriate technologies.*

**Keywords:** Water reuse; Industry 4.0; Industry

## 1. Introdução

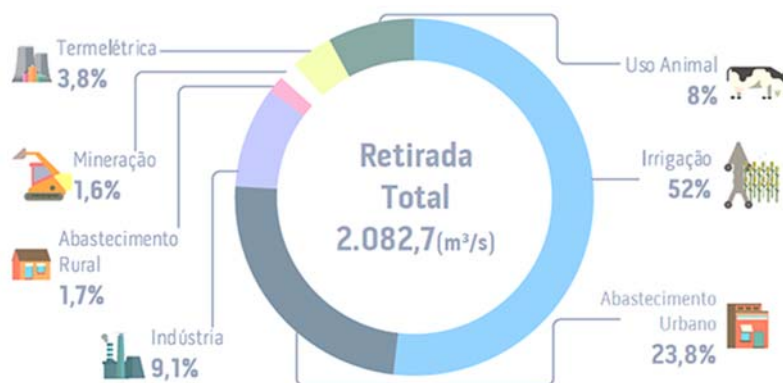
Em 2015, a ONU instituiu a agenda 2030 composta por dezessete metas de desenvolvimento sustentável, onde a água integra um dos objetivos (ODS), a meta destaca que a água segura e o saneamento adequado são indispensáveis para ecossistemas saudáveis, alcance do crescimento inclusivo, e de meios de subsistência sustentáveis.

No ano de 2018, a ONU lançou a década internacional para a ação: água para o desenvolvimento sustentável (2018-2028). Essa década é marcada pelo desenvolvimento do tripé da sustentabilidade, onde a responsabilidade econômica, social e ambiental deve gerir a água de forma integrada entre todos os setores.

Durante o 8º Fórum Mundial da Água que ocorreu em março de 2018 em Brasília, a ONU divulgou um relatório emitido pelo Banco Mundial em que estima-se que até 2050 a falta de água potável deve atingir 5 milhões de pessoas no mundo, estimulados pelas mudanças climáticas e pelo aumento da demanda do consumo, principalmente na indústria, o que desperta um sinal de alerta em todo o mundo.

No Brasil, segundo estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (2019), a cada segundo são utilizados, em média, 2 milhões e 83 mil litros de água, o que representa 2.083 metros cúbicos. Há uma estimativa que destaca que o uso da água deverá crescer 24% até 2030, ou seja, irá superar a marca de 2,5 milhões de litros por segundo.

A agricultura irrigada, o abastecimento urbano e a indústria de transformação são os maiores consumidores de água potável no Brasil segundo ilustração do gráfico 1, esses setores são responsáveis por 85% das retiradas de água. Todos os usos continuarão a se expandir nos próximos anos, porém o reuso de água como alternativa aliado com tecnologias da indústria 4.0 podem amenizar e até mesmo reduzir o consumo de água potável.



**Gráfico 1: Demandas de uso da água no Brasil, por setor (%) e total sem considerar a evaporação de reservatórios. Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), 2019.**

O desperdício de água é outro fator que pode interferir na disponibilidade hídrica no futuro. No Brasil, em 2018, de acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento, o índice de perdas na distribuição (IN049) foi de 38,5%, ou seja, do volume total de água disponibilizado, 38,5% não foi contabilizado como volume utilizado pelos consumidores, seja por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas.

Por isso, com base nos movimentos globais e do Brasil, há uma crescente pressão para que as indústrias realizem reuso da água nos processos produtivos, que além de contribuir para a manutenção da água potável, representa benefícios econômicos e financeiros para o negócio.

Deste modo, o presente artigo tem como objetivo identificar tecnologias inteligentes e inovadoras de reuso da água voltadas para a indústria que é um dos que mais consomem água no Brasil.

