ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Inovação e sustentabilidade na cadeia produtiva dos sistemas hidráulicos prediais

Innovation and sustainability in the production chain of plumbing systems

André Buchmann Müller
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | andrebmuller@usp.br
Fabiano Rogerio Corrêa
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | fabiano.correa@usp.br
Francisco Ferreira Cardoso
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | ff.cardoso@usp.br

Resumo

Os sistemas hidráulicos prediais de água fria e água quente são essenciais em construções das mais diferentes tipologias: residenciais, comerciais, industriais etc. Assim, é de se esperar que o processo construtivo e a organização da cadeia produtiva se modifiquem com o tempo por meio de inovações tecnológicas que aumentem a produtividade na sua instalação e a confiabilidade dos sistemas, além de que se tornem mais sustentáveis. O objetivo deste artigo é identificar esses avanços, caracterizando quais inovações estão alterando a estrutura da cadeia produtiva dos sistemas hidráulicos prediais e identificar e listar os agentes que compõem a estrutura de produção. Os métodos de pesquisa utilizados foram uma revisão bibliográfica e uma entrevista estruturada respondida por membros dessa cadeia produtiva, compreendendo os elos de Projetos, Consultoria e Gerenciamento (53%), Construção e Instalação (26%), Desenvolvimento de Software (11%), Pesquisa (5%) e Fabricação de Materiais (5%). Os resultados indicam que a estrutura produtiva da cadeia foi consideravelmente alterada nos últimos tempos por inovações sistêmicas e pela utilização de novos materiais. No futuro, um fator que influenciará essa estrutura é a industrialização da construção e a sua modularização, para o qual as empresas ainda não estão completamente preparadas, como indicado por 63% dos respondentes da entrevista.

Palavras-chave: Sistemas hidráulicos prediais. Cadeia produtiva. Tecnologia. Sustentabilidade.

Abstract

The plumbing systems for cold and hot water are essential in buildings of various types: residential, commercial, industrial, etc. Thus, it is expected that the construction process and the organization of the production chain will change over time through technological innovations that increase productivity in construction and the system's reliability, as well as making them more sustainable. The aim of this article is to identify these advancements, characterizing which innovations are altering the structure of the production chain of building hydraulic systems, and identify and list the agents that comprise the production structure. The

Como citar:
MÜLLER, A.B; CORRÊA, F.R.; CARDOSO, F.F. Inovação e Sustentabilidade na Cadeia Produtiva dos Sistemas Hidráulicos Prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

research methods used were a literature review and a structured interview answered by members of this production chain, encompassing the links of Design, Consulting, and Management (53%), Construction and Installation (26%), Software Development (11%), Research (5%), and Material Manufacturing (5%). The results indicate that the production structure of the chain has been considerably altered in recent times by systemic innovations and the use of new materials. In the future, a factor that will influence this structure is the industrialization of construction and modularization, for which companies are not yet fully prepared, as indicated by 63% of the interview respondents.

Keywords: Plumbing systems. Production chain. Technology. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a indústria da construção apresenta crescimento de produtividade inferior quando comparada às outras grandes indústrias: automobilística, agrícola, de mineração etc. [1]. Dessa forma, discute-se amplamente as maneiras de aumentar o seu desempenho, incluindo nas atividades relacionadas à execução dos sistemas hidráulicos prediais de água fria e água quente. Inovações são inúmeras e atingem desde o processo de projeto, como o uso da Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM), até a execução, com a utilização de materiais, componentes e sistemas inovadores e processos de fabricação *off-site*. Além disso, por ser uma das indústrias que mais emitem gases de efeito estufa [2], nota-se que existe um movimento, apesar de lento, para a modificação da sua estrutura de forma a contemplar processos e produtos mais sustentáveis [1].

Entender o processo sistêmico de evolução da estrutura produtiva da indústria da construção é essencial, já que muitas das inovações requerem a adoção e coordenação de diversos agentes para que sejam amplamente difundidas, o que é particularmente verdade tratando-se dos sistemas prediais hidráulicos. Segundo Lavikka *et al.* [3], "inovações autônomas geralmente proporcionam a captura de valor para organizações individuas e, em contraste, inovações sistêmicas proporcionam oportunidades de captura de valor para diversas organizações, especialmente quando os seus *inputs* são complementares ou suas tarefas coordenadas".

Dessa forma, no contexto específico dos sistemas prediais hidráulicos de água fria e água quente, o presente artigo apresenta como objetivo geral a investigação das inovações que estão alterando a estrutura produtiva de sua cadeia de gentes. Como objetivo secundário, tem-se a identificação dos agentes que compõem essa cadeia produtiva e de seus papeis.

