UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

TATIANE MEIRE DA SILVA ALVES

SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE: PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E O USO DE TECNOLOGIAS BIM EM CANTEIROS DE OBRAS

AQUA-HQE CERTIFICATION SYSTEM: SUSTAINABLE PRACTICES AND THE USE OF BIM TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION SITES

LIMEIRA
2019

TATIANE MEIRE DA SILVA ALVES

SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE: PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E O USO DE TECNOLOGIAS BIM EM CANTEIROS DE OBRAS

AQUA-HQE CERTIFICATION SYSTEM: SUSTAINABLE PRACTICES AND THE USE OF BIM TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION SITES

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Tecnologia, na Área de Ambiente.

Orientadora: Profª. Dra. Eloisa Dezen-Kempter.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA TATIANE MEIRE DA SILVA ALVES, E ORIENTADA PELA PROFa. DRA. ELOISA DEZEN-KEMPTER

LIMEIRA
2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Felipe de Souza Bueno - CRB 8/8577

AL87s

Alves, Tatiane Meire da Silva, 1980-
Sistema de certificação AQUA-HQE : práticas sustentáveis e o uso de tecnologias BIM em canteiros de obras / Tatiane Meire da Silva Alves. – Limeira, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Eloisa Dezen-Kempter.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Impacto ambiental - Avaliação. 2. Modelagem de informação da construção. 3. Levantamentos. 4. Sustentabilidade. I. Dezen-Kempter, Eloisa, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: AQUA-HQE certification system : sustainable practices and the use of BIM technologies in construction sites
Palavras-chave em inglês:
Environmental impact analysis
Building information modeling
Surveys
Sustainability
Área de concentração: Ambiente
Titulação: Mestra em Tecnologia
Banca examinadora:
Eloisa Dezen-Kempter [Orientador]
Ana Lúcia Rocha de Souza Melhado
Gerusa de Cássia Salado
Data de defesa: 19-12-2019
Programa de Pós-Graduação: Tecnologia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: https://orcid.org/0000-0002-8143-848X
- Currículo Lattes do autor: http://lattes.cnpq.br/4513257133725257

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE: PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E O USO DE TECNOLOGIAS BIM EM CANTEIROS DE OBRAS

TATIANE MEIRE DA SILVA ALVES

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Profa. Dra. Eloisa Dezen-Kempter
Presidente e Orientadora/ Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Ana Lucia Rocha de Souza Melhado
Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP)

Profa. Dra. Gerusa de Cássia Salado
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Àqueles que me apoiaram e acompanharam nesta trajetória. Dedico este trabalho a minha família!

AGRADECIMENTOS

À orientadora desta pesquisa, Profa. Dra. Eloisa Dezen-Kempter, pela confiança e apoio na minha pesquisa.

À Professora Dra. Gisleiva Cristina dos Santos e Prof. Dr. Felippe Benavente Canteras, agradeço pelas valiosas sugestões feitas nos Exame de Qualificação, e de muita valia e enriquecimento deste trabalho.

Aos membros da banca de defesa.

À Fundação Vanzolini, especialmente o Leonardo, o qual contribuiu imensamente fornecimento de dados e contatos para a realização desta pesquisa.

À Empresa proActive Consultoria, em especial à Silvana Pinheiro, pela paciência em atender minhas ligações, contribuindo para ampliar o número de pessoas que responderam ao questionário desta pesquisa.

À Professora Larissa Avila Matos, do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC) da Unicamp, que contribuiu para nortear as questões estatísticas desta pesquisa.

Aos participantes respondentes, que, em vários encontros, ligações e e-mails, contribuíram compartilhando suas experiências profissionais para a realização desta dissertação.

Aos meus colegas da Pós-Graduação da FT/Unicamp, que contribuíram para ampliar a discussão abordada nesta dissertação.

E em especial a todas as pesquisadoras que fazem ciência e que enfrentam inúmeras batalhas para fazer diferença em suas histórias!

ALVES, T. M da S. Sistema de certificação AQUA-HQE: práticas sustentáveis e o uso de tecnologias BIM em canteiros de obras. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2019

RESUMO

O setor da construção civil, em âmbito internacional e nacional, se vê impulsionado a investir em atitudes mais sustentáveis para diminuir o panorama crítico de desperdício e estabelecer as metas de proteção ambiental, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e preservação dos recursos naturais. Assim, esta pesquisa foi realizada em duas etapas: uma revisão sistemática de literatura, para identificar, em âmbito internacional, as práticas ambientais nos canteiros de obras de construção sustentáveis. Na segunda etapa realizou-se a *survey*, uma análise da implantação de práticas sustentáveis nos canteiros de obras em empreendimentos habitacionais, utilizando dados de uma pesquisa respondida por sete construtoras que possuem a certificação ambiental AQUA-HQE sediadas no estado de São Paulo. As práticas sustentáveis mais identificadas na revisão sistemática de literatura foram: a gestão de resíduos de construção; a gestão e eficiência no uso de água; a minimização da poluição sonora; o controle e monitoramento da poluição do ar; o uso materiais não tóxicos; a eficiência energética; a gestão ambiental e a aplicação de tecnologia BIM. Na *survey* constatou-se que a implantação de edifícios sustentáveis está em fase inicial. Os critérios de sustentabilidade indicados na certificação AQUA-HQE são atendidos, mas as estratégias ambientais de maior domínio nos canteiros de obras são o gerenciamento de resíduos sólidos e as ações para limitar os incômodos visuais e os incômodos de circulação de veículos. O uso de tecnologia da informação computacional (ferramentas BIM), como um potencial de contribuição para a sustentabilidade, foi identificado em apenas um canteiro de obras. Este trabalho buscou contribuir com a melhoria ambiental do setor da construção civil para entender melhor as práticas sustentáveis nos canteiros de obras. Assim, os resultados desta pesquisa visam ampliar o número de construtoras, engenheiros, arquitetos e construtores a implantarem um sistema de sustentabilidade nos canteiros de obras, independentemente de ter ou não a certificação ambiental.

Palavras chave: *Certificações Ambientais; AQUA-HQE; BIM; Survey; Sustentabilidade.*

ALVES, T. M da S. AQUA-HQE certification system: and the use of BIM technologies in construction sites. 2019. 99 f. Dissertation (Master´s in Technology) School of Technology, University of Campinas, 2019.

ABSTRACT

The construction sector, both internationally and nationally, is driven to invest in more sustainable attitudes to reduce the critical scenario of waste and set environmental protection goals, contributing to the reduction of environmental impacts and preservation of natural resources. Thus, this research, was carried out in two stages: a systematic literature review, to identify internationally the environmental practices in sustainable construction sites. In the second stage, the survey conducted an analysis of the implementation of sustainable practices in construction sites in housing developments, using data from a survey answered by seven construction companies that have the environmental certification AQUA-HQE based in the state of São Paulo. The most identified sustainable practices in the systematic literature review were: construction's waste management, water management and efficiency, noise pollution minimization, air pollution control and monitoring, non-toxic materials use, energy efficiency, environmental management and the use of BIM technology. The survey found that the implementation of sustainable buildings is in its early stages. The sustainability criteria stated in the AQUA-HQE certification are met, but the most prevalent environmental strategies at construction sites are solid waste management and visual disruption and vehicle traffic. The use of computer information technology, BIM tools, a potential contribution to sustainability has been identified in only one construction site. This work sought to contribute with the environmental improvement of construction's sector to better understand sustainable practices at construction's sites. Thus, the results of this research aim to increase the number of builders, engineers, architects and builders to implement a sustainability system in the construction's sites, regardless of whether or not they have environmental certification.

Keywords: *Rating systems; AQUA-HQE; BIM; Survey; Sustainability; Environmental Certification.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento da pesquisa 20
Figura 2 - Certificados e Registros acumulados LEED no Brasil 26
Figura 3 - Registros por Tipologia - Certificação LEED 27
Figura 4 - Projetos com registro de certificação AQUA-HQE por tipologia 29
Figura 5 - Projetos com registro de certificação AQUA-HQE por Estado 30
Figura 6 - Categorias da Certificação AQUA divididas por temas 30
Figura 7 - Critérios para o Canteiro de Obras 32
Figura 8 - Fluxograma PRISMA 39
Figura 9. Número de trabalhos identificados por bases 41
Figura 10. Fluxograma PRISMA aplicado a cada etapa da RSL 42
Figura 11 – Frequência dos artigos por periódicos 44
Figura 12. Estrutura hierárquica parcial da Certificação AQUA-HQE 49
Figura 13 – Histograma com distribuição das respostas relativas ao projeto 76
Figura 14 - Histograma: distribuição das respostas relativas ao canteiro de obras 77
Figura 15 - Histograma com distribuição das respostas aos fatores relativas à mão-de-obra 78
Figura 16 - Histograma dos fatores externos que afetam a produtividade 80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de artigos e dissertações por ano de publicação 45
Gráfico 2 - Gráfico das palavras-chaves 45
Gráfico 3 - Comparação entre anos de Mercado e experiência com edifícios certificados..... 64
Gráfico 4 - Percentual de canteiros que otimizam a geração de resíduos 66
Gráfico 5 - Ações de Gerenciamento de Resíduos no Canteiro..... 67
Gráfico 6 - Ações para limitar os incômodos sonoros 69
Gráfico 7 - Ações para limitar os incômodos visuais 70
Gráfico 8 - Ações para limitar incômodos de circulação de veículos..... 70
Gráfico 9 - Ações para evitar incômodos ao trânsito de pedestres 71
Gráfico 10 - Ações para evitar Incômodos de materiais particulados, lama e concreto 71
Gráfico 11 - Ações para limitar a poluição da água, solo e subsolo 72
Gráfico 12 - ações para limitar a poluição do ar no canteiro 73
Gráfico 13 - Ações de controle de Consumo de água..... 73
Gráfico 14 - Sistemas Economizadores implementados nos canteiros estudados 74
Gráfico 15 - Ações adotadas para perdas incorporadas 74
Gráfico 16 - Obra no Prazo 75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais Sistemas de Certificação Ambiental Mundial 22
Quadro 2 - Característica dos principais Sistemas de Certificação 23
Quadro 3 - Protocolo de pesquisa 40
Quadro 4 - Revisão sistemática de literatura para estruturação 46
Quadro 5 - Tecnologia BIM e sua melhorias nos canteiros de obras 51
Quadro 6 - Indicador de práticas sustentáveis nos canteiros de obras. 512
Quadro 7 - Técnicas para promover a qualidade do ar nos canteiros de obras 56
Quadro 8 - Tópicos e Itens da Survey 58
Quadro 9 - Identificação dos respondentes 60
Quadro 10 - Caracterização das obras pesquisadas 61
Quadro 11- Perfil dos Respondentes 62
Quadro 12 - Perfil das Empresas ..... ……63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos estudos por tipologia 43
Tabela 2 - Fatores que afetam a produtividade relativos ao projeto..... 75
Tabela 3 - Fatores que afetam a produtividade no Canteiro de obras 76
Tabela 4 - Fatores relacionados com mão de obra que afetam a produtividade..... 77
Tabela 5 - Fatores externos que afetam a produtividade 79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira de Indústria da Construção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSTB	*Centro Scientifique et TechniqueduBâtiment*
FCAV	FUDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI
GBC	Green Building Council
HK - BEAM	Hong-Kong Building Environmental Assessment Method
HQE	*Haute QualitéEnvironnementale*
LEED	*Leadership in Energy and Environmental Design*
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil
SCC	Setor da Construção Civil
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
SINDUSCON	Sindicato da Construção
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
USP	Universidade de São Paulo

Sumário

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Contextualização 15
1.2 Hipótese-tema 18
1.2.1 Objetivo Geral 19
1.2.2 Objetivos Específicos 19
1.3 Estrutura da dissertação 19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 21
2.1 Panorama das Certificações Ambientais para edificações 21
2.1.1 Sistemas de Certificação de Edifícios no Brasil 25
2.1.2 Certificação AQUA-HQE 28
2.2 Canteiro de obras de baixo impacto ambiental 31
2.3 Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas à construção civil 34
3 ESTADO DA ARTE 38
3.1 RSL - Protocolo Empregado 38
3.2 Análise dos resultados 42
3.2.1 Análise quantitativa 43
3.2.2 Análise qualitativa 46
4 SURVEY 56
4.1 Desenho do questionário 57
4.2 Grupo e seleção de amostras 60
4.3 Resultados 61
4.3.1 Caracterização dos Respondentes 61
4.3.2 Caracterização das empresas 62
4.3.3 Uso de Ferramentas BIM 65
4.3.4 Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras 65
4.3.5 Incômodos 69
4.3.6 Poluição 72
4.3.7 Consumo de Recursos 73
4.3.8 Fatores que afetam a produtividade 74
5 CONCLUSÃO 81
6 REFERÊNCIAS 82
7 ESTUDOS SELECIONADOS NA RSL 86
8 APÊNDICE 92

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A construção civil tem grande importância para a economia brasileira. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT,2017), no ano de 2016 a cadeia produtiva da construção civil obteve um valor adicionado de R$ 460 bilhões, o que corresponde a 7,3% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, e empregou 11,6 milhões de pessoas.

Apesar do destaque econômico do Setor da Construção Civil (SCC) para o país, ele é considerado como o que mais contribui para a degradação do meio ambiente. Isto ocorre porque o SCC é responsável por diversas transformações no ambiente natural, necessárias ao pleno desenvolvimento das atividades humanas.

Este contexto de degradação ambiental provocada pelo SCC tem impulsionado ações para reduzir os impactos ambientais, preservar os recursos naturais e diminuir a poluição causada pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em todas as fases da obra (OLIVEIRA *et al*., 2011). No ano de 2013, o SCC responsável pela a produção de cimento emitiu 41,7 milhões de toneladas de CO2 (IEMA, 2015). Em 2017, nas cinco regiões do Brasil, o panorama nacional da Coleta de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) registrou mais de 123 mil toneladas de resíduos coletados por dia, destacando-se a região Sudeste com 64.063 toneladas por dia (ABRELPE, 2017).

No Brasil, práticas sustentáveis no SCC ganharam força em 2006, com a criação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), cujo intuito é promover a práticas sustentáveis na construção civil em âmbito nacional, fomentando a inovação, a união e o desencadeamento de ações entre este e outros setores da sociedade, com o viés para políticas públicas e setoriais (BARATELLA, 2011). O CBCS tem o objetivo de garantir qualidade de vida aos usuários, aos trabalhadores e ao meio ambiente no que tange à edificação (LIMA, 2013).

O conceito de construção sustentável enfatiza ações que visam encontrar ou criar soluções para problemas ecológicos, utilizando tecnologia, selecionando os materiais e seus fornecedores, criando prédios que atendam às necessidades de seus usuários e do meio ambiente (VAZQUEZ *et al*., 2011). As inúmeras definições de

Construção Sustentável concordam na aplicação de princípios de desenvolvimento sustentável no ciclo de vida da construção civil, desde o momento da concepção da edificação, da construção, da mineração de matéria-prima, até a produção e a sua transformação em material de construção, uso, demolição e o gerenciamento de resíduos (YILMAZ; BAKIS, 2015).

A mudança do paradigma da sustentabilidade levou as empresas do setor a melhorar o desempenho do processo de construção buscando edifícios mais eficientes e sustentáveis, através da certificação ambiental de seus empreendimentos. Os métodos de avaliação ambiental disponíveis no Brasil: são LEED, AQUA-HQE, BREAM, GBC BRASIL CASA E CONDOMÍNIO e SELO CASA AZUL. Eles apresentam alguns conceitos em comum, que podem ser definidos, de maneira simplificada, pelos seguintes aspectos: (i) impactos do empreendimento no meio urbano; (ii) energia e emissões atmosféricas; (iii) conforto e salubridade do ambiente interno; (iv) materiais e resíduos e uso racional da água.

Em nível mundial, observa-se a preocupação em diminuir os impactos causados pela demanda da construção civil na evolução rápida das metodologias para certificação ambiental de edificações desde a década de 1990. Existem hoje em todo o mundo cerca de sessenta sistemas de classificação que avaliam o impacto ambiental de edifícios (KIBERT, 2013; BERNARDI et al, 2017). Na China constatou-se um aumento no número de pessoas que estão implementando os princípios de desenvolvimento sustentável em suas propriedades, definido o design de propriedades verdes como uma tecnologia de construção popular (TAM; SHEN; OCHOA, 2013).

Com isso, observa-se uma tendência cada vez maior de inserção de indicadores de sustentabilidade na construção de edificações e da busca por critérios e metodologias de avaliação ambiental de edifícios, os denominados sistemas de certificações. Mesmo assim, há certa resistência para a adoção generalizada de selos sustentáveis em edificações devido à complexidade e ao alto custo do investimento na documentação para as certificações (YUDELSON, 2013; TAM; SHEN; OCHOA, 2013).