## 2. Metodologia

O método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do artigo foi uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, combinada com pesquisa bibliométrica concentrada na base SCOPUS, baseada em artigos com as palavras-chave: ( "WATER REUSE" OR "WATER REUTILIZATION" ) AND ( "INDUSTRY 4.0" OR "TECHNOLOGY" ) AND ( "INDUSTRY" OR "COMPANY" OR "ORGANIZATION" ). Como dados secundários, foram consultados artigos científicos de outras bases, livros, dissertações, teses, revistas científicas e órgãos de credibilidade nacionais e internacionais.

Segundo MIGUEL et al. (2010), o referencial teórico utilizado serve para delimitar as fronteiras do que será investigado, proporcionar o suporte teórico para a pesquisa (fundamentos), e também explicitar o grau de evolução (estado-da-arte) sobre o tema estudado, além de indicar familiaridade e conhecimento do pesquisador sobre o assunto.

## 3. Normatização da conservação e reuso da água em construções no Brasil

Com base nos dados brasileiros de consumo e desperdícios de água, o reuso da água surge como um tema abordado por entidades, associações, instituições brasileiras e outros interessados que têm se reunido para buscar alternativas e normatizações em busca de soluções eficazes para reaproveitar e evitar desperdício de água. A associação brasileira de normas técnicas (ABNT) regulamenta três normas voltadas para o reuso da água em construções.

Para MAGALHÃES FILHO et al. (2019), as orientações existentes no Brasil sobre tecnologias de saneamento fornecem noções gerais sobre construção. No entanto, não são adequadas para o gerenciamento participativo ou para o foco no reuso de água e recuperação de nutrientes, particularmente nas comunidades tradicionais, isoladas e rurais.

Segundo Rezende e Tecedor (2017), a NBR 15527:2019 fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, além de especificar características para o uso dos reservatórios tais como extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação, segurança e minimização do turbilhonamento. Essa norma tem como objetivo regulamentar e incentivar o uso de reservatórios para a coleta de água da chuva com foco na construção civil, sendo antes, durante e pós obra através do uso em descargas de bacias sanitárias e mictórios, irrigação para fins paisagísticos, lavagem de pisos e até uso ornamental.

As normas técnicas da conservação e reuso da água são recentes e datam do ano 2019, a NBR 16782:2019 datada em 19 de novembro trata da conservação de água em edificações – requisitos, procedimentos e diretrizes, que define conservação como “ A conservação de água em edifícios é definida como o conjunto de ações que, além de otimizar a operação do sistema predial de modo a reduzir a quantidade de água consumida (gestão da demanda), promovem também o uso de água proveniente de fontes alternativas à água potável fornecida pelo sistema público ou privado (gestão da oferta)”.

Em edifícios residenciais, são identificados diferentes fluxos de águas residuais. A água cinza, coletada de máquinas de lavar, lavatórios, chuveiros e banhos, consiste em média 60-70% da produção de uma família (OPHER et al., 2019). Por isso, a NBR 16783:2019 trata do uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, pois a demanda de consumo em edifícios não requer que a maior parte da água utilizada seja potável, o que abre um leque de oportunidades de reuso.

As iniciativas no Brasil ainda são muito recentes e primárias, porém as inúmeras ações mostram que o tema reuso da água é a principal alternativa em busca da economia sustentável desse bem escasso.

#### **4. Exemplos de tecnologias da indústria 4.0 utilizadas na gestão de reuso da água**

Integrar tecnologias disruptivas e inovadoras no processo de gestão da água é o conceito de revolução da indústria 4.0. De acordo com Ruiz-Sarmiento et al. (2020) a indústria 4.0 está sendo cada vez mais adotada nas cadeias de produção, distribuição e comercialização em todo o mundo.

Na agricultura o consumo de água é exaustivo. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, a agricultura consome anualmente 69% da água disponível em todo o mundo (FAO, 2016). Por esse motivo,

avanços tecnológicos como o uso de sensores para otimizar a irrigação, o uso de aplicativos que controlam e fazem diagnóstico em tempo real da situação do solo são algumas das aplicações tecnológicas que auxiliam a agricultura a melhorar os indicadores de uso da água.