MATERIAL E MÉTODOS

Como um dos métodos empregados, o trabalho utiliza uma revisão bibliográfica, onde são identificadas as principais inovações que estão alterando a estrutura da cadeia produtiva dos sistemas prediais hidráulicos de água fria e água quente. Para tanto, consideraram-se artigos encontrados em periódicos e eventos nacionais e internacionais, principalmente a partir do ano de 2020 e que citam a necessidade de aprimoramento nesse tipo de sistema predial. Uma ênfase específica é dada na

caracterização de inovações que acarretam a sustentabilidade dos sistemas, principalmente resultando a economia de água.

É apresentado, também, um estudo desenvolvido a partir de uma entrevista estruturada, para validar o que foi encontrado na revisão bibliográfica. Tal entrevista foi aplicada junto a agentes do mercado, considerando os elos da cadeia produtiva estudada responsáveis pelas seguintes etapas do ciclo dos empreendimentos:

- Desenvolvimento de software;
- Fabricação de materiais;
- Projeto, consultoria e gerenciamento;
- Construção e instalação;
- Pesquisa.

Foram realizadas três perguntas. A primeira com o objetivo de questionar o tempo em que as inovações identificadas na revisão bibliográfica irão impactar a cadeia produtiva, ou se já foi impactada. A segunda com o intuito de verificar se os agentes que compõem a cadeia estão preparados para lidar com os impactos, e uma última pergunta aberta para identificar outras inovações.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CONTEXTUALIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA

Os sistemas prediais hidráulicos de água fria e água quente são compostos, na maior parte, de componentes produzidos com plásticos, metais e cerâmicas. No primeiro caso, citam-se as tubulações e conexões de PVC e CPVC, e as caixas d'água de polietileno. No segundo caso citam-se tubulações de cobre, válvulas, torneiras, chuveiros, outras peças de utilização, e algumas conexões (joelhos e tês), que possuem roscas metálicas. No último caso, estão as pias, bacias sanitárias, entre outros.

Tais componentes são utilizados em conjunto para formar os sistemas prediais de água fria e água quente, que devem ser projetados de forma a ter características hidráulicas e de desempenho que respeitem o delineado na ABNT NBR 5626:2020 [4]. Dessa forma, os projetistas responsáveis por elaborar os projetos utilizam-se de ferramentas computacionais para facilitar a realização dos cálculos de pressão, velocidade, vazão e perda de carga que configuram o dimensionamento dos sistemas.

Com o sistema projetado, a instalação é realizada, geralmente por empresas especializadas ou pelas próprias construtoras. O trabalho consiste basicamente em montar o sistema (unir ou soldar as tubulações e conexões), o que pode ser feito em rasgos na alvenaria, quando utilizam-se sistemas tradicionais de construção. Em construções mais racionalizadas, podem existir *shafts* e outros espaços dedicados para a passagem das tubulações.

Por fim, o sistema entra em operação e tem sua manutenção realizada, tradicionalmente, de forma corretiva, quando ocorrem vazamentos identificáveis. Figueiredo *et al.* [5] descrevem algumas mudanças no recebimento de sistemas hidráulicos prediais, realizadas por uma construtora no Distrito Federal, para se

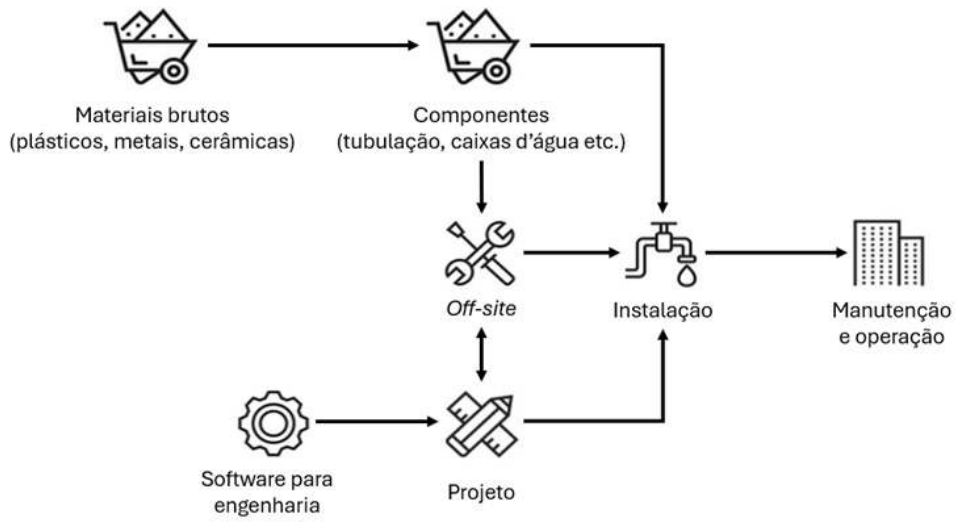
adequarem a um Sistema de Gestão de Qualidade. Em um estudo de caso, foram realizados testes de estanqueidade em um empreendimento de nove pavimentos, o que permitiu a identificação preventiva de manifestações patológicas em 7 das 32 unidades avaliadas. Isso demonstra, pontualmente, a necessidade de avanços na estrutura produtiva desse sistema. O artigo indica que a causa das falhas é executiva [5]:

> "As falhas no serviço de sistemas prediais hidrossanitários podem ser atribuídas à execução, como sifões mal instalados, ralos sem tampa, tubos que desconectaram após o uso, excesso ou falta de material vedante ou o excesso de torque, que pode gerar uma trinca em alguma conexão. O problema pode ocorrer ainda por furos na instalação de acessórios, por exemplo. Um bom projeto, o uso de produtos em conformidade e o treinamento contínuo da mão de obra são essenciais".

A revisão da literatura permitiu a identificação de algumas das principais inovações que estão alterando a forma segundo a qual a cadeia produtiva se organiza. A construção *off-site* adiciona um novo elo na cadeia, que alimenta os processos de projeto, com a fabricação de kits hidráulicos por exemplo, e de instalação, que se torna mais racionalizada e industrializada. Já o BIM fornece uma ferramenta que auxilia no processo de projeto, acompanhamento da instalação e, inclusive, manutenção, possibilitando rapidez na execução de diversas tarefas que antes eram custosas, considerando a relação dos sistemas hidráulicos prediais com os outros sistemas prediais, em um modelo 3D inteligente. Novos materiais, como o PEX (polietileno reticulado), também aparecem entre as inovações que tendem a promover uma racionalização dos sistemas hidráulicos, considerando a sua facilidade de instalação e de manutenção.

Uma caracterização simplificada da cadeia produtiva do setor é mostrada na Figura 1, com os seus elos interligados no processo de produção.

Figura 1: Estrutura da cadeia produtiva dos sistemas hidráulicos prediais



Fonte: os autores.

MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BUILDING INFORMATION MODELING – BIM)

Segundo Korman [6], “o BIM é comumente definido como o processo de criar dados inteligentes e computáveis, compartilhados entre diferentes profissionais nas equipes de projeto e construção”. Entre os benefícios do BIM para os projetos de sistemas hidráulicos prediais está a capacidade de visualização em uma única plataforma 3D em conjunto com todos os outros projetos, permitindo a identificação de interferências com facilidade e antes que elas ocorram de fato na fase de obra.

Além disso, com a capacidade de sequenciar no tempo as atividades que serão realizadas em uma instalação, é possível ter maior precisão na definição de quais componentes do projeto serão utilizados em determinada etapa. Dessa forma, como afirma Korman [6], o BIM facilita o processo de construção *off-site*, possibilitando a entrega *just-in-time* dos componentes de um sistema hidráulico, permitindo que sejam racionalizados kits hidráulicos (ou *spools*), que podem ser pré-fabricados e montados em campo.

Englobando os elos responsáveis pelo projeto e desenvolvimento de *software* da cadeia produtiva, Ferreira [7] e Atencio *et al.* [8] desenvolveram formas de integrar os processos de modelagem nos *softwares* de autoria BIM com o dimensionamento necessário para garantir as características hidráulicas e de desempenho requeridas nas normas técnicas. No caso de Ferreira [7], foi utilizada como referência a ABNT NBR 5626:2020 [4]. Tal avanço traz produtividade no processo de projeto e permite uma melhor seleção do caminhamento das tubulações, possibilitando o teste de mais alternativas.

CONSTRUÇÃO OFF-SITE

Segundo Li *et al.* [9], “construção modular e *off-site* envolve o processo de projeto, fabricação, transporte e montagem de elementos da construção de forma a possibilitar uma rápida montagem com um melhor acabamento do que seria possível em construções *on-site*”. Esse tipo de construção já é amplamente adotado em diversos países, como o Japão, a Suécia e os Estados Unidos, mas ainda é incipiente no Brasil.