Os edifícios sustentáveis — ou verdes — são sensíveis às questões do meio ambiente, do consumo de recursos e energia, do impacto humano no meio natural, da perspectiva financeira de retorno de investimento, às questões das águas subterrâneas e do aquecimento global (KATS, 2003; YU; LU; SAN, 2014). São definidos como edifícios sustentáveis aqueles que são flexíveis e facilmente adaptáveis a diferentes regiões de

acordo com as características físicas, climáticas e socioculturais das populações (SMALL, MANSOOR, 2016).

De acordo com Yudelson (2013) há uma enorme valorização imobiliária das edificações comerciais certificadas. Os aluguéis e as taxas de ocupação são mais altos nas edificações sustentáveis, e por possuírem custos operacionais mais baixos os preços de venda e revenda são mais elevados. Os benefícios financeiros das edificações sustentáveis, em comparação aos edifícios convencionais, abrangem desde a economia nas contas de energia e água (em geral 30 a 50%) aos ganhos de produtividade e benefícios de marketing para empreendedores e grandes corporações, entre outros (KATS, 2003).

Segundo Yudelson (2013), as certificações ambientais de edificações estão se tornando cada vez mais usuais no Brasil. Muitos empreendedores têm percebido seu valor e obtido bons retornos de investimentos. Para as construtoras, por exemplo, as implementações de iniciativas e de estratégias de redução dos impactos ao meio ambiente trazem benefícios à sua imagem, ao ligá-las a questões relacionadas aos problemas ambientais e sociais (OLIVEIRA; SPOSTO; BLUMENSCHEIN, 2012). As empresas que adotam ações voltadas à canteiros de obras com menor impacto ambiental são sistematizadas em função da certificação em sustentabilidade (LORDSLEEM; LIMA, 2011).

Para Sinduscon (2012), nos canteiros de obras o conceito da Construção Sustentável está aplicado na implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção (PGRC). Assim, o grande gerador, representado pelas construtoras, deverá implantar nos canteiros de obras a correta destinação dos resíduos. Estas ações visam a não geração, o reaproveitamento e a reciclagem de resíduos. É importante que isto seja considerado desde a etapa de projeto na especificação de materiais e sistemas construtivos até o correto manejo dos resíduos.

Araújo (2009) sintetiza o conceito de construção sustentável na relação com o consumo racional de água e energia; com o uso de energias renováveis; com a seleção de materiais baseada no ciclo de vida; com a racionalização do consumo de recursos na etapa de construção; e com a redução dos impactos dos canteiros de obras.

O início do processo de construção é marcado pela fabricação e transporte. A fase de construção é classificada em: atividades que ocorrem no local, atividades

externas (como a pré-fabricação e preparo de material em usinas de concreto) e a cadeia de suprimentos estendida (DEVI; PALANIAPPAN, 2014). Para alcançar o aumento de desempenho nos processos produtivos é necessário adotar um grande número de indicadores de sustentabilidade (SERRA et al., 2017). Contudo, vale ressaltar que a ausência de certificações ambientais nos empreendimentos não inviabiliza a implementação de práticas de sustentabilidade nos canteiros de obras.

Portanto, durante o início do processo de construção há a necessidade de estabelecer critérios direcionados que tenham impacto positivo no alcance das práticas de sustentabilidade, incluindo os canteiros de obras. Esses critérios de sustentabilidade possibilitam que as construtoras considerem o sistema de certificação AQUA-HQE nos procedimentos para a implementação de canteiros de obras mais sustentáveis.

1.2 Hipótese-tema

Como a certificação AQUA-HQE tem contribuído para que canteiros de obras se tornem mais sustentáveis no estado de São Paulo, a hipótese tema desta pesquisa admite a importância da existência de pré-requisitos para a sustentabilidade ambiental nos canteiros de obras – os quais possam atender às diretrizes e exigências estabelecidas no referencial técnico da certificação ambiental.

Esta pesquisa procurou compreender as premissas da certificação ambiental AQUA-HQE para os canteiros de obras e responder as seguintes questões: (a) como são os canteiros de obras classificados como sustentáveis em casos selecionados que possuam a certificação AQUA-HQE? (b) quais critérios de avaliação de sustentabilidade devem ser considerados nos canteiros de obras? (c) as tecnologias de informação têm sido empregadas neste processo? (d) como a certificação ambiental AQUA-HQE pode contribuir com a efetivação de práticas sustentáveis na fase de execução das obras? (e) os pré-requisitos de boas práticas no canteiro de obras responsável da certificação AQUA-HQE são atendidos em sua totalidade?

Partindo-se destas indagações foram definidos os objetivos geral e específicos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as práticas ambientais e o uso de tecnologias da informação implementadas nos canteiros de obras de edifícios habitacionais que possuem a certificação AQUA-HQE em casos selecionados no estado de São Paulo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Entender quais são as práticas ambientais em canteiro de obras de edifícios habitacionais no Estado de São Paulo, que possuem a certificação AQUA-HQE.
- Analisar como se dá a implementação do Sistema de Certificação AQUA-HQE em canteiros de obras.
- Investigar a produção científica disponível sobre a certificação de edificações e canteiros de obras sustentáveis.
- Levantar as tecnologias de informação que favoreçam a sustentabilidade da construção civil.

1.3 Estrutura da dissertação

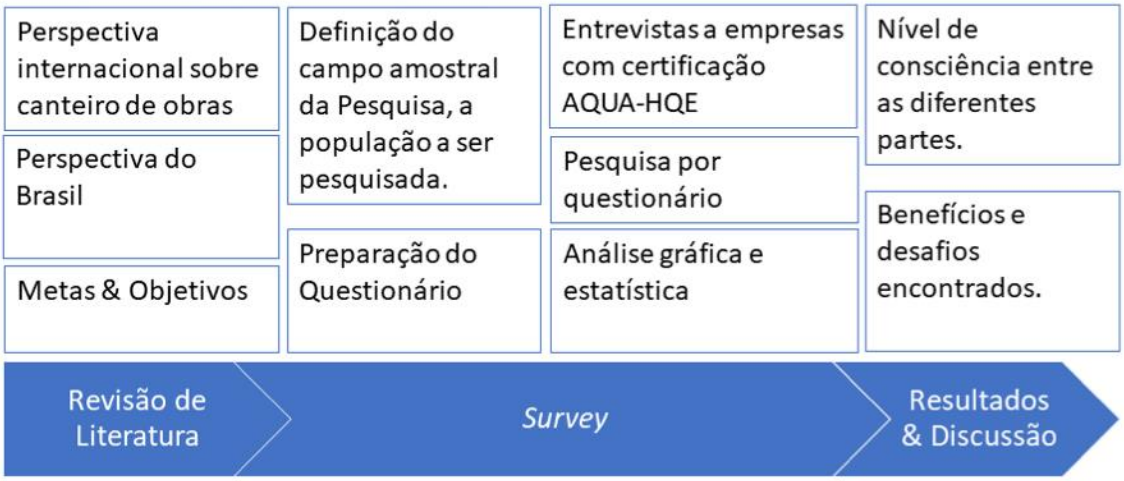
A pesquisa de mestrado que resultou nesta dissertação foi baseada em estudo de caso típico, representado aqui pela análise de aspectos relacionados à categoria “Canteiro de Obras com baixo impacto ambiental” em empreendimentos habitacionais com a Certificação Ambiental AQUA-HQE.

Para responder à questão da pesquisa, “como a certificação AQUA-HQE têm contribuído para canteiros de obras mais sustentáveis no estado de São Paulo?”, foi empregada metodologia qualitativa e quantitativa.

A abordagem qualitativa teve o propósito de fornecer fundamentação teórica à pesquisa e conhecer o estado da arte de estudos que relacionam os sistemas de certificação, canteiro de obras, e tecnologia BIM, realizou-se, então, uma revisão sistemática de literatura. Para a abordagem quantitativa foi empregada a pesquisa do tipo *survey*, que coletou dados de casos selecionados para examinar as práticas de sustentabilidade em canteiros de obras com certificação AQUA-HQE, no estado de São Paulo.

A Figura 1 apresenta as três etapas para a realização desta pesquisa: revisão sistemática de literatura; *survey*; discussão e resultados.

Figura 1 - Etapas do desenvolvimento da pesquisa



No intuito de organizar os dados coletados nas diferentes etapas, essa dissertação está estruturada em 5 capítulos. O primeiro capítulo, introdutório, apresentou brevemente os temas abordados nesta dissertação, juntamente com a hipótese e os objetivos do trabalho. O segundo capítulo discorre sobre a fundamentação teórica apresentando um panorama necessário para compreensão da pesquisa, focando nos conceitos das certificações ambientais, canteiro de obras e as TICs aplicadas à construção civil. O terceiro capítulo trata o estado da arte das pesquisas desenvolvidas na temática estudada, são apresentadas a metodologia, resultados e síntese da revisão sistemática de literatura. O quarto capítulo abordada a metodologia e resultados da *Survey*. E o último capítulo dessa dissertação apresenta, a título de conclusão, uma síntese dos resultados da abordagem qualitativa e quantitativa empregadas para responder à questão da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo discorre sobre o referencial teórico necessário para compreensão da pesquisa, focando no panorama mundial e nacional acerca das certificações ambientais e da sustentabilidade, com ênfase na Certificação AQUA-HQE que é o objeto de estudo dessa dissertação. Neste capítulo discorre sobre o referencial teórico necessário para a compreensão da pesquisa, focando no panorama mundial e nacional acerca das certificações ambientais e da sustentabilidade, com ênfase na Certificação AQUA-HQE no contexto do canteiro de obras, que é o objetivo de estudo dessa dissertação. Também é considerado o papel das Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas ao SCC, principalmente a tecnologia BIM nos processos de projeto e acompanhamento da obra.

2.1 Panorama das Certificações Ambientais para edificações

Os sistemas de certificação definem diretrizes e níveis de eficiência para as edificações sustentáveis. Eles podem tratar de considerações do terreno e de estratégias de crescimento inteligentes, uso de materiais que não contenham toxinas que prejudiquem o meio ambiente e a saúde humana, dando preferência a materiais com certificação. Os sistemas de categorização, certificação ou selo ecológico proporcionam uma escala para se avaliar a incorporação de estratégias sustentáveis de uma edificação em comparação com prédios convencionais.

Mesmo com a avaliação de sustentabilidade como o objetivo comum, diversos sistemas de avaliação podem produzir resultados diferentes devido a seus variados formatos estruturados. Assim, os métodos de avaliação possuem níveis de hierarquia: categorias, critérios e indicadores. As categorias são o nível superior da hierarquia e definem o escopo da avaliação de sustentabilidade. Os critérios são o nível médio da hierarquia, e cada um deles compreende um ou mais indicadores para medir a sustentabilidade de um edifício.

A sustentabilidade em edifícios é alcançada pela avaliação de categorias determinadas nas certificações de construção. A certificação LEED as categorias avaliada são: (1) energia e atmosfera; (2) localização, transporte e locais sustentáveis; (3) materiais e recursos; (4) materiais, recursos e locais sustentáveis; (5) eficiência da

água, (6) material de recursos; (7) qualidade ambiental interna; (8) inovação e prioridades regionais. Na certificação AQUA-HQE as questões de desempenho ambiental do edifício são abordadas por temas ambientais, como: energia e economias; meio ambiente; saúde e segurança.

Os autores Amasuomo, Atanda e Baird (2017) ao revisarem os sistemas de classificação de edifícios LEED e BREEAM concluíram que a produtividade dos sistemas de certificação depende significativamente da capacidade de abordar as questões contextuais da região e incorporar uma ferramenta de projeto que atenda às questões básicas locais.

As certificações ambientais se originaram nos anos 1990 na Europa e nos Estados Unidos, incluindo a certificação *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) no Reino Unido, a certificação *Haute Qualité Environnementale* (HQE) na França e *Leadership in Energy and Environmental Certificação Design* (LEED) nos Estados Unidos.

O quadro 1 apresenta o panorama mundial de certificações ambientais desenvolvido a partir de Kibert (2013). Nota-se que certificações ambientais em âmbito mundial têm ganhado força. A Certificação BREEAM é adotada, além de seu país de origem (Reino Unido), em seis outros países, incluindo o Brasil. A Certificação LEED é reconhecida mundialmente, incluindo EUA e Brasil. O Green Star aparece em três países e o AQUA-HQE na França, Espanha, Alemanha, Marrocos e Brasil.

Quadro 1 - Principais Sistemas de Certificação Ambiental Mundial

País	Sistema de Certificação
África do Sul	Green Star SA
Argentina	LEED Argentina
Austrália	Nabers/ Green Star
Brasil	AQUA-HQE/ BREEAM/ Casa Azul/ LEED Brasil/ Procel/ GBC Brasil & Condomínio
Canada	LEED Canada / Green Globes/ ATHENA™
China	GHEM/ GOBAS/ DGNB/ ESGB
Cingapura	Green Mark
Córeia	GBC
EmiradosÁrabes Unidos	Estidama
Espanha	VERDE/ DGNB/ BREEAM ES/ HQE
Estados Unidos	LEED/ Green Globes
Filipinas	BERDE/ Philippine Green Building Council
Finlandia	PromisE/ BeCost
França	HQE ™ / ESCALE
Alemanha	DGNB/ BREEAM DE/ HQE
Hong Kong	BEAM Pllus/ CEPAS

Índia	TERI-GRIHA / LEED India
Indonésia	Green building
Itália	LEED Italy/ Protocolo ITACA/ AQUA-HQE
Japão	CASBEE
Jordânia	EDAMA
Malásia	GBI Malaysia
Marrocos	AQUA
México	SICES
PaísesBaixos	BREEAM-NL/ SIMAPRO/ Eco-Quantum
Nova Zelândia	Green Star NZ
Portugal	Lider A/ SBToolPT
ReinoUnido	BREEAM
RepúblicaCheca	SBToolCZ/ DGNB
Suíça	BREEAM CH/ DGNB/ Eco-Bat
Taiwan	EEWH

Fonte: a autora, baseado em Kibert (2013)

As certificações ambientais de maior destaque internacional, segundo afirmam os autores (KEELER; BURKE, 2010; BERNARDI et al, 2017; GLUSZAK, 2015), seja em número de certificações emitidas ou de países que a adotaram, são: BREEAM, HQE, LEED, CASBEE e Green Star. As características das principais certificações ambientais estão sumarizadas no Quadro 2, abaixo:

Quadro 2 - Característica dos principais Sistemas de Certificação

Sistema de Certificação	Características
Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology **(BREEAM)**	Primeiro sistema desenvolvido no Reino Unido em 1988. Atualmente há cerca de 566.000 certificados. A avaliação de sustentabilidade é composta de 10 categorias através de 71 critérios no total. As categorias do BREEAM abrangem energia e poluição; uso da terra ecológica, poluição e transporte; materiais; gestão e desperdício; água; desperdício; saúde e bem-estar e inovação
Haute QualitéEnvironnementale **(HQE)**	Desenvolvido pela a associação HQE em 1994 na França. Na Europa, principalmente na França, o HQE domina o mercado por área de superfície, com aproximadamente 59 milhões de m^2 de certificações (GBC, 2015). A certificação HQE aborda os itens ambientais para as questões de desempenho ambiental do edifício está subdivida em temas como: energia, meio ambiente, conforto e saúde. As categorias são distribuídas respectivamente em energia; local, componentes, canteiro de obras, água, resíduos e desperdício e manutenção; qualidade de espaços, qualidade do ar, qualidade sanitária da água e reconhecimento dos princípios de equivalência.
Leadership in Energy & Environmental Design **(LEED)**	Em 2017 a certificação alcançou um total de 37.326 projetos certificados nos seguintes países/regiões: Brasil, Estados Unidos, China, Canadá, Índia, Alemanha, República da Coréia, Taiwan, Turquia, México, Emirados Árabes Unidos e Estados Unidos (GBC, 2018).