O Industrial Internet Consortium (2019), um organismo internacional que fomenta o desenvolvimento e aprimoramento das tecnologias da quarta revolução industrial, aponta a importância do uso de novas tecnologias na conservação e correta distribuição de água. Por exemplo, a empresa britânica de água Thames Water que ao implantar medidores inteligentes por meio de tecnologia sem fio, conseguiu detectar de forma mais rápida cerca de 4.200 vazamentos, o que resultou em uma economia de 930.000 litros/dia em Londres (TOMAS, 2017).

Gahr et al. (2019) explicam o funcionamento de um gerenciamento digitalizado e automatizado de águas residuais no maior parque industrial químico da Alemanha, onde a aplicação das tecnologias possibilitou o rastreamento simultâneo, através de sensores instalados que enviam informações em tempo real a uma plataforma de visualização, da quantidade de águas residuais descartadas, a qualidade dessa água e a fonte geradora para assim melhorar a gestão dos processos, tanto para a empresa gestora do parque como para as indústrias instaladas.

De acordo com um relatório disponibilizado pela Sociedade de Tecnologia Química e Biotecnologia da Alemanha - DECHEMA, a digitalização na gestão e reuso da água dentro da indústria traz inúmeros potenciais de melhoria, dentre eles, destaca-se que a gestão da água industrial é otimizada ecologicamente e economicamente, há o aumento da segurança do abastecimento e do descarte, pois evita a falta e assegura a correta disposição final ou a reutilização, contribui ainda para a proteção eficaz dos sistemas aquáticos, a eficiência de recursos, economia circular e economia verde. (DECHEMA, 2018, pag. 6, tradução nossa).

Os autores (BECKER et al., 2019; FÉRES et al., 2011) enfatizam que as formas mais importantes de aumentar a eficiência no uso da água são alcançados através da redução da captação de água potável e a diminuição do descarte de águas residuais através da promoção do reuso da água e o uso de fontes alternativas como uso de água salobra e água residual municipal.

Desta forma, a integração de tecnologia e indústria revolucionam de forma profunda e complexa o reuso da água através de processos inteligentes que podem ser aplicados em diferentes níveis.

## **5. Resultados - adaptação das tecnologias para auxiliar no reuso da água nas indústrias brasileiras**

Os resultados mostram que na pesquisa realizada na base SCOPUS, foram publicados 223 artigos ao longo de todos os anos de publicação, a busca foi delimitada pelas palavras ( "WATER REUSE" OR "WATER REUTILIZATION" ) AND ( "INDUSTRY 4.0" OR "TECHNOLOGY" ) AND ( "INDUSTRY" OR "COMPANY" OR "ORGANIZATION" ) no título e/ou resumo e/ou palavras-chave. Ao analisar os resultados, nota-se a grande relevância do tema, onde o mesmo é explorado por diversos países como Estados Unidos, China e países europeus, em contrapartida, o Brasil figura entre os dez países que mais

publicaram sobre o tema, porém com apenas 12 artigos, o que representa somente 5,38% do total de publicações conforme detalhado no gráfico 1 denominado documentos por país.