No contexto específico dos sistemas hidráulicos prediais, uma das formas de proporcionar a pré-fabricação é empregando-se kits hidráulicos. Segundo Di Ruzza [10], “os conjuntos de kits hidráulicos prediais industrializados são compostos por tubos, conexões, válvulas e acessórios que reproduzem as instalações hidráulicas completas, além da estrutura de fixação (alguns modelos contam com estruturas metálicas ou plásticas para fixação em alvenaria ou *drywall*)”. Esses kits são usados em diversos ambientes de uma construção residencial: banheiro, área de serviço, cozinha, entre outros, e podem contemplar apenas uma das partes de um ambiente, como um chuveiro por exemplo, ou alguma parte exclusivamente técnica do sistema, como as prumadas e os hidrômetros. No estudo de caso apresentado, Di Ruzza [10] verificou que a instalação com os kits hidráulicos foi 4 vezes mais rápida que a solução convencional, com um índice de produtividade 3,5 vezes maior.

Além dos kits hidráulicos, Li *et al.* [9] citam o processo de fabricação de *spools* de tubulações em instalações industriais, o que também pode ser replicado em outros tipos de sistemas hidráulicos, inclusive para construções residenciais e comerciais. Esse processo torna a instalação mais racionalizada e industrializada.

Li *et al.* [9] produziram um questionário que pergunta para diferentes profissionais, com experiências distintas, a respeito da viabilidade de se construir alguns sistemas hidráulicos com *off-site*: sistema de combate a incêndio com sprinklers, sistemas hidráulicos prediais de água fria e água quente, entre outros. Como resultados, foi identificado que existe uma maior viabilidade para a pré-fabricação em casas de bombas do que nos sistemas de aquecimento e de distribuição de água quente e água fria. No entanto, ambos aparecem com alta viabilidade, também. Tal estudo foi realizado no contexto da indústria da construção na China.

Lavikka *et al.* [3] mostram as barreiras e os facilitadores que existem na adoção da construção *off-site* para os sistemas hidráulicos prediais, sejam esses fatores sociais, políticos, técnicos ou econômicos no contexto da indústria da construção na Finlândia. Para os projetistas, destaca-se a necessidade de se padronizar soluções de projeto ou colaborar diretamente com instaladores durante a fase de projeto. Para os instaladores, Lavikka *et al.* [3] citam a possibilidade de divulgar os sistemas pré-fabricados considerando as oportunidades de captura de valor ao se ter uma instalação mais rápida em campo, apesar de isso não significar necessariamente sistemas MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*) mais baratos. O artigo também aborda o fato de que, para tudo isso funcionar, o conhecimento dos clientes sobre construção industrializada é crucial.

PEX (POLIETILENO RETICULADO)

O PEX é um material que, cada vez mais, é utilizado na produção das tubulações de distribuição de água fria e água quente. Como característica diferenciada, o PEX apresenta a possibilidade de ter tubulações flexíveis, o que elimina a necessidade de instalação de conexões intermediárias como curvas, joelhos, tês etc. Além disso, as ligações são individuais para cada ponto de utilização, a partir de caixas de distribuição instaladas nos ambientes, facilitando a manutenção dos sistemas.

Diversos estudos analisam comparativamente as características de sistemas projetados em PEX ou utilizando materiais convencionais, como o PVC, considerando características hidráulicas, econômicas e a praticidade na instalação. Anselmo *et al.* [11] fizeram um estudo de caso em que, para um edifício residencial, sub-ramais idênticos foram dimensionados utilizando o PEX e o PVC e foi realizada uma comparação das características hidráulicas e econômicas. Quanto aos resultados hidráulicos, destaca-se que, apesar de possuir menos conexões, os sistemas em PEX apresentaram uma pressão inferior nos pontos de utilização. Isso se deve ao fato de que os trechos demandam uma extensão superior. Economicamente, o sistema projetado em PEX demonstrou ser mais barato. Apesar de possuir materiais cerca de 9,19% mais caros, o tempo de instalação foi 54% menor, o que representou um custo de mão de obra 49,60% menor. A economia total, somando os dois fatores (material e mão de obra) foi de 19,79%.

Na análise da viabilidade do uso de algum material, também é importante entender os custos e impactos do transporte para a sua aplicação. Gonçalves *et al.* [12] [13] estudam o impacto do transporte em uma análise de ciclo de vida considerando as tubulações em PVC no estado de Goiás [12] e em uma comparação do uso de tubulações em PEX e em PVC em cinco cidades brasileiras, uma em cada região [13]. No segundo artigo, os resultados evidenciam a desigualdade na distribuição da infraestrutura de fabricação entre as regiões brasileiras e demonstra que é necessário levar em conta transporte para considerar os impactos ambientais no uso de cada alternativa. Na análise realizada, o uso de PVC demonstrou ser mais poluente em três das cinco cidades, e o uso de PEX em duas das cinco, ambas em locais onde a distância até a fábrica de tubulações em PEX mais próxima é muito maior que a distância até a fábrica de tubulações em PVC. Uma análise econômica no mesmo molde seria interessante para entender os impactos financeiros do transporte na viabilidade do uso de sistemas em PEX.