	A avaliação para a certificação ocorre em torno de sete categorias: (1) espaço sustentável, (2) eficiência do uso da água, (3) energia e atmosfera, materiais e recursos, (4) qualidade ambiental interna, (5) inovação e processos e (6) créditos regionais.
Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency **(CASBEE)**	Atua somente no Japão, sendo que no período de 2004 a 2015 foram realizadas 541 certificações. A certificação ocorre nas intervenções de pré-projeto, construção nova, construção existente e reformas. A avaliação para a certificação é a medida da relação entre a Qualidade Ambiental Construída (Q) e da Carga Ambiental Construída (LR) denominada de Eficiência Ambiental da Edificação (BEE). As categorias avaliadas são: ambiente interno, serviço de qualidade, ambiente ao ar livre no local, energia, recursos e materiais, e ambiente externo.
Green Star **(GS)**	Atualmente possuí cerca de 1900 projetos certificados, o sistema de avaliação tem atuação na Austrália, Nova Zelândia e Sul da África. Os critérios de avaliação de certificação são baseados em 100 pontos de créditos, a análise é realizada por 9 categorias: gestão, qualidade do ambiente interno, energia, transporte, água, material, uso da terra e ecologia, emissões e inovação (ILLANKOON *et al*, 2017).

Fonte: a autora

Dentre os sistemas com maior destaque em nível mundial estão as ferramentas de certificação BREEAM, HQE e LEED, com altos índices de aplicação na Europa e nas Américas, sendo que em muitos estados americanos a certificação LEED é obrigatória para determinadas tipologias de edificação. Estes sistemas de certificação possuem exigências específicas para os diferentes tipos de edifícios, assim como os tipos de intervenção: construções novas, edifícios existentes, reformas de edifícios e projetos de planejamento urbano. Em relação à tipologia de projetos dividem-se em: prédios residenciais; edifícios de escritórios, comerciais, educacionais, outros tipos de edifícios e planejamento urbano. As fases de construção são caracterizadas como pré-projeto e projeto, construção, pós-construção e uso/manutenção (BERNARDI; CARLUCCI; BOHNE, 2017).

As certificações ambientais BREEAM, HQE e LEED possuem abordagem diferenciadas no quesito de gestão de projetos. O BREEAM aborda vários aspectos como: gerenciamento de projetos, implantação, local de trabalho com mínimo impacto ambiental e envolvimento de partes interessadas. Já no HQE o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) é um sistema com forte atuação com foco na gestão global; e o LEED apresenta um processo interativo que ocorre desde o início do processo de projeto e vai até as escolhas dos processos construtivos e dos sistemas técnicos (GBC, 2015). Nessa pesquisa não aprofundaremos a questão de gestão de projetos, um tema muito importante e de complexidades a serem aprofundadas para estudos futuros.

As certificações LEED e HQE possuem temas similares: gerenciamento de resíduos no canteiro de obras, desempenho energético mínimo, equipamento de economia de água, criação de instalações de resíduos, introdução de medidores de energia e taxas mínimas de mudança de ar.

O BREEAM possui dez categorias distintas: (1) Gestão/Gerenciamento; (2) Saúde e bem-estar; (3) energia e emissões de CO_2; (4) Transporte; (5) Água; (6) materiais; (7) Resíduos; (8) Uso da terra e ecologia; (9) Poluição; e (10) inovação (LI *et al.*, 2017; BERNARDI; CARLUCCI; BOHNE, 2017). A categoria (1) engloba cinco critérios, e o critério "Impactos no canteiro de obras", no qual reside nosso interesse, é composto por cinco indicadores: consumo de energia; consumo de água; transporte de materiais de construção e resíduos; aquisição de madeira; gestão de canteiro de obras (LI *et al.*, 2017). Assim, a principal diferença entre BREEAM e LEED no processo de certificação é a forma de avaliação. No BREEAM a avaliação ocorre por um avaliador credenciado, enquanto no LEED a equipe de projeto produz a evidência e a certificação é fornecida pelo USGBC (SMALL; MAZROOEI, 2016).

2.1.1 Sistemas de Certificação de Edifícios no Brasil

Dentre os sistemas de certificação de edificações brasileiro destacam-se o AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental), o LEED, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), da Eletrobrás, o Selo CASA AZUL da Caixa Econômica Federal.

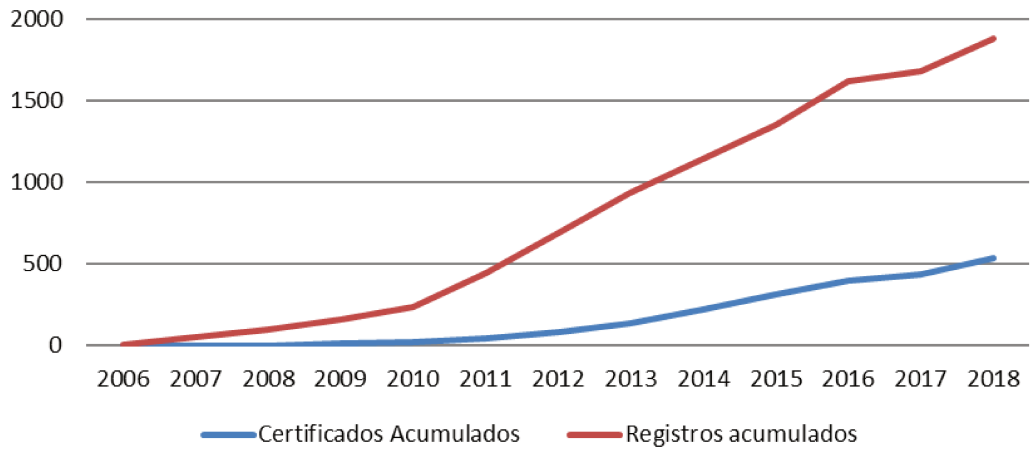
O PROCEL é emitido pela Eletrobrás, foi instituído em 2014 e tem como objetivo identificar as edificações que apresentam as melhores classificações de eficiência energética. Nos edifícios comerciais são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Nos edifícios habitacionais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água (PROCEL, 2017).

O Selo CASA AZUL foi desenvolvido em 2010 e é definido como “metodologia de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, onde são reconhecidas as propostas que apresentam soluções adequadas em relação ao seu contexto, uso e tipo de edificação” (GIZ,2013, p. 15). O objetivo do selo é valorizar os projetos de empreendimentos que reduzem os impactos ambientais. Há cerca de catorze projetos reconhecidos como Selo Azul distribuídos nos estados de São Paulo,

Pernambuco, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Minas Gerais (CAIXA, 2018). A certificação ocorre em empreendimentos habitacionais financiados pela Caixa Econômica Federal através da avaliação de 53 critérios organizados em seis categorias, como: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos naturais, gestão de águas e práticas sociais. (JOHN e PRADO, 2010).

O sistema de certificação LEED no Brasil é aplicado pelo *Green Building Council Brasil (GBC)*, fundado em 2007. Atualmente existem 1345 empreendimentos registrados com a intenção de obter a certificação, e 533 já foram certificados, totalizando 1878 registros acumulados (Figura 2).

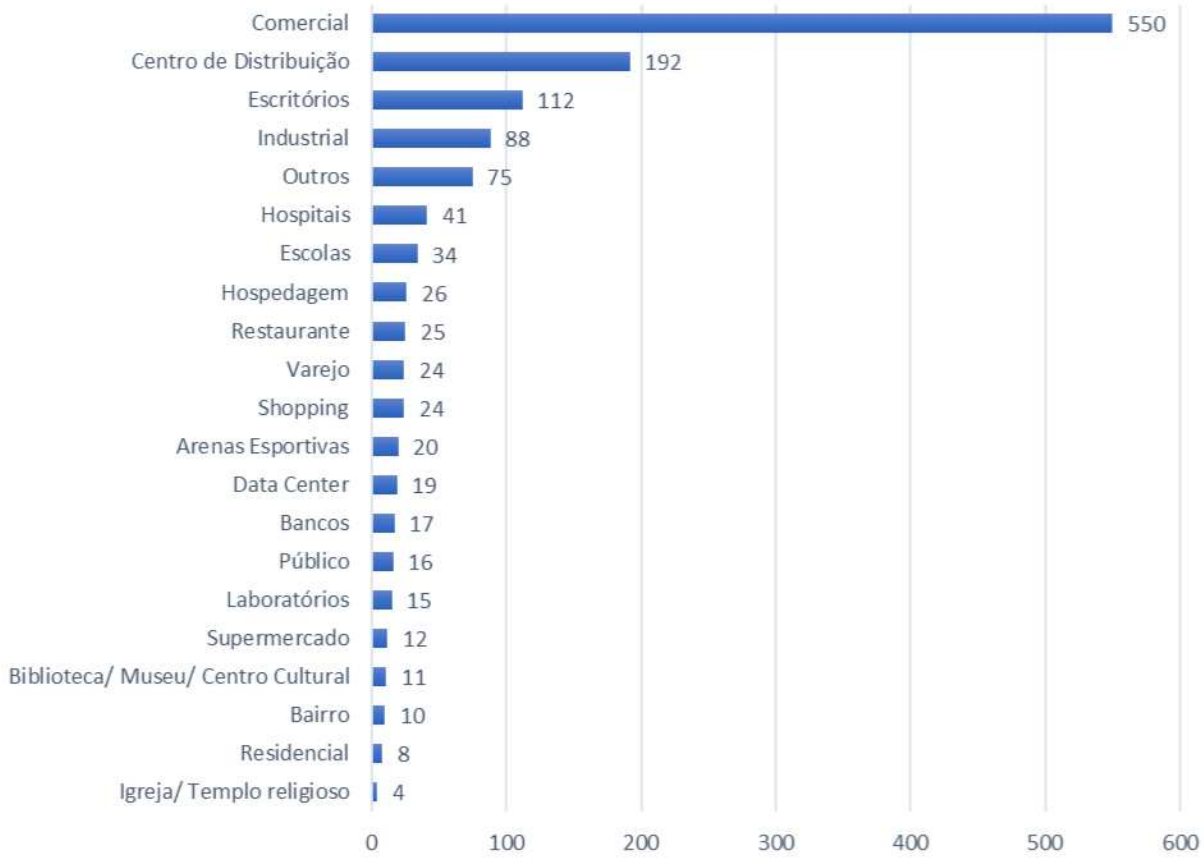
Figura 2 - Certificados e Registros acumulados LEED no Brasil



Fonte: GBC Brasil, 2019

Segundo dados do GBC (2018), a atuação do sistema de certificação LEED ocorre nos estados da Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santa, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe e São Paulo. Os registros da certificação LEED no Brasil alcançam o número de 1345, sendo que 41% dos registros são da tipologia comercial, 14% são da tipologia centro de distribuição, 8% são da tipologia escritórios, 6% são da tipologia industriais, e a tipologia residencial alcança aproximadamente 1% (Figura 3).

Figura 3 - Registros por Tipologia - Certificação LEED



Fonte: Adaptado de GBC Brasil (2017)

A certificação de Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é realizada pela Fundação Vanzolini, e foi lançado em fevereiro de 2007. A metodologia adotada é a francesa HQE adaptada à realidade brasileira. Para estruturar a certificação utiliza-se o referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) que avalia o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor e é uma ferramenta de controle nos processos operacionais relacionadas às fases de pré-projeto, projeto e execução. Os tipos de edifícios avaliados são: em construção residencial, em construção não residencial, em operação, em bairros e em loteamentos (FCAV, 2013).

Esta pesquisa abordará o Sistema de Certificação AQUA-HQE por ser um método conhecido e adaptado às características do Brasil, tendo como foco somente a categoria canteiro de obras em edificações residenciais.

2.1.2 Certificação AQUA-HQE

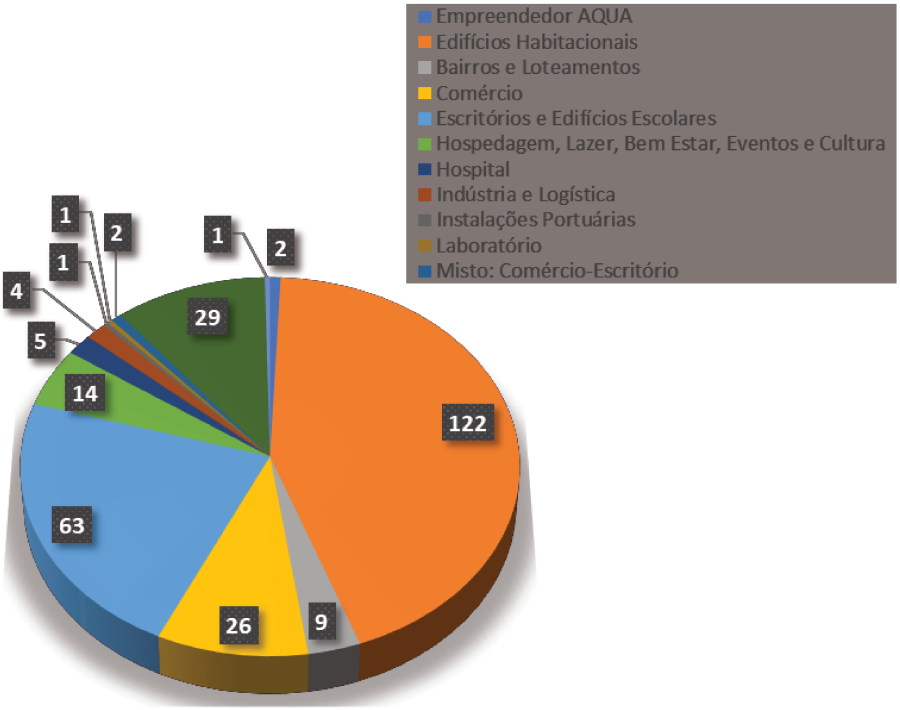
O processo AQUA é uma adaptação do selo francês HQE (*Haute QualitéEnvironmentale*), desenvolvido pela Fundação Vanzolini, pela Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo) e pelo CSTB (*Centre Scientifique et TechniqueduBâtiment*) (RODRIGO; CARDOSO, 2010; BARATELLA, 2011). O processo de certificação AQUA no Brasil existe desde 2008, seguido da criação da Rede Internacional de certificação HQE™ em 2013, visando a unificação de critérios e indicadores em nível mundial e criando uma identidade de marca única global (SILVA; BARROS, 2015). Assim, a Fundação Vanzolini fechou um acordo de cooperação com a Cerway, associada da HQE, para apoiar a avaliação em todo o mundo, com esta parceria a certificação passa a ter o nome AQUA-HQE. Nos estudos acadêmicos internacionais a certificação AQUA não recebeu muita atenção até o ano de 2017, enquanto no Brasil, a certificação HQE e a Fundação Vanzolini foram utilizadas nos trabalhos de Bernardi *et al.* (2017).

Para Mantonvani (2010) o processo de certificação AQUA, apesar de ainda não ser um sistema padrão para as empresas nacionais, é o processo de certificação que respeita a realidade do país e, por este motivo, é o método mais indicado. A escolha do sistema francês para adaptação às condições brasileiras deve-se ao fato deste estar mais focado na gestão e no processo de projeto e construção do empreendimento. Rodrigo e Cardoso (2010) salientam que além de alcançar o nível desejado de desempenho ambiental, também é necessário conduzir adequadamente o processo de gestão do empreendimento, envolvendo atividades de planejamento, organização, direção e controle. Para tanto, o referencial técnico do processo AQUA organiza-se nos documentos Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).

Os certificados concedidos aos novos empreendimentos correspondem ao alcance da qualidade ambiental, definidos pelos referenciais técnicos do processo AQUA-HQE. Os critérios, dentro de cada categoria, se diferenciam em alguns tipos de edifício, e são organizados de forma diferente para edifícios residenciais e edifícios não residenciais. Nas categorias edifícios não-residenciais (comerciais, administrativos e de serviços) os temas avaliados são: energia, meio ambiente, saúde e conforto; na categoria edifícios residenciais é necessário alcançar os níveis de desempenho em energia para garantia da certificação ambiental.

A tipologia Edifícios Habitacionais tem apresentado maior destaque de registros para implantação da certificação AQUA-HQE. O sistema de classificação AQUA Edifícios Habitacionais (Figura 4) representa cerca de 40% dos registros dos edifícios.