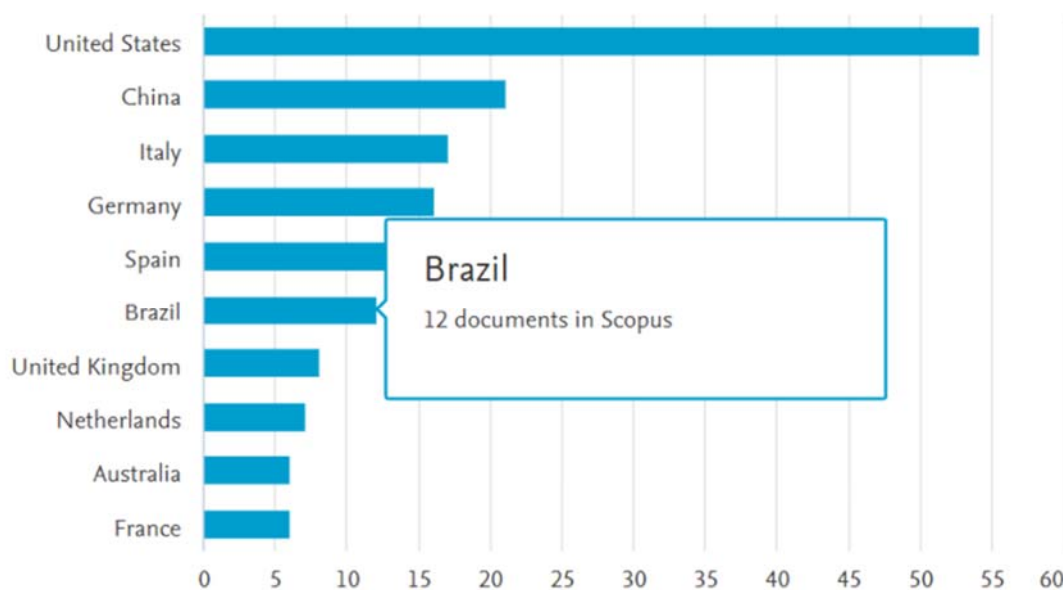


Gráfico 2: Documentos por país. Fonte: Plataforma SCOPUS, 2020.

Os artigos brasileiros voltados para a preocupação com o uso e reuso da água na indústria começam a ganhar destaque a partir do ano de 2004 com cinco publicações, já em 2017 mostra crescimento para dezesseis artigos e um pequeno decréscimo em 2019 com onze artigos, mas até Março de 2020 já com seis artigos publicados, o gráfico 3 detalha a evolução das publicações por ano.

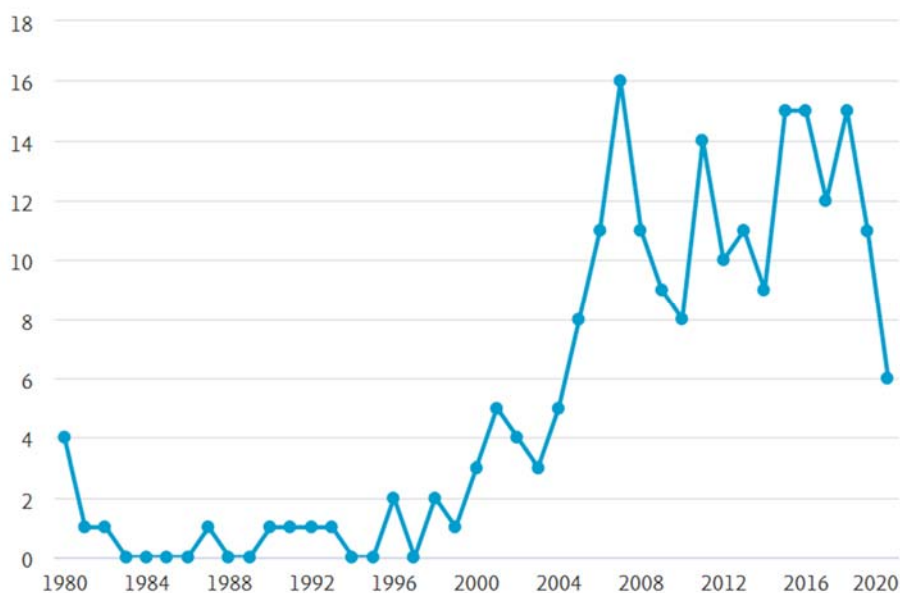


Gráfico 3: Artigos publicados por ano. Fonte: Plataforma SCOPUS, 2020.

A análise bibliométrica (gráficos 2 e 3) aponta que o tema preocupação com os recursos hídricos e o aproveitamento de água através de reuso com o apoio da tecnologia, ainda possui poucas pesquisas e publicações no Brasil e no mundo, o que demonstra lacunas para aprofundamento tanto acadêmico quanto do setor industrial em busca de identificar oportunidades benéficas para garantir indústrias sustentáveis e eficientes.