INOVAÇÕES VOLTADAS À SUSTENTABILIDADE

Tratando-se de sustentabilidade, grande parte dos avanços dos sistemas prediais hidráulicos estão voltados para a economia de água. Entre as tendências que estão modificando a cadeia produtiva citam-se a individualização de hidrômetros em edifícios residenciais multifamiliares, que possibilita a mensuração individual do consumo, e o reuso de água da chuva e águas cinzas para atividades como lavagem de pavimentos, carros e inclusive nas bacias sanitárias. Percebe-se, na literatura, que a maior barreira para a adoção desses avanços é o esquema legal e normativo existente no país.

Costa *et al.* [14] citam: “A medição individualizada de água representa um grande avanço nas questões condominiais, quer no aspecto econômico, quer no aspecto ambiental. É uma forma inteligente de reduzir o desperdício de água e de fazer a cobrança justa pelo consumo real de cada unidade habitacional em condomínios”. Após a realização de uma avaliação quantitativa da individualização de hidrômetros no Distrito Federal, o estudo conclui que a legislação vigente deve ser revisada, já que está desatualizada quanto às tipologias de edifícios que são construídos na cidade, funcionando como uma barreira para a adoção dos medidores individuais.

Moura *et al.* [15] fazem uma revisão bibliográfica completa no que diz respeito à legislação que trata do reuso de água, abordando principalmente o fator da segurança no reuso, já que os sistemas devem ser completamente separados da água potável e ter requisitos de tratamento específicos. Nesse sentido, o artigo aponta que a maior barreira para a adoção desse tipo de sistema é a ausência de um arcabouço legal e normativo compreensivo no país: “A inexistência de padronização na qualidade da água de reuso para diferentes usos provoca insegurança por parte dos projetistas e executores para sua aplicação no Brasil”.

ENTREVISTA ESTRUTURADA

ESTRUTURA

Uma entrevista estruturada foi formulada para validar em que medida o encontrado na revisão bibliográfica quanto às inovações estão alterando a estrutura da cadeia produtiva dos sistemas prediais hidráulicos de água fria e água quente, e para perguntar diretamente ao mercado a respeito desses avanços.

A estrutura geral da entrevista foi composta por quatro perguntas, e uma breve descrição a respeito, explicando como as opções presentes nas perguntas foram obtidas. Um resumo das perguntas e opções de resposta é:

1. Em qual elo da cadeia produtiva você participa?
    a. Desenvolvimento de software;
    b. Fabricação de materiais;
    c. Projeto, consultoria e gerenciamento;
    d. Construção e instalação;
    e. Pesquisa.
2. A partir das inovações elencadas abaixo, quando haverá impacto na cadeia produtiva dos sistemas hidráulicos prediais?
    a. Inovações elencadas:
        i. BIM;
        ii. Modularização e construção *off-site*;
        iii. Kits hidráulicos;
        iv. PEX;
        v. Comissionamento;
        vi. Individualização de hidrômetros;
        vii. Reuso de água da chuva e águas cinzas.
    b. Períodos para impacto elencados:
        i. Impacto já ocorreu;
        ii. De 0 a 5 anos;
        iii. De 5 a 10 anos;
        iv. De 10 a 15 anos;
        v. De 15 a 20 anos;
        vi. Em mais de 20 anos.
3. A empresa em que trabalha está pronta para lidar com os impactos que as inovações elencadas vão trazer?
    a. Inovações elencadas:
        i. BIM;
        ii. Modularização e construção *off-site*;
        iii. Kits hidráulicos;
        iv. PEX;
        v. Comissionamento;
        vi. Individualização de hidrômetros;
        vii. Reuso de água da chuva e águas cinzas.
    b. Opções:

i. Sim;
ii. Não;
iii. Não se aplica.