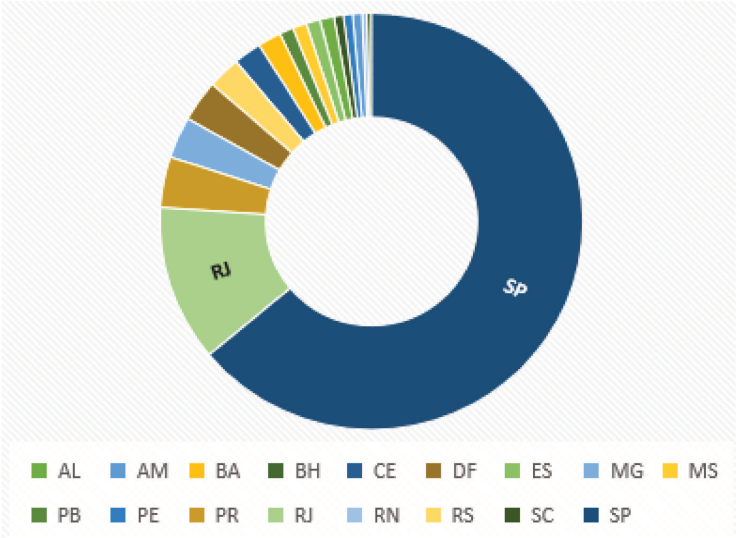
Figura 4 - Projetos com registro de certificação AQUA-HQE por tipologia (2009-2017)



Fonte: A autora, baseado em dados da Fundação Vanzolini (julho,2017)

No período de 2009 a 2017 a demanda real por projetos certificados estava concentrada no Estado de São Paulo (Figura 5), que possui 179 de um total de 280 projetos certificados no país. E alguns municípios do estado destacam-se, entre eles Limeira, com nove certificações, Campinas e Guarulhos, ambos com seis certificações, Jundiaí, com cinco certificações, e São Carlos, com três.

Figura 5 - Projetos com registro de certificação AQUA-HQE por Estado (2009-2017)



Fonte: A Autora, baseada em dados da FCAV (2017)

As exigências que permeiam o processo AQUA para a avaliação da qualidade ambiental de edifícios residenciais em construção estão hierarquizadas em catorze categorias denominadas como critérios de desempenho da Qualidade Ambiental do Empreendimento (QAE), e estão agrupadas em quatro temas. As categorias desdobram-se em 38 critérios, resultando em aproximadamente 160 indicadores, sendo que 40% deles são obrigatórios cada categoria, mas não é o suficiente para obter o certificado (HILGENBERG, 2010). Nesta pesquisa o estudo é dirigido a Categoria 3 – Canteiros de obras, conforme destacado na Figura 6

Figura 6 - Categorias da Certificação AQUA divididas por temas

Meio ambiente	Energia e Economias	Conforto	Saúde e Segurança
Categoria 1 Edifício e seu entorno	Categoria 4 Energia	Categoria 8 Conforto higrotérmico	Categoria 12 Qualidade dos espaços
Categoria 2 Produtos, sistemas e processos construtivos	Categoria 5 Água	Categoria 9 Conforto acústico	Categoria 13 Qualidade do ar
Categoria 3 Canteiro de obras	Categoria 7 Manutenção	Categoria 10 Conforto visual	Categoria 14 Qualidade da água
Categoria 6 Resíduos		Categoria 11 Conforto olfativo	

Fonte: A autora, baseado no Referencial Técnico AQUA-HQE (2016)

2.2 Canteiro de obras de baixo impacto ambiental

Segundo a NR-18 (Ministério do Trabalho, 1978), o canteiro de obras é a “área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de obra”. Já a NBR 12284 (ABNT, 1991) define canteiro de obras como o “conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”.

O canteiro de obra é necessário em qualquer construção e compreende as seguintes especificações: a preparação do terreno para a instalação do canteiro; cerca ou muro de proteção e guarita de controle de entrada do canteiro; construção do escritório técnico e administrativo da obra constituído por sala do engenheiro responsável, sala de reunião, sala do assistente administrativo, sala dos engenheiros, sala de pessoal e recrutamento, sala de fiscalização; sala de enfermaria; almoxarifado; carpintaria; oficina de ferragem; vestiários, sanitários, cozinha e refeitório; oficina de manutenção de veículos e equipamentos; alojamento para os empregados; placas obrigatórias da obra (TCPO, 2008).

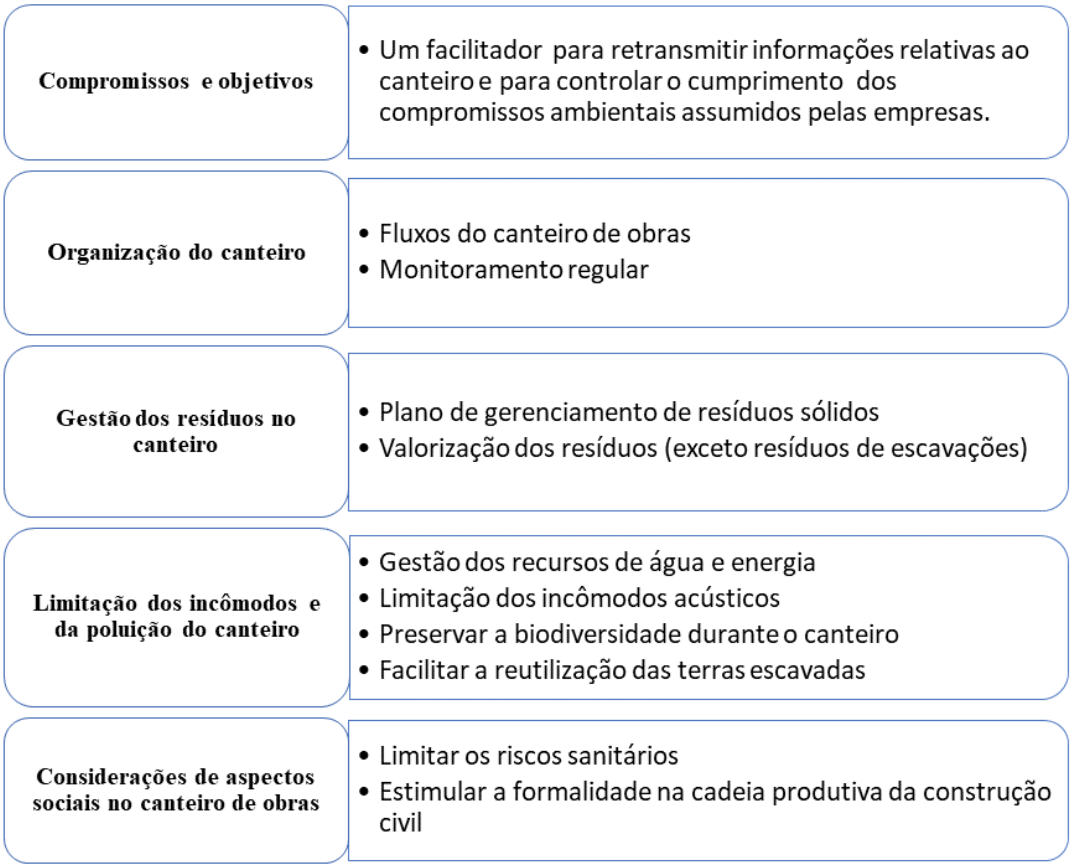
Dependendo do grau de organização do canteiro e controle sobre os materiais, as perdas de materiais de construção podem variar de 4% a 16% (TCPO, 2008). A redução da geração do resíduo está diretamente associada ao processo construtivo como um todo, uma espécie de mecanismo devidamente integrado tende a reduzir o nível de perdas de materiais (BLUMENSCHEIN, 2007).

A falta de planejamento logístico e de organização geral no canteiro de obras ocasionam falhas na conferência do material, aumentando a ocorrência de perdas e peças danificadas, o que resulta em elevação de custos para a empresa. Assim, constata-se que a dificuldade na gestão do canteiro está na falta de organização de acordo com as especificações, em especial no estoque dos materiais (BORTOLONI, 2015). De maneira que a boa organização do canteiro de obras constitui um componente de suma importância para o desenvolvimento pleno, seguro e sustentável da obra.

O Referencial Técnico AQUA-HQE, versão 2016, apresenta uma seção denominada *Categoria 3: Canteiro de Obras Responsável*. As orientações do manual são direcionadas para a construção de edificações residenciais e não residenciais. A categoria estabelece 5 critérios específicos para melhorar o desempenho do canteiro de obras: (1) compromissos e objetivos do canteiro; (2) organização do canteiro; (3) gestão

dos resíduos de canteiro; (4) limitação dos incômodos e da poluição no canteiro; (5) consideração de aspectos sociais no canteiro de obras. Estes critérios estão detalhados na Figura 7.

Figura 7 - Critérios para o Canteiro de Obras



Fonte: a autora, adaptado de FCAV (2017)

Um dos critérios está relacionado com a gestão de resíduos do canteiro, que regula que os resíduos produzidos na obra devem ser identificados e classificados conforme resolução CONAMA 307 e resoluções correlacionadas[1]. A Resolução Nº 307 do CONAMA considera resíduos de construção civil:

> os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. comumente chamados de entulhos de obras(CONAMA, 2002).

[1] Em 2004 a Resolução CONAMA passou por adaptações regidas, aprovando as Resoluções Nº 348/2004, Nº 431/2011, Nº 448/2012 e Nº 469/2015

Esta resolução, assim como aquelas que estão correlacionadas, classificam os resíduos em 4 classes, de reutilizáveis ou recicláveis (A e B) até os que podem ser nocivos à saúde (D):

- **Classe A**: são resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, oriundos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio, entre outros) produzidas nos canteiros de obras.

- **Classe B**: são resíduos recicláveis para outras destinações: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.

- **Classe C**: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

- **Classe D**: produtos nocivos à saúde, denominados como resíduos perigosos, oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros. E também aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundo de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros (telhas, objetos e materiais que contenham amianto).

O critério de gestão de resíduos do canteiro do processo AQUA-HQE pontua a valorização dos resíduos através da escolha, para cada tipo de resíduo, da alternativa de disposição mais satisfatória do ponto de vista técnico, ambiental e econômico, privilegiando tanto quanto possível a reciclagem.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, atribui às empresas de construção civil a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), no qual são descritas as características do empreendimento ou atividade, o diagnóstico dos resíduos gerados e sua caracterização, assim como a indicação de sua origem, volume e passivos ambientais.

Segundo Jacobi e Bezen (2011) o PGRS é inovador pelos seguintes aspectos: (a) trata a logística reversa e a preocupação do retorno pelo consumidor de resíduos que

acarrete danos ao meio ambiente; (b) fortalece os princípios de gestão integrada e sustentável de resíduos propondo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; (c) aborda a prevenção, a precaução, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação de produtos e embalagens de uma forma ambientalmente adequada.

O resíduo da construção é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções, desde a fase de construção, passando pela fase de manutenção e reformas e até o final da vida útil com a demolição da edificação. A redução da geração de resíduo na fase de construção, como aponta John e Agopyan (2000) pode ser resultado do aperfeiçoamento de projetos, com a seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhoria das condições de estoque e melhor gestão de processos. Fatores esses que estão todos de certa forma inseridos na categoria canteiro de obras da Certificação AQUA.

2.3 Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas à construção civil

Nas últimas décadas a construção civil, principalmente os processos de projeto de construção e gestão, tem sido altamente beneficiada com as funcionalidades introduzidas pelas novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), como a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling - BIM*), particularmente para as novas edificações.

BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias de softwares que são aplicáveis a todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção, passando pelo desenvolvimento do projeto, construção, e também no pós-obra, nas fases de operação e manutenção (CBIC, 2016). Menezes (2011) define o conceito BIM, não apenas como um simples modelador 3D e sim como:

> Uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão das fases da construção, entre outras atividades (MENEZES, 2011, p.154).

A diferença entre o software de modelagem 3D e o software BIM, constata-se na capacidade de gerar objetos paramétricos. A modelagem paramétrica permite que os objetos se atualizem automaticamente conforme o controle do usuário e retrata objetos

por parâmetros que determinam as propriedades e características do objeto (MENEZES, 2011; EASTMAN et al. 2014).

Eastman *et al.* (2014) ressalta que a tecnologia BIM pode exercer um papel importante na redução da duração tanto do projeto como da construção, pois tende a reduzir o desperdício por meio da eliminação de etapas desnecessárias do processo, eliminando erros e retrabalhos possíveis. Assim, BIM pode ser uma ferramenta de grande importância na integração entre o processo construtivo, visando uma construção com melhor qualidade, custo e prazo de execução reduzido.

Bonfim *et al.* (2016) exemplifica as Dimensões (nD) de BIM em:

a) **3D Existência das condições do modelo**: escaneamento a laser, penetração do solo e conversão de dados de radar (GPR), segurança e logística do modelo proposto, animação, renderização e passeios virtuais; *clashdetection*: análise e detecção de conflitos no modelo; precisão a laser para desenvolvimento de layout orientado por um campo BIM.

b) **4D Cronograma – Tempo**: simulação das fases de projeto, cronograma enxuto; acompanhamento do planejamento, monitoramento da entrega de equipamentos e materiais; detalhamento e simulação das instalações; *Just in Time (JIT)* na entrega de equipamentos; validação de visual para aprovação de pagamentos.

c) **5D Estimativa de Custo:** concepção do projeto em tempo real e planilha orçamentária; extração de dados quantitativos para suporte detalhado no custo de estimativas; verificação do modelo fabricado: estrutura metálica, instalações hidráulicas, instalações elétricas; valorização da engenharia: cenários hipotéticos, visualizações, extração de quantificação; soluções pré-fabricadas: equipamento dos ambientes, sistema MEP, pré-fabricação multi-comercial, arquitetura e estrutura em elementos únicos; extração de dados quantitativos para suporte detalhado no custo de estimativas; verificação do modelo fabricado: estrutura metálica, instalações hidráulicas, instalações elétricas; valorização da engenharia: cenários hipotéticos, visualizações, extração de quantificação; soluções pré-fabricadas: equipamento dos ambientes, sistema MEP, pré-fabricação multi-comercial, arquitetura e estrutura em elementos únicos.

d) **6D Sistema de monitoramento aplicado:** estratégia do ciclo de vida em BIM; BIM *as-built*; manual do proprietário incorporado ao sistema BIM; Sistema COBIe,

o qual extrai informações quanto ao status dos componentes; plano de manutenção e suporte técnico; sistema de hospedagem de arquivo BIM para troca digital de informação.

e) **7D Sustentabilidade e controle energético:** análise de concepções energéticas via DProfiler; análise de detecção de energia via ECOTECH, certificação sustentável, certificação LEED, análise de consumo.

Para a CBIC (2016) a fase de construção de adoção BIM pode proporcionar:

- eficiência no canteiro de obras, ao viabilizar a visualização clara do planejamento da construção, o inter-relacionamento entre as atividades e suas precedências e dependências;
- controle eficaz da execução e maior previsibilidade das condições de campo;
- condições de dimensionamento das equipes de trabalho adequado, através de dados confiáveis sobre quantidade de serviços e possibilidades de faseamentos;
- redução de interferências entre subsistemas construtivos;
- registro da progressão da construção confiável e comparativo com a evolução planejada.

A tecnologia BIM pode auxiliar a reduzir, reutilizar, reciclar e gerenciar resíduos de construção (LIU*et al.*, 2015; CHENG *et al.*, 2015) através da detecção de conflitos no planejamento das atividades de construção, e no planejamento de utilização do canteiro.

Como aponta Coelho *et al.* (2016), a implementação das metodologias BIM no setor da construção, principalmente das dimensões 4D e 5D, pode resultar em uma redução de prazos de execução de cada tarefa bem como uma economia no orçamento final da obra.

Para Mushamalirwa*et al.* (2016), a fase de construção é um momento que sempre enfrenta problemas *in-situ*, motivados pelas alterações ou erros de projeto, atrasos, demora no tempo de resposta aos gestores locais. Diante desse cenário a implantação do BIM pode reduzir consideravelmente essas restrições e tornar-se uma ferramenta útil para os gestores da construção.

Araújo *et al*. (2016) afirmam que com a utilização de uma metodologia colaborativa integrada é possível combinar a gestão de obra com um modelo BIM,

introduzindo a informação relevante no software da simulação 4D e na criação de um modelo estático de cores que acrescentam informação do estado da obra em questão em termos de tempo e custo.

Bortoloni (2015) aponta a necessidade de investigar ferramentas computacionais da tecnologia BIM potencializando suas aplicações para evitar conflitos entre as fases de projeto e da obra, e para colaborar nos ajustes necessários do projeto de canteiro de obras. Para a interface projeto-execução de obras deve-se avaliar a melhor forma de implementação de softwares apropriados para se obter uma gestão mais eficiente.

Souza (2005) afirma que a construção civil vem se modernizando de maneira significativa nas últimas décadas, incluindo a total reformulação da gestão do setor. Para isso a introdução de modernas ferramentas de gestão nas empresas e nos canteiros, envolvendo todas as etapas do empreendimento, buscam otimizar o uso dos insumos no canteiro de obra e propor metodologias para reduzir o seu desperdício.

Percebe-se com essas afirmativas que o atual estágio de desenvolvimento computacional aplicado à construção civil, tem se preocupado com uma gestão mais eficiente dos recursos, procurando controlar grande parte dos conflitos em projeto, que poderiam resultar para etapa de obra retrabalho em desperdício e, consequentemente, geração de resíduos.