Já a revisão da literatura exposta até o momento, mostra que o uso de tecnologias da indústria 4.0 tem potencial para contribuir para a melhor gestão do reuso da água nas indústrias brasileiras.

De acordo com o relatório *Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Water* do Fórum Econômico Mundial, o uso de ferramentas digitais podem trazer benefícios para os sistemas de águas residuais, pois pode monitorar o desempenho em tempo real e garantir a segurança de energia, nutrientes e outros materiais ou produtos gerados pelos processos de tratamento (WEF, 2018).

Por isso, nesta seção pretende-se esclarecer com o apoio da pesquisa bibliográfica e bibliométrica de forma conceitual e sucinta, quais tecnologias podem contribuir para o reuso da água nas indústrias, apoiado no suporte de conhecimentos extraídos da estrutura de tecnologias da indústria 4.0 apontadas por vários autores (BUILDIN, 2019; CRAVEIRO et al., 2019; DRATH; HORCH, 2014; GAHR, 2019; WEF, 2018;) dentre as quais destacam-se:

**Sensores:** podem ser utilizados tanto para monitorar o caminho da água na obra, seja da água potável ou das águas residuais dentro dos processos da construção, como para medir padrões de temperatura, condutividade e pH, desde a entrada até a saída do processo. Desta forma, se houver algum desperdício ou desvio nos padrões estabelecidos isso será mais facilmente detectado e corrigido, além de garantir a qualidade da água residual. No edifício Faria Lima 3500 localizado na capital paulista, as tecnologias aplicadas nos projetos de edificação e de interiores são monitoradas por sensores e geridas de forma inteligente, onde os sistemas hidráulicos são monitorados por uso final, de modo que identifique falhas e sejam realizadas correções em curtos intervalos de tempo, além de auxiliar na identificação de melhorias de forma constante (CTE, 2020).

**Sistema de Modelagem de Informações da Construção-BIM:** através da correta simulação e modelagem do projeto desde o início, pode-se otimizar o uso da água nos processos, ou seja, antes de a construção começar efetivamente os gestores do projeto podem verificar como a água será utilizada, tratada e reutilizada, e testar as decisões no ambiente virtual para verificar a melhor solução. O estádio “Mineirão” localizado em Belo Horizonte, foi o primeiro estádio do Brasil a conquistar o selo Platinum, nível máximo da certificação LEED, que avalia soluções e tecnologias sustentáveis adotadas durante o processo de construção para reduzir os impactos causados ao meio ambiente em toda a vida útil da edificação. O projeto utilizou a ferramenta BIM desde a fase de definição da obra, não utiliza água potável nos mictórios e bacias sanitárias, e sim águas cinzas geradas pelo próprio estádio, além de sistema de descarga dual-flush. As plantas são todas nativas, ou seja, adaptadas a fim de que não haja necessidade de irrigação periódica dessas áreas, o que resulta na diminuição do consumo de água. A redução de água potável representa 76% em relação a estádios que não possuem a certificação.

**Drones:** podem ser utilizados para mapear a região que a obra será instalada, verificar os sistemas aquáticos que podem ser afetados pelas atividades desenvolvidas e também para

monitorar os canteiros de obras e a região após o início das obras. Esse movimento começa com tecnologias que já são realidade em alguns países. É o caso, por exemplo, de drones usados para monitoramento e coleta de informações das obras bem como em sua visualização de diferentes ângulos em fiscalizar a segurança tanto estrutural, como em equipamento coletivo e individual dos trabalhadores. No Brasil, o uso dos drones já é visto como um diferencial competitivo e a busca por essa tecnologia tem aumentado, porém ainda não trata-se de uma realidade na prática (LIMA, 2019).

**Nanotecnologia:** o tratamento de águas residuais pode ser feito a partir de tecnologias de membranas para manipular átomos e moléculas e assim tratar a água. A Organização das Nações Unidas - ONU enxerga grande potencial no uso de nanotecnologia para a purificação das águas (ONU, 2013).