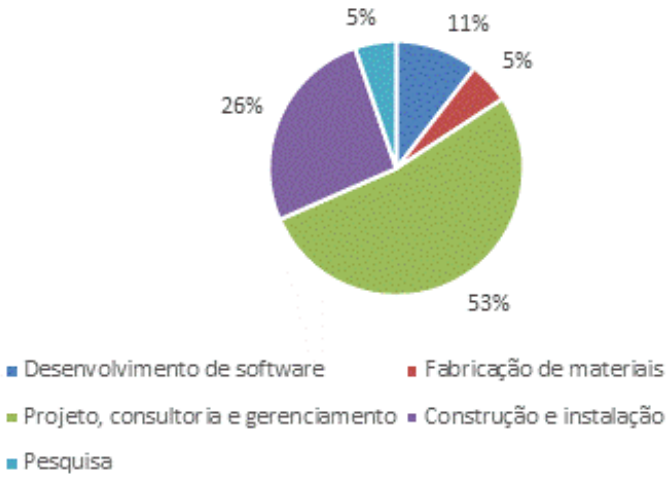
4. Existem outras inovações que vão impactar na cadeia produtiva dos sistemas hidráulicos prediais?

Sendo a última pergunta com respostas abertas com o objetivo de identificar outras inovações que não se apresentaram na revisão bibliográfica.

RESULTADOS

A Figura 2 mostra a distribuição em porcentagem dos 19 respondentes nos cinco elos da cadeia produtiva. Percebe-se que todos os elos foram contemplados, mas com uma maioria pertencente ao elo que responde pelas atividades de projeto, consultoria e gerenciamento – 53%, e construção e instalação – 26%.

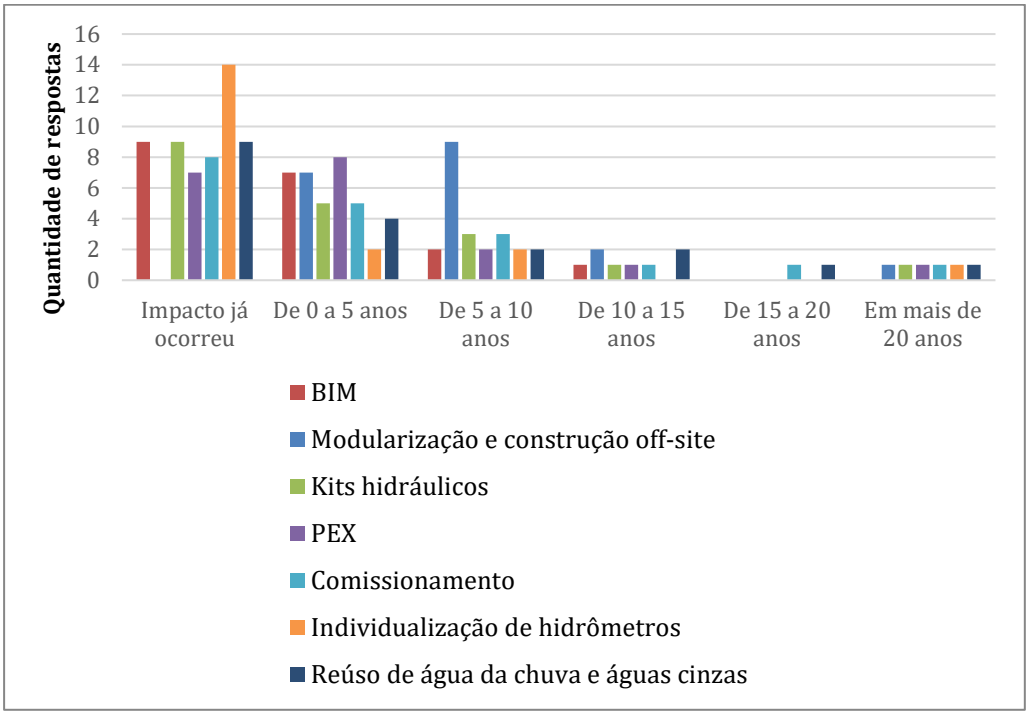
Figura 2: Elo da cadeia produtiva dos respondentes



Fonte: os autores.

Foi questionado quando haveria impacto das inovações encontradas na revisão bibliográfica. Percebe-se na Figura 3 que, para os respondentes, a maior parte das inovações já causou impacto na cadeia, destacando-se a individualização de hidrômetros e o BIM, nessa sequência. Das inovações que ainda causarão impacto destaca-se a modularização e construção *off-site*, para qual nenhum respondente indicou que o impacto já ocorreu e o resultado mostra predominantemente que o impacto deve vir de 0 a 5 anos (7 respostas) ou de 5 a 10 anos (9 respostas). Para os kits hidráulicos, que são uma forma específica de modularização e construção *off-site*, os resultados indicam predominantemente que o impacto já ocorreu (9 respostas) ou que ocorrerá nos próximos 5 anos (5 respostas). Para as tubulações em PEX, o mercado mostra predominantemente que o impacto do uso desse tipo de material já ocorreu (7 respostas) ou ocorrerá nos próximos 5 anos (8 respostas).