3 ESTADO DA ARTE

Este capítulo aborda uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre as práticas de sustentabilidade em canteiros de obras, com a finalidade de conhecer as temáticas e enfoque teórico abordados, assim como os métodos de pesquisa adotados.

3.1 RSL - Protocolo Empregado

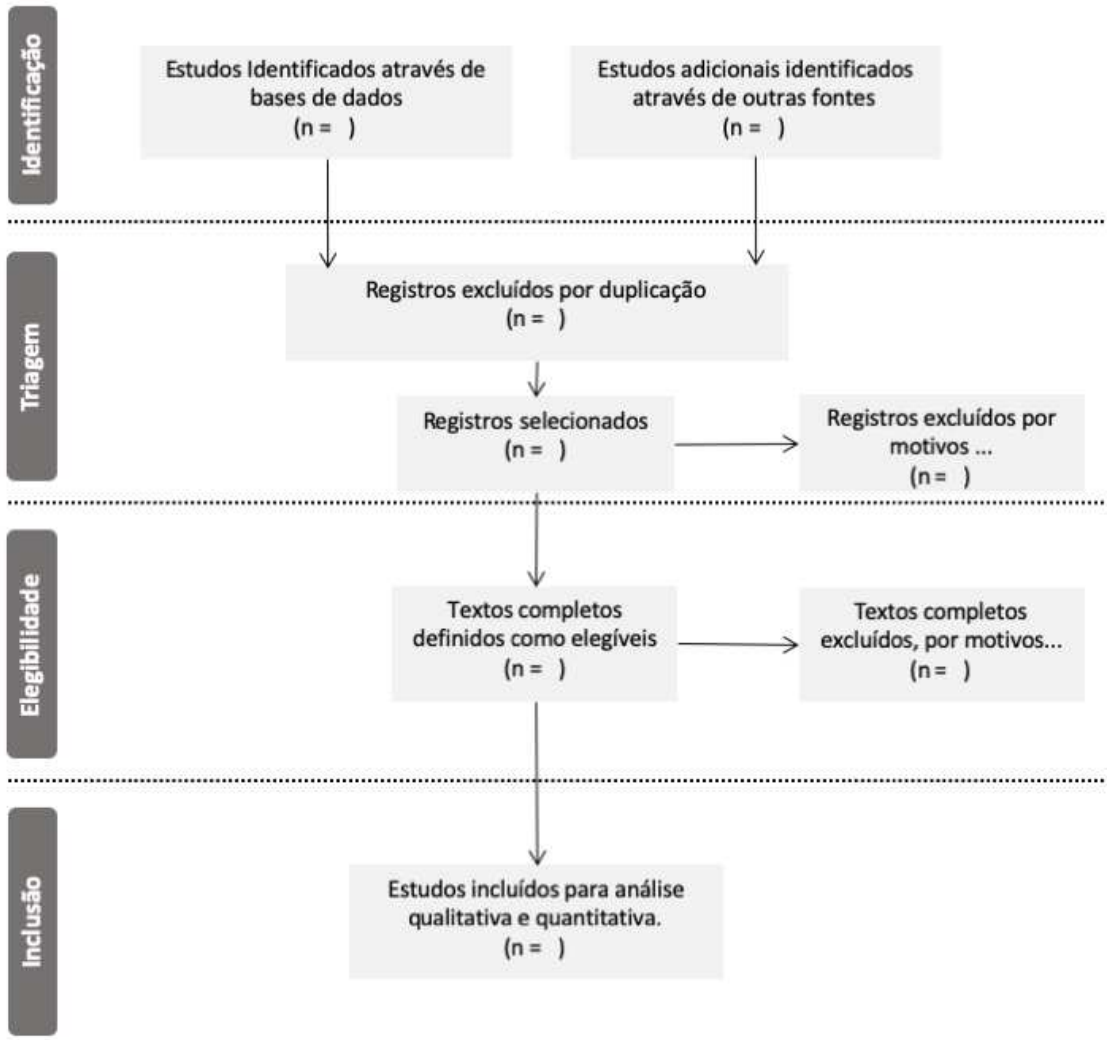
As principais características de uma revisão sistemática são: (i) identificar os estudos que atendam aos critérios de elegibilidade, conforme a definição dos objetivos da pesquisa; (ii) analisar a validade dos resultados encontrados dos estudos incluídos na pesquisa bibliográfica; (iii) apresentar sistematicamente a síntese das características e descobertas dos estudos incluídos (Moher*et al*., 2010).

Para o desenvolvimento desta revisão sistemática de literatura utilizou-se as recomendações do método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), presentes em Moher*et al*. (2010) e o software da revisão sistemática da literatura StArt (*State of the Art through Systematic Review*), desenvolvido pelo o laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

O software StArt auxiliou na organização dos dados, facilitando o processo laborioso e repetitivo de uma RSL.

O método PRISMA, anteriormente denominado QUORUM (*Quality of Reporting of Meta-Analyses*) foi desenvolvido em 1996 por pesquisadores da área da saúde com o objetivo de sistematizar a análise de estudos publicados, devido à falta de uma metodologia explícita e clara na transcrição dos dados. O método é composto de duas ferramentas, o *checklist* e o fluxograma. Devido à natureza desta dissertação não foi empregado o *checklist*. O fluxograma guiou o estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos artigos da RSL. O protocolo PRISMA é composto de quatro etapas: identificação; triagem; elegibilidade; e inclusão, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma PRISMA



Fonte: baseado emhttp://prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram.aspx

Para a seleção dos trabalhos optou-se por incluir artigos, teses e dissertações, comunicações em congressos, visando aumentar a abrangência dos estudos.

A pesquisa buscou estudos realizados no período de 2007 a 2017, nas seguintes bases de dados digitais: a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD); bases de dados internacionais: *American Society of Civil Engeneering* (*ASCE*), *Web of Science, Science Direct* e *Scopus*.

Devido à natureza da pesquisa e especificidade dos termos de busca, foram usadas *strings* de busca diferentes para a base nacional e para a internacional. A seleção dos estudos na base de dados digitais da BDTD utilizou os seguintes termos em todos os campos de busca: AQUA, canteiro de obras, canteiro sustentável, certificação AQUA, edificações sustentáveis, sustentabilidade da construção, sustentabilidade da construção civil, sustentabilidade na construção civil.

Nas bases de dados internacionais, para a identificação dos estudos foram definidos com as palavras-chave: *environmental certification, construction site*, g*reen construction site e green construction.*

O quadro 3 apresenta a síntese do protocolo de pesquisa da RSL, definido na etapa de identificação, visando a formalização da busca.

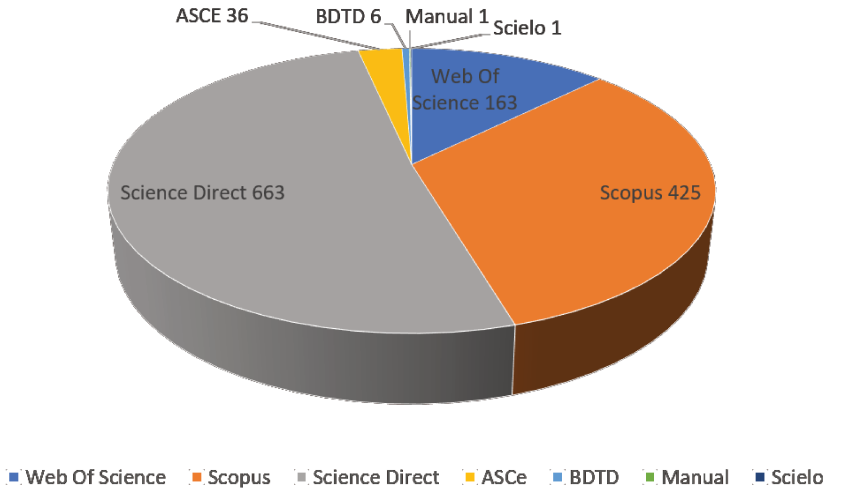
Quadro 3 - Protocolo de pesquisa

Campos do protocolo	Conteúdo
Objetivo	Identificar os parâmetros de sustentabilidade em canteiros de obras
Questões de pesquisa	Quais as práticas aplicadas a canteiros de obras que visam maior sustentabilidade na construção civil?
Bases de dados	BDTD*; Science Direct*; Scopus; ASCE; *Web of Science e* Scielo.
Palavras-chave	AQUA; *Environmental Sustainability*; LEED; canteiro; canteiro de obras; canteiro de obras sustentável; certificação ambiental*; construction site*; construção sustentável; g*reen building site*; g*reen construction site*;
Filtros	*Ano de publicação:* 2007 a 2017. *Tipo de publicação*: artigos, comunicações, teses e dissertações. *Idioma:* Inglês e português. *Área de pesquisa:* construção civil
Critérios de seleção	**Inclusão:** ● trata de certificação ambiental; trata de canteiro de obras; ● aborda certificação AQUA, BREEAM, LEED; gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil; BIM, 3D BIM, modelagem da informação;
	Exclusão: ● introdução de anais; ● não é obra habitacional; ● não trata de construção civil; ● não aborda a execução/ práticas de obra ou canteiro/ construção habitacionais sustentável;

Fonte: a autora

Na etapa de identificação, a busca nas bases de dados resultou em 1288 registros, sendo: 663 na *Science Direct*; 425 na Scopus; 36 na ASCE; 163 na *Web of Science* e 1 na Scielo. Foram incluídos manualmente um artigo, que não apareceu na busca (base de dados da MDPI) e faz uma abordagem concisa das certificações ambientais no panorama internacional, e as seis dissertações da base da BDTD, cuja busca foi feita manualmente. Assim, passaram pelas etapas de elegibilidade, triagem e inclusão do protocolo prisma os 1288 artigos resultantes das buscas nas bases de dados (Figura 9).

Figura 9. Número de trabalhos identificados por bases



Fonte: a autora

Na etapa de triagem, os 1288 estudos encontrados foram identificados, e os artigos duplicados (113) foram excluídos. Em seguida, para os artigos rastreados aplicou-se os seguintes critérios de inclusão/exclusão:

1) necessário no título, nas palavras-chaves ou no resumo os termos: *construction site* ou *environmental certification* combinado com um dos seguintes termos: LEED, AQUA, HQE, BREEAM, g*reen construction site*, *green building site*, *construction site*, *environmental sustainability*;
2) encontrar-se no intervalo temporal de 2007 a 2017;
3) ter o texto disponível para consulta em meio eletrônico.

Após a triagem, somente 155 textos foram definidos como elegíveis para a próxima etapa.

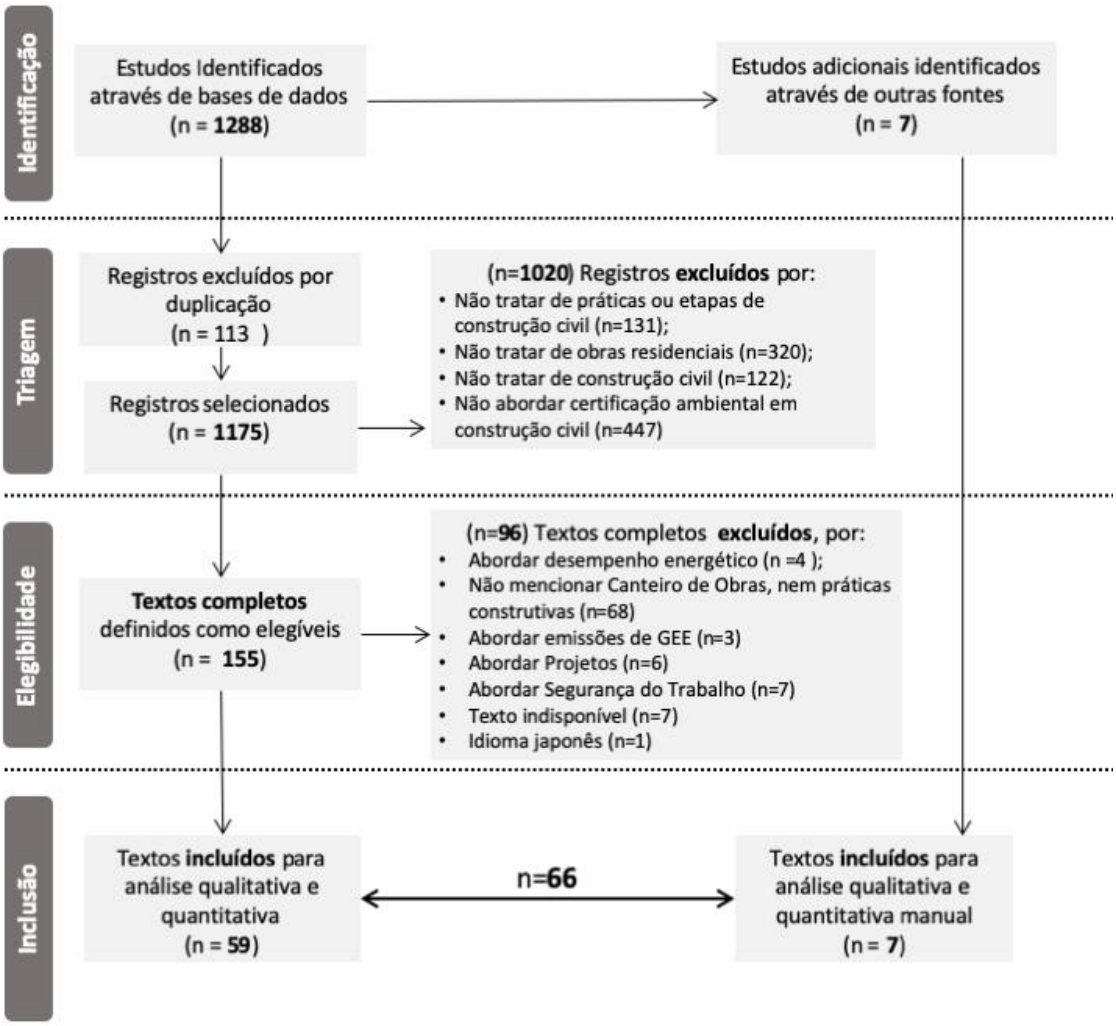
Na etapa de elegibilidade foram selecionados os textos que continham em qualquer lugar os termos *construction site* ou *building site* combinado com um dos seguintes termos: *building site construction site*, *environmental certification*, g*reen building rating*, *sustainable building*, *sustainable construction site*.

Assim, nesta fase foram eliminados 20 textos que não estavam dentro do tópico de interesse, 68 que não mencionavam canteiro de obras e nem práticas construtivas, sete textos que não estavam disponíveis para a consulta e um cujo texto completo estava no idioma japonês.

Para a etapa de inclusão, 59 estudos foram selecionados para a análise qualitativa e quantitativa.

A Figura 10 mostra as quatro etapas do Fluxograma Prisma aplicado ao resultado de busca, com os critérios de exclusão detalhados.

Figura 10. Fluxograma PRISMA aplicado a cada etapa da RSL



Fonte: a autora

3.2 Análise dos resultados

O objetivo deste capítulo é apresentar as melhores práticas abordadas nos artigos acadêmicos incluídos para análise da RSL, no que diz respeito às questões ambientais relacionadas com a construção civil. As informações extraídas dos textos incluídos pela RSL foram divididas em dados quantitativos e qualitativos. A análise quantitativa explorou o número de trabalhos relacionados com o tipo e ano de publicação, periódico publicado e palavras-chaves mais frequentes. A análise qualitativa procurou

investigar questões ambientais relacionadas com a fase de construção, incluindo o canteiro de obras, dando ênfase às certificações ambientais e o uso das TICs, principalmente a tecnologia BIM.

3.2.1 Análise quantitativa

No levantamento inicial da base nacional (BDTD) identificou-se 169 trabalhos, sendo 139 dissertações e 30 teses, em 37 áreas distintas de concentração. As áreas de maior destaque foram Engenharia Civil (65 resultados – 38% da amostra) e Arquitetura e Urbanismo (19 resultados – 11% da amostra). Dentre os resultados das diversas áreas de concentração destacaram-se seis estudos, todos dissertações, que abordavam: (i) a certificação AQUA no auxílio para a construção de edifícios sustentáveis (HILGENBERG, 2011); (ii) identificação de práticas sustentáveis no canteiro de obras (ARAÚJO, 2009; ZEULE, 2014); (iii) *Building Information Modeling (BIM)* como melhoria de desempenho da logística de canteiros (BORTOLINI, 2015); (iv) indicadores de sustentabilidade de edifícios (BARATELLA, 2011); e (v) redução de perdas no canteiro de obras (GARRIDO, 2015).