**Algoritmos de inteligência artificial (IA):** podem transformar a forma como as águas residuais podem ser tratadas, uma vez que o sistema pode aumentar a eficiência dos tratamentos da água de acordo com a análise dos resíduos ou substâncias constantes nesta água e ativar automaticamente o protocolo de limpeza correto para aumentar a qualidade dessa água residual e reduzir os recursos e energia utilizados (WEF, 2018). O uso de inteligência artificial em um empreendimento de Taboão da Serra, ocorreu através do uso da plataforma online e gratuita oferecida para quem busca o selo EDGE “Excellence in Design for Greater Efficiencies”, a plataforma contém informações compartilhadas com toda a equipe em tempo real sobre o consumo de água e energia das construções. A certificação é obtida pelos empreendimentos que reduzem ao menos 20% o consumo de energia, água e energia incorporada nos materiais utilizados na construção do edifício. Taboão da Serra reduziu 26% no consumo de água com o uso da plataforma para auxílio na tomada de decisões.

Em Curitiba e Espírito Santo desenvolveram uma máquina que tem a função de transformar as águas provenientes de esgoto em água potável. Já na cidade de São Paulo, devido à grande seca sofrida em 2014, houve a necessidade de aprofundarem o estudo dessa tecnologia e com isso surgiu a Elysium S7 que é de uma família de máquinas capaz de tratar 80% do efluente, o que gera qualidade igual ou melhor que das torneiras de casa (CARVALHO et al., 2014).

A figura 1 retrata como as novas tecnologias promovem um ciclo em busca de modernização e inovação nas indústrias, e que quando direcionados para o reuso de água e que proporcionam maior produtividade e sustentabilidade.



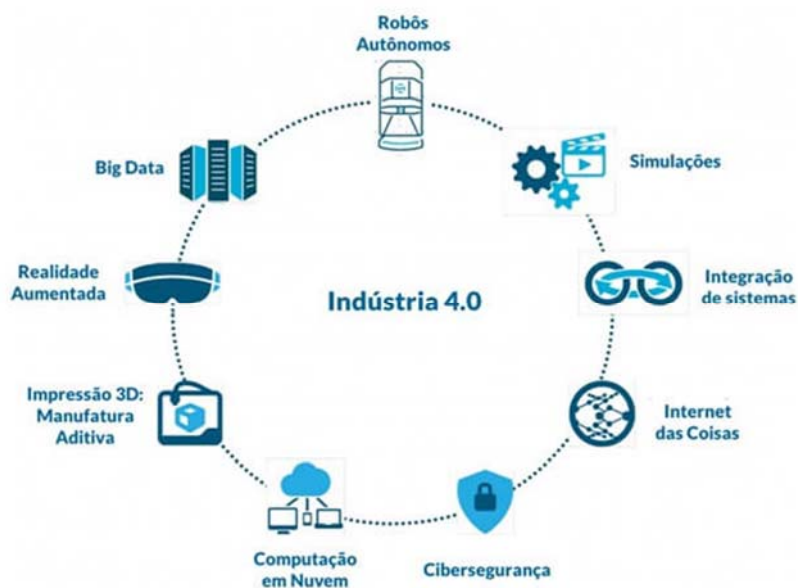


Figura 1: Indústria 4.0. Fonte: Buildin Construção e Informação, 2019.

## 6. Considerações Finais

O objetivo principal do presente artigo foi identificar tecnologias inteligentes e inovadoras da indústria 4.0 que possam ser empregadas no reuso da água voltadas para as indústrias que é uma das atividades que mais consomem água no Brasil.

A partir do conhecimento extraído, foi possível destacar algumas aplicações destas tecnologias especificamente para o reuso da água nas indústrias. O conhecimento proposto enfatiza o uso de sensores para mapear o caminho da água dentro do canteiro de obras e otimizar o uso e reuso da água, o uso de inteligência artificial poderia melhorar o processo de limpeza das águas residuais, aumentar o potencial de reuso, os sistemas BIM proporcionam melhorias ao traçar estratégias de reuso mesmo antes do projeto começar efetivamente, e a nanotecnologia como potencial para remover impurezas das águas residuais.