Figura 3: Impacto das inovações na cadeia produtiva

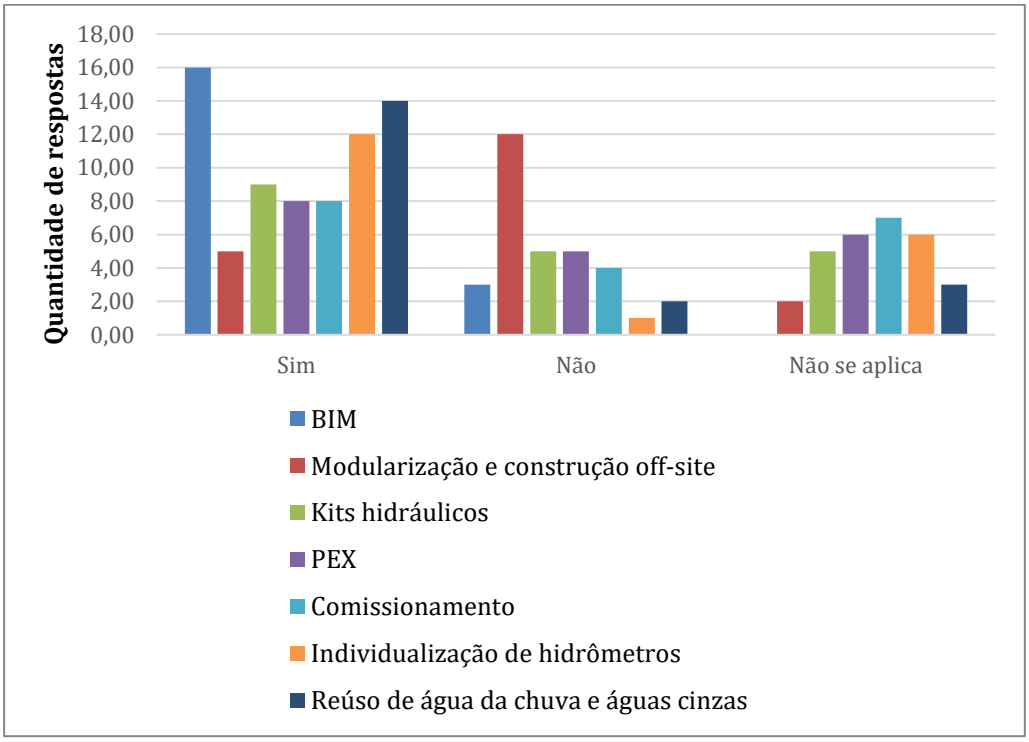


Fonte: os autores.

A Figura 4 mostra a opinião dos respondentes quanto ao nível de preparo das empresas para lidar com os impactos causados pelas inovações. Destaca-se que, para grande parte dos avanços identificados, os elos se sentem preparados, principalmente para a individualização de hidrômetros, reuso de água da chuva e águas cinzas e para o BIM. Em menor escala de preparo aparecem os kits hidráulicos e o PEX e, por fim, a maior parte dos respondentes indicou que as empresas não estão preparadas para lidar com os impactos que serão causados pela modularização e construção *off-site*.

Os resultados têm relação direta com o público respondente, formado em sua maioria por membros do elo de Projeto, Consultoria e Gerenciamento, principalmente no que diz respeito ao nível de preparo para utilizar o BIM. Historicamente, a adoção do BIM demonstra ser menor para os demais elos [16].

Figura 4: Nível de preparo das empresas para lidar com as inovações



Fonte: os autores.

A última pergunta, aberta, foi configurada para não ser de resposta obrigatória, mas teve 6 respondentes. Entre as inovações apontadas, destacam-se o uso de sistemas com tecnologia internet das coisas (IoT) para monitoramento de perdas e gestão em tempo real do consumo, e sistemas inovadores de aquecimento de água, sem especificar qual, com duas respostas para cada inovação. Além disso, uma das respostas indicou que a aplicação de realidade virtual e realidade aumentada na execução e comissionamento de obras pode impactar a cadeia produtiva nos próximos anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou investigar as inovações que estão transformando a estrutura da cadeia produtiva dos sistemas prediais hidráulicos de água fria e água quente. Diante do contexto de baixa produtividade, necessidade de aplicação de soluções sustentáveis na indústria e alta taxa de identificação de manifestações patológicas nesses sistemas, torna-se crucial adotar inovações autônomas ou, principalmente, sistêmicas no setor.