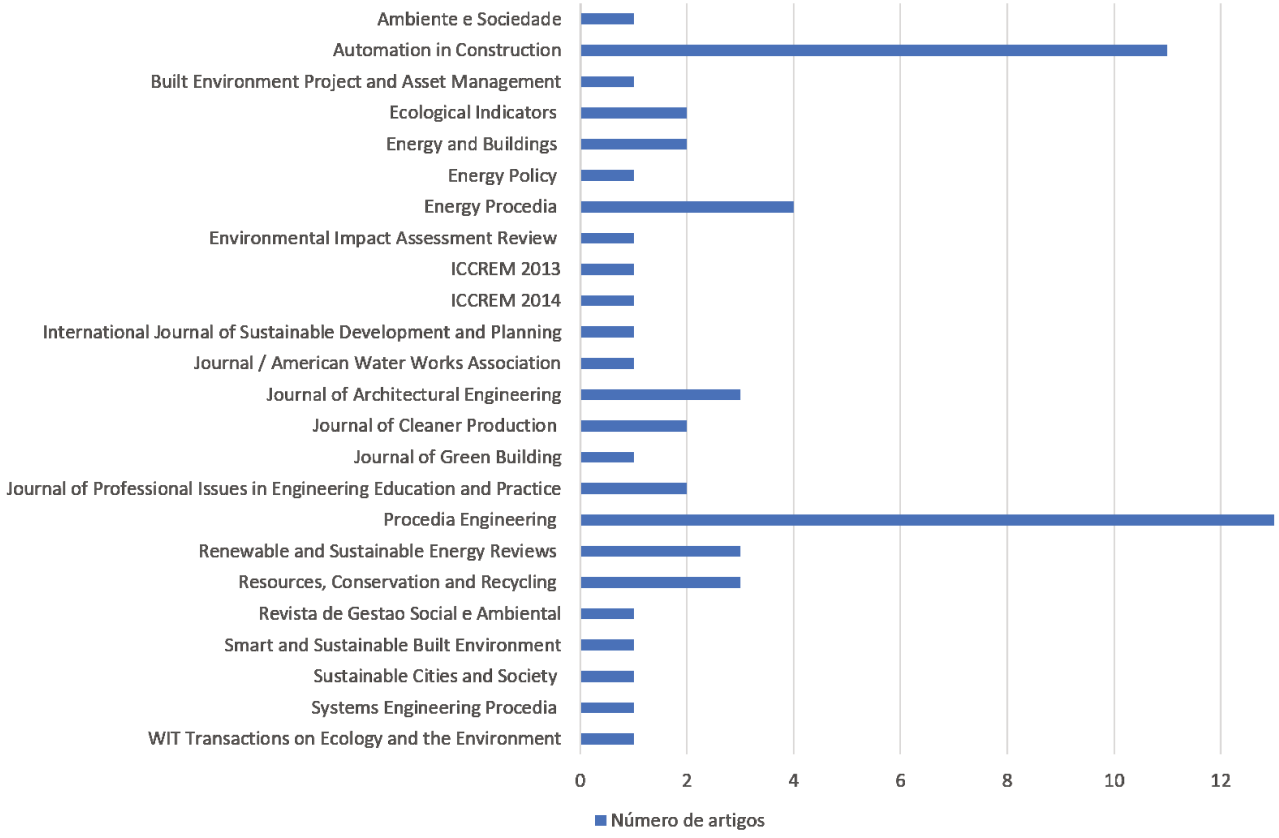
Com relação aos periódicos científicos, foram identificados dois artigos publicados em periódicos nacionais e 57 publicados em periódicos internacionais. Dentre os internacionais, dezenove foram publicados em revistas de *proceedings*, sendo dois na ICCRM (*International Conference on Constructionand Real Estate Management*), que faz parte das publicações do *American Society of Civil Engineers* (ASCE), quatro no *Energy Procedia* e treze no *Procedia Engineering*. A Tabela 1 mostra a quantidade dos estudos classificados de acordo com o tipo de publicação.

Tabela 1 – Classificação dos estudos por tipologia

Veículo de publicação	Nº de estudos	Porcentagem (%)
Artigos em periódicos	41	62,1
Artigos em *Proceedings*	19	28,8
Dissertações	6	9,1
Teses	0	0
Total	**66**	**100**

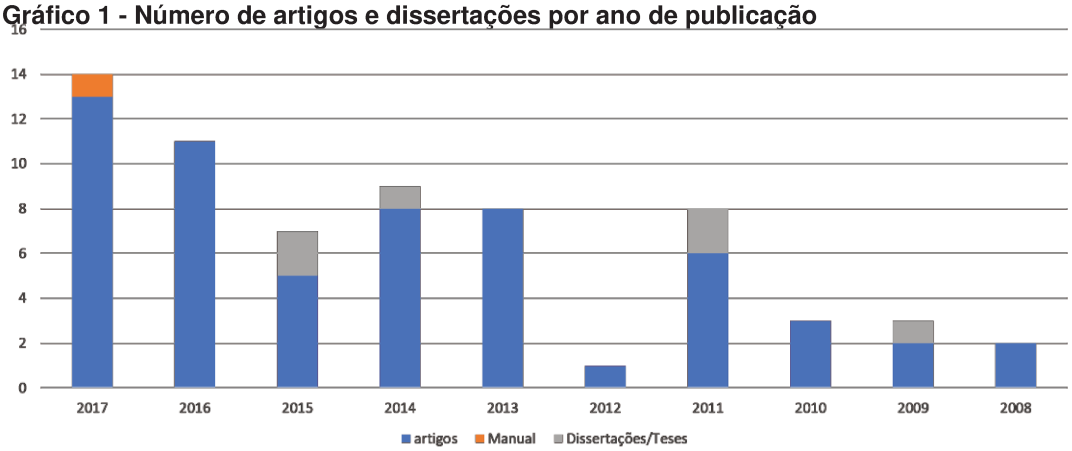
Dos 57 artigos publicados em periódicos internacionais nota-se que a maioria dos artigos foram publicados em jornais com seletiva política editorial e alto fator de impacto, como o *Renewable & Sustainable Energy Reviews* (*5-Year Impact Factor* = 9.122), *Journal of Cleaner Production* (*5-Year Impact Factor* = 7.051), *Journal of Automation in Construction* (*5-Year Impact Factor* = 5.276). O maior número de artigos internacionais incluídos na RSL (22,8%) foi publicado pelo *Procedia Engineering*, veículo de difusão de comunicações em conferência relevantes na área de engenharias, incluindo a civil. A Figura 11 apresenta a frequência dos artigos por periódicos.

Figura 11 – Frequência dos artigos por periódicos



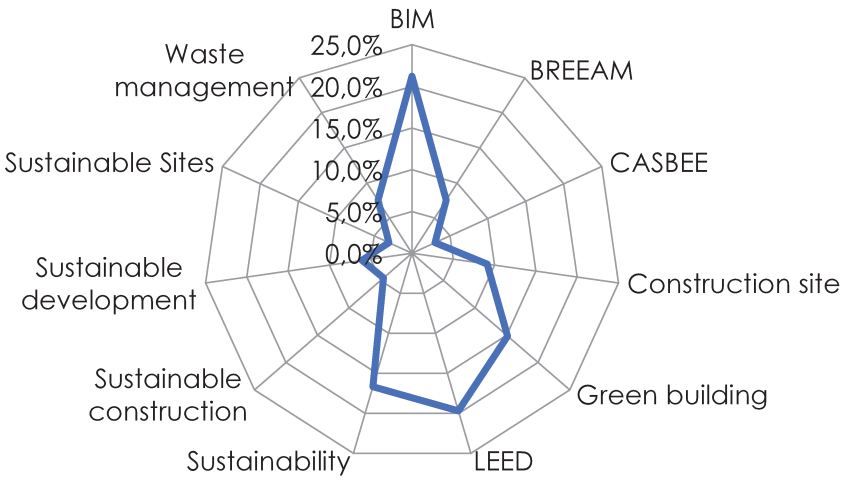
Na classificação dos artigos por ano de publicação nota-se um crescimento do número de publicações em 2016 e 2017, e alguns picos em 2011, 2013 e 2014 (Gráfico 1). Pode-se dizer que o tema tem sido abordado de forma crescente nos últimos cinco anos, provavelmente incitado pelas políticas de incentivo para a redução de desperdícios e impactos ambientais no setor da construção civil e no aumento de obras certificadas mundo afora.

Gráfico 1 - Número de artigos e dissertações por ano de publicação



O Gráfico 2 apresenta a frequência das palavras-chaves definidas como critério de elegibilidade dos artigos da RSL (AQUA; *Environmental Sustainability*; LEED; canteiro; canteiro de obras; canteiro de obras sustentável; certificação ambiental*; construction site*; construção sustentável; g*reen building site*; *green construction site)*. A palavra-chave mais citada nos artigos incluídos é "BIM" relacionado a canteiro de obras sustentável, que aparece em 21% da amostra. A segunda mais citada é "LEED", com cerca de 19%. Em terceiro lugar "*sustainability*" com 16%. Enquanto os termos "AQUA" e "*sustainable construction site"* ficam em torno de 0%.

Gráfico2 - Gráfico das palavras-chaves



3.2.2 Análise qualitativa

Nesta seção serão exploradas as temáticas relacionadas às questões ambientais durante a execução da obra presentes nos artigos avaliados, desde o canteiro de obras, as questões de gerenciamento de projetos, a seleção de materiais, a revisão de pesquisas relacionadas à construção, questões de emissões atmosféricas (GEE), resíduos de construção e demolição (RCD), temas de legislação, os sistemas de certificação ambiental, análise de eficiência energética, questões relacionadas com princípios de desenvolvimento sustentável, o uso de tecnologia BIM e análise de energia do ciclo de vida. Destacam-se algumas referências da revisão sistemática de literatura, apresentadas no Quadro 4, que abordam temas recorrentes nesta RSL, como: (i) desenvolvimento sustentável; (ii) sistemas de certificação ambiental; (iii) canteiro de obras; (iv) resíduos de construção e demolição; e (v) tecnologia BIM na construção civil.

Quadro 4 - Revisão sistemática de literatura para estruturação

Temas	Literatura
Princípios de Desenvolvimento Sustentável	(LAQUATRA *et al.*, 2008) (YU; LU; SAN, 2014) (ALYAMI; REZGUI, 2012)
Sistemas de Certificação Ambiental	(TEBBOUCHE; BOUCHAIR; GRIMES, 2017) (SMALL; MAZROOEI 2016) (VAZQUEZ*et al.*, 2011) (AMASUOMO; ATANDA; BAIRD, 2017) (LI*et al.*, 2017) (HUO; YU; WU, 2017) (KOMURLU; GURGUN; ARDITI, 2015) (KAMARUZZAMAN*et al.*, 2016) (WU; LOW, 2010) (AL-JEBOURI*et al.*; 2017) (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014) (RASLANAS; STASIUKYNAS; JURGELAITYTĖ, 2013) (BERNARDI *et al.*, 2017) (BAYRAKTAR; OWENS, 2010) (FRANZONI, 2011) (GURGUN, 2016) (O´MALLEY *et al.*, 2014) (VILCEKOVA; SELECKA; BURDOVA, 2016)
Canteiro de Obras	(VAZQUEZ*et al.*, 2013) (ABDUL-RAHMAN; WANG; ENG, 2011) (NATICCHIA; VACCARINI; CARBONARI, 2013) (SANDANAYAKE; ZHANG; SETUNGE, 2018)

	(BODACH; HAMHABER, 2010) (PONTIUS, 2008) (JIANG; LI, 2013) (WINDAPO; GOULDING, 2015)
Resíduos de Construção e Demolição	(CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017) (DUAN; WANG; HUANG, 2015) (JINGKUANG; YOUSONG,2011) (PASCHOALIN FILHO*et al.* 2017) (DEVI L.; PALANIAPPAN, 2014) (LAQUATRA;PIERCE, 2009) (ROCHA; SATTLER, 2009) (POLAT *et al*., 2017) (YUAN, 2013)
Tecnologia BIM	(AZHAR*et al.,* 2011) (CHEN; NGUYEN, 2017) (WONG; ZHOU, 2015) (ZUO; ZHAO, 2014) (MEŽA; TURK; DOLENC, 2014) (LU, Y *et al*.,2017) (KIM; KIM; KIM, 2016) (KIM; SON; KIM, 2013) (BUI; MERSCHBROCK; MUNKVOLD, 2016) (CHEN; NGUYEN, 2016) (GURGUN *et al*., 2016) (KHADDAJ; SROUR, 2016) (ZHANG *et al*., 2016)

3.2.2.1 Sistemas de certificação ambiental e princípios de desenvolvimento sustentável

Os princípios de desenvolvimento sustentável são definidos por Laquatra et al. (2008) como técnicas de construção que minimizam os impactos no ambiente natural e criam espaços internos saudáveis para seus ocupantes. Para os autores, recentemente as questões de projeto e construção foram ampliadas para além da eficiência energética e da qualidade ambiental interna visando incluir a energia incorporada e a durabilidade dos materiais de construção, o que passou a ser denominado de design sustentável, regenerativo ou ecológico. Essa visão adota uma abordagem sistêmica do projeto e construção, incluindo a seleção dos materiais de construção. Um edifício verde é

caracterizado por um alto desempenho em relação ao uso de energia e uma pequena pegada de carbono. O desafio enfrentado pelos projetistas e construtores é incorporar cada uma dessas preocupações no processo de projeto e, consequentemente, na construção.

Yu et al. (2014) destacam a importância da edificação sustentável na fase de construção, na qual as interferências do homem no meio ambiente devem ser reduzidas desde os recursos naturais empregados até a geração de resíduos que acabam indo para os aterros. Para regular isso, a certificação AQUA-HQE apresenta flexibilidade à realidade local, para cada projeto há possibilidade de justificar suas decisões de mudança devido à localização, ventilação, iluminação etc. Um grande número de artigos (VAZQUEZ et al., 2013; AMASUOMO; ATANDA; BAIRD, 2017; KOMURLU; GURGUN; ARDITI, 2015; AL-JEBOURI *et al.,* 2017; GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014; TEBBOUCH; BOUCHAIR; GRIMES, 2017) consideram a capacidade de escolha do local e adequação com a realidade da região como prioridade para a eficácia dos sistemas de certificação.

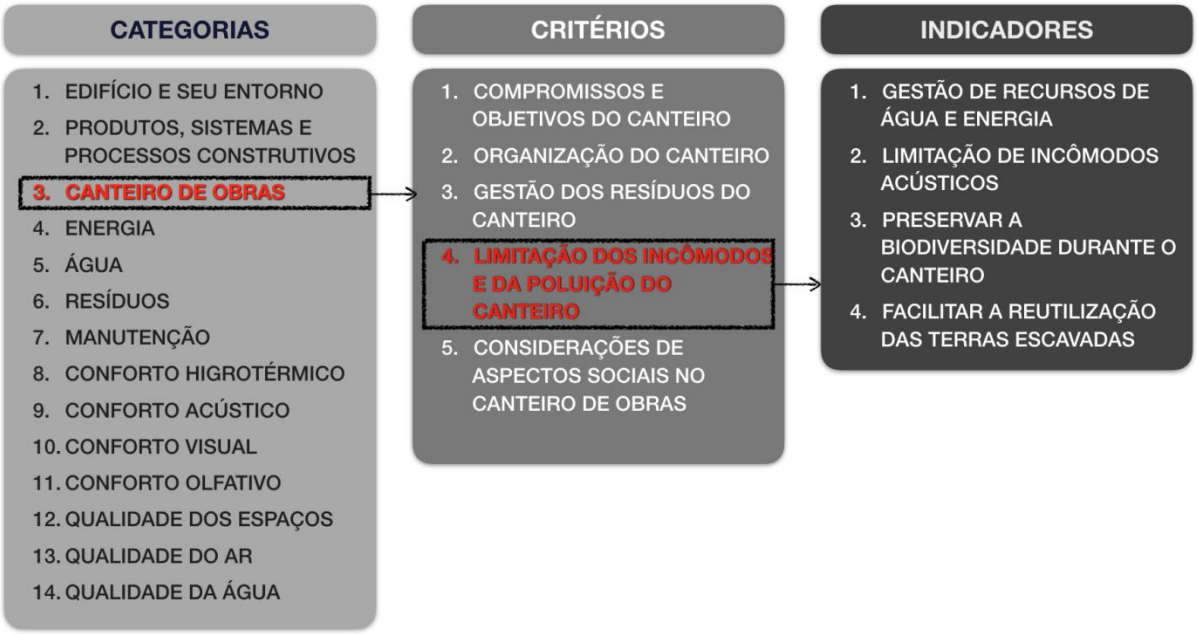
A importância de abordar as questões como o retorno financeiro, a conscientização e a percepção da opinião pública em relação às certificações ambientais para que resulte em mais sucesso no alcance de sustentabilidade desejado em todo o mundo, são pontos de vista compartilhados por ALYAMI e REZGUI (2012).