No Brasil, a indústria ainda trata-se de um setor econômico de cultura muito tradicional e que utiliza muitos recursos, além da mão-de-obra humana, porém a indústria 4.0 vem para quebrar esses paradigmas e proporcionar a busca por otimização de recursos e tempo, principalmente no que tange aos recursos escassos e finitos como a água. A nova indústria deve preparar-se para ultrapassar barreiras históricas e utilizar de maneira inteligente as novas tecnologias para garantir o desenvolvimento sustentável.

A indústria brasileira precisa adaptar-se e formar profissionais técnicos e engenheiros que estejam aptos a relacionar-se com as tecnologias em todas as etapas dos projetos, desde a elaboração até a gestão, onde todos os envolvidos compreendam a relevância de utilizar menos recursos hídricos, reciclagem de águas residuais e reuso de águas em busca do não comprometimento de águas potáveis.

Portanto, conclui-se que o artigo contribuiu para elevar potencialmente o tema reuso da água na indústrias brasileiras, de forma a estimular o estabelecimento de diretrizes para

combater a escassez de água e economizar o uso de água potável, além de destacar a importância de estabelecer programas de reúso replicáveis para as indústrias, de forma que se tornem auto suficientes e auto sustentáveis através do uso de sistemas socialmente relevantes e tecnologias apropriadas para a gestão de recursos hídricos com o apoio da indústria 4.0.

O tema do reúso da água nas indústrias com o suporte da indústria 4.0 ainda exige novos estudos de caso práticos e esforços na área de pesquisa e desenvolvimento, desta maneira, sugere-se promover parcerias e interações entre todas as partes interessadas de forma a alinhar os interesses econômicos e de sustentabilidade.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Estudo da ANA aponta perspectiva de aumento do uso de água no Brasil até 2030. Disponível em:

<<https://www.ana.gov.br/noticias/estudo-da-ana-aponta-perspectiva-de-aumento-do-uso-de-agua-no-brasil-ate-2030>>. Acesso em: 30.Jan.20.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 15527 Conservação de água em edificações – requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro, p. 10. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 16782 Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro, p. 22. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 16783 Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, p. 29. 2019.

BECKER, D. et al. Integrated Industrial Water Management – Challenges, Solutions, and Future Priorities. *Chemie Ingenieur Technik*, v. 91, p. 1367-1374, 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.

BUILDIN Construção e Informação. O que é a Indústria 4.0?. Disponível em: <<https://www.buildin.com.br/construcao-4-0/>>. Acesso em: 29.Out.19.

CTE. Cases e Portfólio: Faria Lima 3500. c2020. Disponível em: <<https://cte.com.br/cases/solucoes/certificacao-leed/faria-lima-3500/>>. Acesso em: 30.Jan.20.

CRAVEIRO, F. et al. Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. *Automation in Construction*, v. 103, p. 251-267, 2019.

DECHEMA. *Industriewasser 4.0: Potenziale und Herausforderungen der Digitalisierung für die industrielle Wasserwirtschaft*, Frankfurt, Alemanha, 2018. Disponível em: <[https://dechema.de/dechema\\_media/Downloads/Positionspapiere/Industriewasser\\_40\\_D EHEMA\\_Positionspapier-p-20003550.pdf](https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Industriewasser_40_D EHEMA_Positionspapier-p-20003550.pdf)>. Acesso em: 10.Dez.19.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 8, p. 56-58, 2014.

FAO. AQUASTAT- FAO's Global Information System on Water and Agriculture: Water use, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use>>. Acesso em: 29.Jan. 20.

FÉRES, J. et al. Water reuse in Brazilian manufacturing firms. Journal Applied Economics, v. 44, p. 1417-1427, 2011.