A revisão bibliográfica identificou diversas inovações, como o *Building Information Modeling* (BIM), a construção *off-site* com ênfase específica nos kits hidráulicos, o uso de tubulações PEX, entre outras. Essas inovações visam melhorar a eficiência dos processos, racionalizar a construção, reduzir custos e promover a sustentabilidade, especialmente no que diz respeito à economia de água.

Quanto ao impacto das inovações, os resultados da entrevista indicaram que algumas, como a individualização de hidrômetros, o BIM e os kits hidráulicos, já causaram

impacto significativo na cadeia produtiva. No entanto, a modularização e construção *off-site* e o uso de tubulações em PEX são percebidas como inovações que a impactarão nos próximos anos. Quanto à preparação das empresas para lidar com esses impactos, observou-se um nível variado de prontidão, sendo que a modularização e construção *off-site* apresentaram o menor preparo percebido.

Este trabalho contribui para a compreensão das inovações que estão moldando a cadeia produtiva dos sistemas prediais hidráulicos, destacando a importância de uma abordagem sistêmica. Mais estudos são necessários para entender o nível prático de impacto na cadeia produtiva, dessas e outras inovações, para cada um de seus elos.

REFERÊNCIAS

[1] JOÃO RIBEIRINHO, Maria et al. The next normal in construction. **McKinsey & Company**, 2020.

[2] HAMILTON, Ian et al. Global status report for buildings and construction. **United Nations Environmental Programme**, 2024.

[3] LAVIKKA, Rita et al. Value creation and capture in systemic innovation implementation: case of mechanical, electrical and plumbing prefabrication in the Finnish construction sector. **Construction Innovation**, v. 21, n. 4, p. 837-856, 2021.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626** – Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente – Projeto, Execução, Operação e Manutenção. 2020.

[5] FIGUEIREDO, Chenia Rocha; CAVALCANTI, Mariana Silva Couto; QUINTANILHA, Debora Santos Aires. Mudanças práticas para o recebimento de instalações hidráulicas de edifícios. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. 3, p. 1-7, 2023.

[6] KORMAN, Thomas M.; LU, Na. Innovation and improvements of mechanical, electrical, and plumbing systems for modular construction using building information modeling. **AEI 2011: Building Integration Solutions**. 2011. p. 448-455.

[7] FERREIRA, Edson Matheus Santos. Programação em plataforma BIM: Desenvolvimento de rotinas em programação visual computacional para o dimensionamento de sistemas prediais de água fria e água quente de acordo com a ABNT NBR 5626. **Universidade Federal de Uberlândia**. 2022.

[8] ATENCIO, Edison et al. Towards the integration and automation of the design process for domestic drinking-water and sewerage systems with BIM. **Applied Sciences**, v. 12, n. 18, p. 9063, 2022.

[9] LI, Xiaodan; LI, Zhongfu; WU, Guangdong. Modular and offsite construction of piping: Current barriers and route. **Applied Sciences**, v. 7, n. 6, p. 547, 2017.

[10] DI RUZZA, Giulia; DE AZEVEDO CARDOSO, Luiz Reynaldo. Kits hidráulicos prediais industrializados. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. 2, 2021.

[11] ANSELMO, Mariana Silva; ONEDA, Tania Mara Sebben. Aspectos técnicos e econômicos de diferentes tipos de materiais nos sistemas prediais hidráulicos: análise comparativa entre PEX e PVC. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. 3, p. 127-135, 2023.

[12] GONÇALVES, Rigley César Matias; DE PAULA, Heber Martins. Análise da pegada de carbono no transporte de tubulações de pvc no estado de goiás. **Simpósio Nacional De Sistemas Prediais**, v. 3, p. 118-126, 2023.

[13] GONÇALVES, Rigley César Matias; DE PAULA, Heber Martins. O impacto do transporte no ciclo de vida e na adoção dos tubos de PVC e PEX em um país de dimensões continentais. **Paranoá**, n. 34, p. 1-22, 2023.

[14] COSTA, Robson et al. Individualização de hidrômetros no modelo convencional em sistemas prediais verticais aprovados pela companhia de saneamento do distrito federal. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. 3, p. 45-54, 2023.

[15] MOURA, Priscila Gonçalves et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 791-808, 2020.

[16] CASTELO, Ana Maria et al. A digitalização na construção: o uso do BIM. **Blog do IBRE.** São Paulo, 18 de abril de 2024. Disponível em: < https://blogdoibre.fgv.br/posts/digitalizacao-na-construcao-o-uso-do-bim>. Acesso em: 09 de julho de 2024.