Vazquez et al. (2017) em seu estudo de caso comparou os sistemas AQUA e LEED, e chegou à conclusão que sistemas de certificação ambiental geram benefícios econômicos aos seus usuários e despertam a consciência sobre o meio ambiente devido às ações adotadas como estratégias para diminuir o impacto ambiental, como a separação de resíduos, o encaminhamento dos diversos materiais (madeiras, metais, pedras e sacos de cimento) para a reciclagem, e a reutilização de agregados resultantes de demolição no uso de pavimentação.

Li et al. (2017) destacam as semelhanças entre os sistemas de certificação, principalmente no tocante a existência de três níveis de hierarquia: categorias, critérios e indicadores. As categorias constituem o nível superior da hierarquia e definem o escopo da avaliação de sustentabilidade. Os critérios constituem o nível médio da hierarquia, sendo que cada um deles compreende um ou mais indicadores (nível inferior) que avaliam o nível de sustentabilidade de um edifício.

No caso da certificação AQUA-HQE, que é foco deste estudo, a hierarquia está fundamentada em catorze categorias distintas, sendo que a categoria canteiro de obras está subdividida em cinco critérios, e estes ainda recebem subdivisões, como, por exemplo, o critério de limitação dos incômodos e da poluição do canteiro é analisado a partir de quatro indicadores. A Figura 12 mostra o exemplo de hierarquia da Certificação AQUA.

Figura 12. Estrutura hierárquica parcial da Certificação AQUA-HQE



As categorias que estruturam a Certificação AQUA-HQE estão divididas em quatro grandes grupos: eco-construção ou meio-ambiente (onde o canteiro com baixo impacto está incluído), gestão (energia e economias), conforto e saúde e segurança (ver Fig. 5, pág. 31). Sobre a estrutura hierárquica das certificações ambientais, Grünberg, Medeiros e Tavares (2014) ao comparar as três principais certificações do Brasil - LEED, AQUA-HQE e Selo Casa Azul da Caixa - através da técnica de análise hierárquica (AHP), propuseram novos critérios para serem incorporados nas certificações de sustentabilidade como o “custo do selo, economia de recursos alcançada em edifícios certificados e aplicabilidade (facilidade/dificuldade para se obter o selo)” (GRÜNBERG, MEDEIROS E TAVARES, 2014, p.209).

Outros critérios, apontados por Raslanas, Stasiukynas e Jurgelaitytä (2013), que poderiam ser incorporados nas certificações relacionam-se com os recursos humanos. Os autores propõem o aumento dos critérios social e econômico como uma

possibilidade para alcançar uma melhor pontuação dos sistemas de certificação ambiental.

Ainda com relação aos recursos humanos, Wu e Low (2010) afirmam a necessidade de treinamento adequado visando a conscientização ambiental dos trabalhadores envolvidos com a obra, como uma estratégia para alcançar de fato a sustentabilidade dos “objetivos verde” que os créditos dos sistemas de certificação pregam na fase de construção.

Em sua análise dos critérios dos sistemas de certificação ambiental, Komurlu, Gurgun e Arditi (2015) afirmam a necessidade de conscientização e envolvimento de investidores, projetistas, consultores, gerentes de construção, contratados, fornecedores de materiais e autoridades locais para o desenvolvimento dos sistemas de certificação em países em desenvolvimento.

Outra questão avaliada nos sistemas de certificação ambiental é o emprego das TICs como ferramenta auxiliar na etapa de projeto, principalmente pelos recursos de simulação que a tecnologia BIM apresenta para medir os impactos ambientais durante os estágios da construção (KAMARUZZAMAN *et al.,* 2016). O emprego desta tecnologia nos sistemas de certificações será abordado no próximo item.

3.2.2.2 Tecnologia BIM

Os autores Wong e Zhou (2015) denominaram a integração das edificações sustentáveis e BIM como “Green BIM”. A abordagem do Green BIM em alguns textos analisados nesta RSL (WONG e ZHOU, 2015; ZUO e ZHAO, 2014) inclui o uso da ferramenta para facilitar o processo de certificação de construções sustentáveis a partir da avaliação e simulação de efeitos das condições climáticas na edificação, assim como a gestão da geração de resíduos, visando sua redução, reutilização e reciclagem.

Azhar*et al.* (2011) também apontam as vantagens, em termos de rapidez nos resultados, economia de tempo e recursos advindas do emprego da ferramenta BIM no processo de certificação, incorporando os créditos da certificação nos diversos estágios da construção, como nos critérios de escolha de madeira certificada, no uso de materiais de baixa emissão (tintas e revestimentos), no reuso de estruturas existentes, como também nos critérios de reutilização e reciclagem de materiais. Os autores citam o software REVIT da Autodesk nesta contribuição.

Chen e Nguyen (2017) afirmam que a construção sustentável pode ser beneficiada coma a integração de BIM, *Web Map Service* e os sistemas de certificação, particularmente quanto ao critério de localização e transporte previsto na certificação LEED. Os autores demonstram que o modelo BIM pode quantificar o volume de materiais de construção obtidos e associar às distâncias do transporte das áreas exploradas até o canteiro de obras, e assim estimar o impacto e o custo ambiental devido ao tipo de transporte e distâncias das matérias-primas.

Com relação ao processo de construção, Meža, Turk e Dolenc (2014) propõem melhor aproveitamento do monitoramento da construção no canteiro de obras com o emprego de Realidade Aumentada (AR) e modelagem BIM, visando agilizar a coleta de informações para tomadas de decisões no canteiro.

Lu et al. (2017) sugerem para estudos futuros a investigação de novos aplicativos BIM que potencialize os benefícios e no aumento das certificações ambientais, melhorando a eficiência do processo de certificação para o alcance do maior número de pontuações nas categorias e critério. Enquanto Jupp (2017) sugere para trabalhos futuros os estudos de plataformas que abordem o fluxo de trabalho e reúnem as tecnologias 4D para melhoramentos no planejamento e no gerenciamento ambiental em canteiros de obras.

Assim, os autores apontam as tecnologias BIM como suporte para o planejamento de edificações com certificações ambientais. No Quadro 5 são apresentadas as tecnologias BIM e suas contribuições para a melhoria de canteiros de obras.

Quadro 5 - Tecnologia BIM e suas melhorias nos canteiros de obras

Tecnologia BIM	Melhorias no Canteiro de Obras	Autores
4D	Planejamento e gerenciamento ambiental.	(JUPP, 2017).
4D integrado ao 3D com o auxílio do scanner a laser	Automatizar a medição no progresso da construção.	(KIM; SON; KIM, 2013).
Uso de imagens	Acompanhar e monitorar as atividades de gerenciamento.	(KIM; KIM; KIM, 2016).
Integração Google Maps e certificação ambiental	Simplificar e reduzir o processo de cronograma de planejamento.	(CHEN; NGUYEN, 2016).
Tecnologia de computação móvel, comunicação sem fio	Eficiência da comunicação de informações.	(CHEN, Y.; KAMARA,2011)

Os desafios para implementação do BIM em países em desenvolvimento são a falta de recursos financeiros, ausência de padrões nacionais de BIM e falta de profissionais qualificados (BUI; MERSCHBROCK; MUNKVOLD; 2016).

3.2.2.3 Canteiro de obras

Um dos objetivos da RSL era identificar e agrupar os trabalhos pelo enfoque dado no quesito canteiro sustentável, considerando o horizonte da certificação AQUA. O Quadro 6 mostra os enfoques teóricos quanto às práticas sustentáveis nos canteiros de obras e os trabalhos relacionados.

Quadro 6 – Indicadores de práticas sustentáveis no canteiro de obras

Indicadores de práticas sustentáveis no canteiro de obras	Autores
Gestão de resíduos de construção	(TEBBOUCHE; BOUCHAIR; GRIMES,2017) (HUO; YU; WU,2017) (AL-JEBOURI *et al.*, 2017) (KAMARUZZAMAN*et al.*, 2016) (LAQUATRA *et al.*, 2008) (CONDEIXA; HADDAD; BOER 2017) (DUAN; WANG; HUANG, 2015) (JINGKUANG; YOUSONG, 2011) (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2017) (LAQUATRA; PIERCE, 2009) (GANGOLELLS *et al.*, 2011) (SÁEZ *et al.*, 2014)
Gestão e eficiência no uso de água	(TEBBOUCHE; BOUCHAIR; GRIMES, 2017) (HUO; YU; WU, 2017) (LAQUATRA*et al.*, 2008) (PONTIUS, 2018)
Minimização da poluição sonora	(HUO; YU; WU, 2017)
Poluição do ar	(HUO; YU; WU, 2017) (AL-JEBOURI*et al.*, 2017) (SANDANAYAKE; ZHANG; SETUNGE, 2018) (ZHANG; SHEN; ZHANG, 2013)
Conscientização e educação	(AL-JEBOURI*et al.*, 2017) (DUAN; WANG; HUANG, 2015)
Reciclagem de resíduos	(KAMARUZZAMAN*et al.*, 2016) (LAQUATRA*et al.*, 2008) (AL-JEBOURI*et al.*, 2017) (SOBOTKA; SAGAN, 2016) (ROCHA; SATTLER, 2009)

Materiais de construção não tóxicos	(LAQUATRA*et al*., 2008) (FRANZONI, 2011)
Eficiência energética	(LAQUATRA*et al*., 2008); (BODACH; HAMHABER, 2010)
Gestão ambiental	(HUO; YU; WU, 2017); (SMALL; MAZROOEI, 2016) (WINDAPO; GOULDING, 2015) (JIANG; LI, 2013)

Em estudo à construção residencial na Espanha Sáez (2014) aponta que gera um fluxo de resíduos de construção e demolição da ordem de 117,50Kg/m^2 construído. Os recursos necessários para a produção de edifícios habitacionais possuem amplo consumo de concreto, metal, cimento, cal (BODACH; HAMHABER, 2010). O uso de concreto se destaca com 60%, seguido pelo o agregado com 17% (CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017). Uma alternativa de prática sustentável para abrandar os usos dos recursos é o beneficiamento dos resíduos gerados, pois podem gerar lucro com sua venda (SOBOTKA; SAGAN, 2016). Os produtos de construção e demolição possuem o valor de mercado cerca de 50% do preço de um produto novo equivalente (ROCHA; SATTLER, 2009).

A construção sustentável no canteiro de obras é importante para reduzir a interferência do homem no meio ambiente, diminuir a geração de enormes quantidades de resíduos em aterros e os recursos naturais em processo de construção (YU; LU; SAN 2014). As práticas sustentáveis nos canteiros é um indicativo de imagem pública positiva para a empresa e possibilita um reconhecimento dentro da indústria da construção, o que acarreta uma vantagem competitiva (WINDAPO; GOULDING, 2015).

As categorias práticas de gerenciamento de resíduos sólidos é apontada como prioridade para a promoção da sustentabilidade no canteiro de obras (GANGOLELLS *et al*., 2014; JINGKUANG; YOUSONG, 2011; KAMARUZZAMAN*et al*., 2016).

Os riscos e impactos ambientais podem ser amenizados com o gerenciamento dos resíduos sólidos, por ser uma ferramenta importante para a caracterização da geração dos fluxos de resíduos da C&D. Juntamente com o treinamento de pessoas para promoção do projeto de reciclagem, reduz-se o custo de transporte e descarte de resíduos (DUAN; WANG; HUANG, 2015).

A conscientização acerca de reduzir, reutilizar, reciclar no plano de gerenciamento de resíduos no canteiro de obras é uma estratégia de construção ecológica muito importante, pois o potencial de reciclagem deste gerenciamento aumenta as iniciativas de redução de descarte nos aterros sanitários (LAQUATRA; PIERCE, 2009).

Os indicadores para um canteiro de obras de baixo impacto ambiental são a redução da quantidade de resíduos gerados durante a construção, a melhoria de técnicas de construção de baixo impacto, minimização da poluição do ar e melhoramentos nos padrões de coleta e reciclagem de resíduos (AL-JEBOURI *et al*., 2017).

Para Jingkuang e Yousong (2011) as práticas de atividades de gerenciamento dos resíduos sólidos envolve a inserção de cláusulas contratuais para um subcontrato no tratamento de resíduos, um regulamento de regras para lidar com os geradores de resíduos para viabilizar o incentivo positivo para reduzir ou reciclar os resíduos de construção civil do canteiro de obras.

Para a gestão ambiental, os autores Jiang e Li (2013) propuseram o método de avaliação fuzzy, um monitoramento dinâmico do canteiro de obras, que controla o processo visando maior eficiência nas certificações ambientais.

A gestão ambiental que trata da implementação de planos que incluem monitoramento ambiental, auditoria para minimizar as poluições sonoras, do ar, do uso de água e das gerações de resíduos de construção são essenciais para minimizar os impactos ambientais nos canteiros de obras (HUO; YU; WU, 2017).

No quesito do uso de água, um fator apresentado por Pontius (2008) é a questão do escoamento de águas pluviais dos canteiros de obras. O autor enfatiza a importância no aumento de fiscalização no combate a poluições de águas pluviais por sedimentos, óleo usado, pesticidas, solvente, e etc., para que não sejam lavados em águas superficiais.

A autora Franzoni, 2011 enfatiza que há uma deficiência com relação a orientação dos engenheiros e arquitetos na fase de projeto, o que acarreta em escolhas de materiais não inviáveis para a sustentabilidade na fase construção.

Small e Mazrooei (2016) destacam as seguintes ações para a efetiva sustentabilidade das operações no canteiro de obras:

- o layout, buscando um planejamento quanto a sua eficiência com relação aos movimentos desnecessários, ações inúteis, atrasos no transporte;
- uso adequado de luz natural e sombreamentos nas instalações;
- incentivo ao uso de fontes sustentáveis de energia;
- uso eficientes de materiais ecologicamente corretos nas instalações dos escritórios e cabines;
- equipamentos de construção em bom estado de uso e conservação e movidos a diesel com baixo teor de enxofre;
- os operadores de equipamentos devem ter experiências e receber treinamentos adequados;
- empregar o uso de formas reutilizáveis;
- utilizar o material residual, como o excesso de concreto, no local ou próximo para evitar o descarte;
- incentivar o trabalho produtivo, eficiente e consciente dos protocolos de segurança.

A organização no canteiro de obras está relacionada com as ações gerenciais, que define como prioridades implantações de recursos, equipamentos a serem comprados, treinamentos de profissionais. O mesmo autor enfatiza que a organização do canteiro é um estágio importante para diminuir os danos gerados durante a obra, e o gerente de obras ao antever os danos que serão causados pode planejar e determinar melhores decisões na resolução dos impactos (VAZQUEZ*et al.*, 2013).

O controle das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) é apontado como uma estratégia importante para que os tomadores de decisão mantenham um canteiro de obras sustentável (SANDANAYAKE; ZHANG; SETUNGE,2018). As fontes de emissão atmosférica na construção civil estão presentes desde o estágio de fabricação de materiais de construção, no processo de transporte de materiais de construção, no estágio de construção civil, na fase de demolição e na fase de eliminação de resíduos de construção (ZHANG; SHEN; ZHANG, 2013).

A investigação dos impactos ambientais causados pelas emissões de GEEs são encorajados para novos estudos (SANDANAYAKE; ZHANG; SETUNGE, 2018). Também em destaque para pesquisas futuras está investigar a maneira como as construtoras estão praticando a gestão dos RCC (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2017).

Yu, Lu, e San (2014) destacam as seguintes técnicas para reduzir o impacto ambiental e melhorar a qualidade do ar do canteiro de obras (Quadro 7):

Quadro 7 – Técnicas para promover a qualidade do ar no canteiro de obras

OBJETIVO AMBIENTAL	TÉCNICAS
Reduzir a interferência e respeitar ao ambiente	▪ Plano de uso do canteiro ▪ Conservação de áreas e plantas a serem protegidos ▪ Limpar e minimizar as instalações temporárias ▪ Reduzir a movimentação de materiais e equipamentos ▪ Tratar e eliminar os RCC ▪ Isolar o canteiro de obras do público ▪ Sistema de controle de drenagem e inundação ▪ Cronograma de trabalho levando em consideração o clima e os períodos sazonais da construção civil
Conservação dos recursos	▪ Monitoramento dos recursos hídricos ▪ A instalação de equipamentos e aparelhos economizadores de água ▪ Reutilização das águas de chuvas e de água residual da construção ▪ Economia de energia ▪ Redução da perda de material ▪ Reciclagem dos resíduos de construção
Melhorar a qualidade do ar	▪ Plano de gerenciamento da qualidade do ar no interior da construção ▪ Uso de materiais ou produtos de baixa volatilidade ▪ Instalação de ventilador de exaustor temporário ou equipamento de purificação e filtragem ▪ Não acumular ou armazenar lixo e os materiais contaminantes devem ser armazenados com cuidado ▪ Adoção de máquinas ou produções de construções mais seguras e saudáveis

4 Survey

Este trabalho abordou os aspectos de sustentabilidade aplicados ao canteiro de obras de construções com a certificação ambiental AQUA-HQE.