GAHR, A. et al. Wasserwirtschaft 4.0 im Chemiepark Bitterfeld-Wolfen: Water Management 4.0 in the Bitterfeld-Wolfen Chemical Park. Chemie Ingenieur Technik, v. 91, p. 1375-1381, 2019.

INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM. Intelligent Urban Water Supply Testbed: Fast facts, c2019. Disponível em: <<https://www.iiconsortium.org/intelligent-urban-water-supply.htm>>. Acesso em: 20 dez. 19.

INTERNATIONAL DRINKING WATER SUPPLY AND SANITATION DECADE .Disponível em: <[https://www.who.int/neglected\\_diseases/mediacentre/WHA\\_34.25\\_Eng.pdf](https://www.who.int/neglected_diseases/mediacentre/WHA_34.25_Eng.pdf)>. Acesso em: 15.Dez.19.

MAGALHÃES Filho, F., de QUEIROZ, A., MACHADO, B. S., & PAULO, P. L. (2019). Sustainable Sanitation Management Tool for Decision Making in Isolated Areas in Brazil. International journal of environmental research and public health, v. 16, p. 1118.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; FLEURY, Afonso; MELLO, Carlos Henrique Pereira. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Água potável e saneamento. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>>. Acesso em: 19.Nov.19.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. A ONU e a água. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em 31.Ago.19.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Até 2050, um bilhão de pessoas viverão em cidades sem água suficiente, diz Banco Mundial. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/ate-2050-um-bilhao-de-pessoas-viverao-em-cidades-sem-agua-suficiente-diz-banco-mundial/>>. Acesso em 07.Nov.19.

OPHER, T., FRIEDLER, E. & SHAPIRA, A. Comparative life cycle sustainability assessment of urban water reuse at various centralization scale. Int J Life Cycle Assessment (2019). July 2019, Volume 24, Issue 7, pp 1319–1332.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E CULTURA .2018-2028 - Década Internacional para Ação, Água para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/about-this-office/prizes-and-celebrations/2018-2028-international-decade-for-action-water-for-sustainable-development/>> em: 10.Dez.19.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E CULTURA. ONU avalia possível uso de nanotecnologia para purificar e tratar água. *Perspectiva Global Reportagens Humanas*, 2013. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2013/06/1439741-onu-avalia-possivel-uso-de-nanotecnologia-para-purificar-e-tratar-agua>>. Acesso em: 03.Jan.20.

REZENDE, Jozrael Henriques; TECEDOR, Natália. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. *Rev. Ambient. Água*, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1040-1053, dez. 2017.

RUIZ-SARMIENTO, Jose-Raul; MONROY, Javier ; MORENO, Francisco-Angel, GALINDO, Cipriano; BONELO, Jose-Maria; JIMENEZ, Javier Gonzalez. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Elsevier. Volume 87 , Jan 2020 , 103289.

SCOPUS. Analyze search results. Disponível em: <https://www.scopus.com/results/results>. Acesso em: 16.Mar.20.

LIMA, T. Drones na construção civil: 7 aplicações diretas na obra. **Sienge Plataforma**, [2019]. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/drones-na-construcao-civil>>. Acesso em: 30.Jan.20.

TOMAS, J. P. Thames Water rolls out smart meter project in London. **Enterprise iot insights**, 2017. Disponível em: <<https://enterpriseiotinsights.com/20170428/channels/fundamentals/20170428internet-of-thingsindustrial-iot-case-study-thames-smart-water-tag23-ta>>. Acesso em: 15.Dez. 19.

CARVALHO, N. L. et al. Tecnologias para reutilização de águas residuárias. **Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto -GEDECON**. IV Fórum de Sustentabilidade, v. 2, p. 16-31, 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/article/download/1934/498>>. Acesso em: 29. Jan.20.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Water*, World Economic Forum, Genebra, Suíça, 2018. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_WR129\\_Harnessing\\_4IR\\_Water\\_Online.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_WR129_Harnessing_4IR_Water_Online.pdf)>. Acesso em: 24 dez.19.