Para definição do objeto de estudo foi realizado um levantamento de edificações com registros de certificações a partir de dados fornecidos pela Fundação Vanzolini, que gerencia a Certificação AQUA-HQE no Brasil. De acordo com o levantamento, dentre as tipologias AQUA-HQE por projetos registrados há um número maior de pedidos de certificação para edifícios habitacionais. Dentre os 17 estados brasileiros com atuação da certificação AQUA-HQE destaca-se São Paulo, com maior número de pedidos de certificação para projetos. Na certificação ambiental AQUA-HQE existem três diferentes esquemas disponíveis: (1) edifícios em construção, (2) edifícios em operação, (3) bairros e loteamentos. Esta pesquisa enfoca edifícios em construção. A certificação AQUA-HQE apresenta também diferentes versões disponíveis, para este estudo foi adotada a versão de abril do ano de 2016.

Além disso, a certificação ambiental contempla esquemas diferentes para diferentes tipologias de edifícios, como escolas, edifícios não residenciais e edifícios residenciais. Para este estudo foi selecionada a tipologia de edifícios residenciais, devido ser esta a principal categoria em número de projetos registrados pela Fundação Vanzolini.

Esta pesquisa adotou a metodologia *Survey*, a partir de questionários com perguntas estruturadas em casos selecionados do banco de dados da fundação Vanzolini no Estado de São Paulo. A princípio, foi dado preferência a empreendedores AQUA[2]. Trata-se de uma *Survey* descritiva (CAUCHICK MIGUEL; HO, 2011) cuja unidade de análise está claramente definida e apropriada às questões e hipóteses da investigação. Os respondentes são representativos da unidade de análise e as questões foram claramente definidas, assim como os critérios de seleção da amostra. O tamanho da amostra foi definido para representar a população de interesse e suficiente para realizar os testes estatísticos.

O pré-teste foi realizado com uma construtora que representa 14,3% da amostra.

4.1 Desenho do questionário

As principais referências para o desenho do questionário desta *Survey* foram as diretrizes do processo AQUA-HQE certificado pela Fundação Vanzolini e a adaptação de um questionário já empregado e testado em outra pesquisa (LIMA, 2010). O questionário foi aplicado entre os funcionários envolvidos nos canteiros de obras com a certificação AQUA, visando abordar os seguintes aspectos: a limitação dos incômodos; os riscos sanitários e de poluição que podem afetar o terreno; os trabalhadores e a vizinhança; a gestão dos resíduos do canteiro de obras; o controle dos recursos água e energia e do balanço do canteiro de obras. Os principais tópicos e perguntas da pesquisa estão resumidos no Quadro 8.

[2] Quando um empreendedor conquista a certificação AQUA-HQE e tem a intenção de projetar e construir seguindo esses parâmetros de sustentabilidade, ele pode se candidatar à certificação Empreendedor AQUA, pela qual se compromete a entregar todos os empreendimentos futuros em condição de receber o certificado AQUA-HQE. O selo é concedido para empreendedores com, no mínimo, quatro empreendimentos já certificados com o AQUA-HQE.

Segundo Lakatos e Marconi (2003), o questionário deve ter um tamanho moderado, de maneira que forneça as informações necessárias, para que o informante tome ciência do que se deseja dele. Tendo em vista essas características, o questionário (vide Apêndice 1) foi elaborado em três partes para contemplar os seguintes itens:

- **Perfil da empresa/respondente**: Essa primeira parte do questionário objetiva definir o perfil da empresa e do respondente em questão, quanto a sua experiência na indústria da construção civil, anos de experiência com a construção de edifícios sustentáveis, entre outras. As perguntas são objetivas e permitem caracterizar o empreendimento, a empresa e o respondente.

- **Abordagem sobre ações ambientais**: O objetivo dessa parte do questionário foi identificar ações na obra com relação ao gerenciamento de resíduos no canteiro de obras, à redução dos incômodos, poluição e consumo de recursos. Essas questões permitem analisar a aplicação de desempenho do empreendimento de Alta Qualidade Ambiental.

- **Estratégias de produtividade**: Essa seção permite avaliar a probabilidade de fatores que afetam a produtividade na construção de edifícios.

A pesquisa combina perguntas abertas, sobre a situação e sobre recomendações a serem adotadas em um canteiro de obras sustentável, com questões quantitativas para classificar as barreiras em uma escala Likert de 1 (nada influente) a 4 (extremamente influente), com uma escolha de 0 (não sabe), seguindo o proposto por Croasmun e Ostrom (2011). Os respondentes foram encorajados a identificar barreiras inadequadas na lista ou outras barreiras que não constam na lista, e foram solicitados a sugerir possíveis meios de promover a adoção da sustentabilidade na obra.

Os questionários foram aplicados entre abril de 2018 e fevereiro de 2019. Todos os questionários foram auto-aplicados e não foram feitas entrevistas. O pedido de participação e os questionários foram encaminhados via e-mail aos participantes -alvo.

Quadro 8 - Tópicos e itens da survey

TÓPICOS	ITENS DO TÓPICO
Dados do respondente no canteiro de obras	▪ Nome ▪ Formação escolar/universitária ▪ Cargo ou função ▪ Tempo de atuação no mercado
Dados da empresa	▪ Nome da Empresa ▪ Atividade econômica ▪ Quantidade de empregados ativos

	▪	▪ Anos de atuação na indústria na Construção Civil
	▪	▪ Número de obras residenciais em andamento
	▪	▪ Número de obras não residenciais em andamento
	▪	▪ Identificação do selo de certificação de sustentabilidade. A motivação da empresa para a obtenção da certificação
	▪	▪ Tempo de experiência com a construção de edifícios sustentáveis (certificados)
Caracterização do Canteiro de obras	▪	▪ Nome da obra/ empreendimento
	▪	▪ Tipo de obra
	▪	▪ Endereço da obra/empreendimento
	▪	▪ Cidade
	▪	▪ Número de torres
	▪	▪ Número de apartamentos/ salas
	▪	▪ Tamanho da área privativa da unidade habitacional/ comercial
	▪	▪ Metros total a ser construída
	▪	▪ O sistema construtivo adotado na obra
	▪	▪ A fase que se encontra o Canteiro de obras
	▪	▪ Selo de certificação que a obra possui
	▪	▪ O uso do BIM em projetos de construção sustentável
TICs na construção civil, ferramentas BIM	▪	▪ Ferramentas da tecnologia BIM na fase de projeto
Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras	▪	▪ Minimizar a produção de resíduos
	▪	▪ Processos e sistemas que gerem menos resíduos
	▪	▪ Beneficiamento dos resíduos
	▪	▪ Beneficiamento dos resíduos do canteiro de obras
	▪	▪ A correta destinação dos resíduos
Incômodos	▪	▪ Sonoros
	▪	▪ Visuais
	▪	▪ Circulação de veículos
	▪	▪ Trânsito de pedestres
	▪	▪ Materiais particulados, lama e derramamento de concreto
Poluição	▪	▪ Ações para limitar os incômodos devido aos materiais particulados, lama e derramamento de concreto
	▪	▪ Ações para limitar a poluição do ar
Consumo de recursos	▪	▪ Sistemas de economizadores de água
	▪	▪ Ações com relação às perdas incorporadas
Fatores que afetam a produtividade	▪	▪ Prazo estimado do projeto
	▪	▪ Fatores de impacto na produtividade
	▪	▪ A produtividade no canteiro de obras
	▪	▪ A mão de obra (MDO)
	▪	▪ Fatores Externos

4.2 Grupo e seleção de amostras

De um total de 170 edifícios habitacionais com certificação AQUA-HQE no estado de São Paulo, o universo para esta pesquisa foi definido por uma amostra de 12 empreendimentos que apresentavam características similares, como: edifícios habitacionais ou mistos; construções com o referencial residencial AQUA; construções com até 3 torres; com 45 a 260 unidades habitacionais; com área construída entre 20 a 29 mil m2.

O número de respostas efetivas foi de sete, o que corresponde a um nível de confiança de 95%, com o erro amostral de 18%. Apesar do tamanho da população e da amostra ser reduzido, todas as respostas efetivas individuais foram incluídas nos resultados e na análise.

Os respondentes foram três empresas do interior de São Paulo e três da capital. De uma delas foram coletados dados de duas de suas obras. Pois, foram encaminhados e-mails para as empresas que possuem certificação AQUA e visitados três canteiros de obras localizados no interior do estado de São Paulo. A pesquisa foi respondida pelos responsáveis pelos canteiros de obras, denominados como ENG.

Mas foram visitados dois canteiros de obras da empresa C. Durante a visita a um de seus canteiros de obras, obteve-se a informação de que a empresa possuía uma obra residencial em processo inicial e que também possuía a certificação AQUA e que o canteiro de obras possuía outra pessoa responsável, o que poderia apresentar resultados diferentes, portanto, dois dos empreendimentos pertencem a uma mesma empresa.

Para manter o caráter sigiloso dos dados, a identificação das empresas, dos entrevistados e dos canteiros de obras seguirá a nomenclatura apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 - Identificação dos respondentes

CANTEIRO DE OBRAS	EMPRESA	RESPONDENTE
CO-1	EMP-A	ENG.1
CO-2	EMP-B	ENG.2
CO-3	EMP-C	ENG.3
CO-4	EMP-D	ENG.4
CO-5	EMP-E	ENG.5
CO-6	EMP-F	ENG.6
CO-7	EMP-C	ENG.7

O Quadro 10 mostra a caracterização do canteiro dos sete estudos de caso, incluindo a fase que a obra estava no momento da pesquisa, sua localização e o status da certificação.

Quadro 10 - Caracterização das obras pesquisadas

Canteiro	Tipo	Área (m^2)	Fase da Obra	Localização	Status Certificação
CO-1	Residencial multifamiliar	31.244	Estrutura	São Paulo	Empreendedor AQUA
CO-2	Uso Misto	57576	Fundação	São Paulo	AQUA
CO-3	Residencial multifamiliar	28.887	Fundação	São Carlos	Empreendedor AQUA
CO-4	Residencial Multifamiliar	40.000	Finalizado	Mogi das Cruzes	AQUA
CO-5	Residencial Unifamiliar	8091,81	Inicial	Campinas	Empreendedor AQUA
CO-6	Multifamiliar	13076	Estrutura	São Paulo	AQUA
CO-7	Residencial Unifamiliar	33.317	finalizado	Limeira	Empreendedor AQUA

4.3 Resultados

4.3.1 Caracterização dos Respondentes

Foram aplicados sete questionários com perguntas estruturadas e semi-estruturadas em profissionais da indústria da construção civil para coletar dados qualitativos relacionados ao perfil de canteiros de obras sustentáveis. O contato inicial com os respondentes foi feito por meio de e-mails, telefone e pessoalmente. As funções dos respondentes são bem diversificadas, mas todos possuíam uma experiência considerável relacionada à construção de edifícios sustentáveis (certificados).

Os respondentes da EMP-C foram os responsáveis pelos canteiros de obras visitados. O respondente da EMP-E não era o responsável da obra, mas um funcionário da área de planejamento que autorizou a visita ao respectivo canteiro de obras. Para os demais respondentes o questionário foi encaminhado para a pessoa responsável da empresa, juntamente com uma solicitação de visita ao canteiro de obras. Contudo, obtivemos somente um questionário respondido.

Foram registradas as seguintes informações dos respondentes: a) formação escolar/universitária; b) cargo ou função do respondente na obra; c) tempo de atuação no mercado. Dos sete questionários respondidos, três dos respondentes, o equivalente a 43%, possuem graduação em engenharia civil (ENG.2, ENG.3, ENG.4). Um respondente possui graduação em engenharia ambiental (ENG.1). Um possui graduação em gestão ambiental (ENG.6). Um informou apenas ter superior completo, não informando qual a graduação (ENG.5). Em relação aos cursos de pós-graduação em área compatível, um respondente declarou ter realizado (ENG.2).

Em relação ao tempo de atuação no mercado, dos sete respondentes, dois possuem 11 anos de atuação no mercado (ENG.2, ENG.3) e dois estão no mercado de construção civil há 7 anos (ENG.1 e ENG.4). Os demais, ENG.5 e ENG.6, possuem atuação de 5 e 6 anos no mercado, respectivamente.

Os resultados referentes ao nível de formação profissional e tempo de atuação no mercado (Quadro 11) demonstram que os respondentes possuem conhecimento teórico e prático suficiente para identificar e responder com clareza as questões relativas ao canteiro sustentável.

Quadro 11- Perfil dos Respondentes

ID	CANTEIRO DE OBRAS	FORMAÇÃO	CARGO/FUNÇÃO NA OBRA	ATUAÇÃO NO MERCADO (anos)
ENG.1	CO-1	Engenheiro Ambiental	Analista de Qualidade e Sustentabilidade	7
ENG.2	CO-2	Engenheiro Civil Pós-graduação em Gestão da qualidade e Gestão de áreas Contaminadas	Coordenador de qualidade	11
ENG.3	CO-3	Superior Completo	Engenheiro Civil	11
ENG.4	CO-4	Superior	Engenheiro Civil	7
ENG.5	CO-5	Superior Completo	Gerente de Projetos	5
ENG.6	CO-6	Graduação em Gestão Ambiental	Engenheiro Ambiental	6
ENG.7	CO-7	Engenheiro Ambiental	Engenheiro Ambiental	9

Fonte: a autora

4.3.2 Caracterização das empresas

Para definir o perfil das empresas proprietárias dos canteiros pesquisados foram feitas perguntas relacionadas com a atividade principal da empresa. Tamanho, quantidade de empregados ativos, número de anos atuando na indústria da construção

civil, número de obras residenciais e não residenciais em andamento, se a empresa possui empreendimento com selo de certificação de sustentabilidade e qual a motivação para a obtenção da certificação. Apesar de ter selecionado empreendimentos com registro AQUA, perguntou-se também para as empresas sobre sua experiência com certificações de sustentabilidade, visto que algumas empresas certificam seus empreendimentos com outros sistemas de certificação que não este com que estamos trabalhando. Além disso, era interessante para a pesquisa saber da experiência da empresa com a construção de edifícios sustentáveis ou certificados.

O Quadro 12 apresenta resumidamente as características das empresas pesquisadas.

Quadro 12 - Perfil das Empresas

Empresa	Canteiro	Tipologia do canteiro estudado	Tempo no mercado (anos)	Nº de empregados	Nº Obras em construção		Local	Certificação empregadas
					Res.	Não Res.		
EMP-A	CO-1	residencial	11-20	250-499	11	-	São Paulo	AQUA
EMP-B	CO-2	misto	32	100-249	1	4	São Paulo	AQUA
EMP-C	CO-3 CO-7	residencial	35	600	3	8	São Carlos, Limeira	AQUA, LEED
EMP-D	CO-4	residencial	35	100-249	5	6	Mogi das Cruzes	AQUA, LEED
EMP-E	CO-5	residencial	35	50-99	3	1	Campinas	AQUA
EMP-F	CO-6	residencial	30	100-249	10	-	São Paulo	AQUA

Fonte: a autora

As empresas pesquisadas realizam obras no Estado de São Paulo, região sudeste do Brasil onde ocorreram as pesquisas. Em relação ao número de obras em construção no estado de São Paulo, as empresas EMP-A e EMP-F estavam com 11 e 10 obras respectivamente, e são as únicas que não possuem obras não residenciais. As demais empresas possuem obras residenciais e comerciais, a EMP-D tem 5 obras residenciais, a EMP-C e EMP-E possuem 3 e a EMP-B é a única que possui apenas 1 obra residencial. A EMP-C possui duas obras em execução sendo uma na cidade de Limeira e outra em São Carlos, e a EMP-E possui uma obra em execução em Campinas. Os canteiros das empresas EMP-C e EMP-E que foram visitados nesta pesquisa.

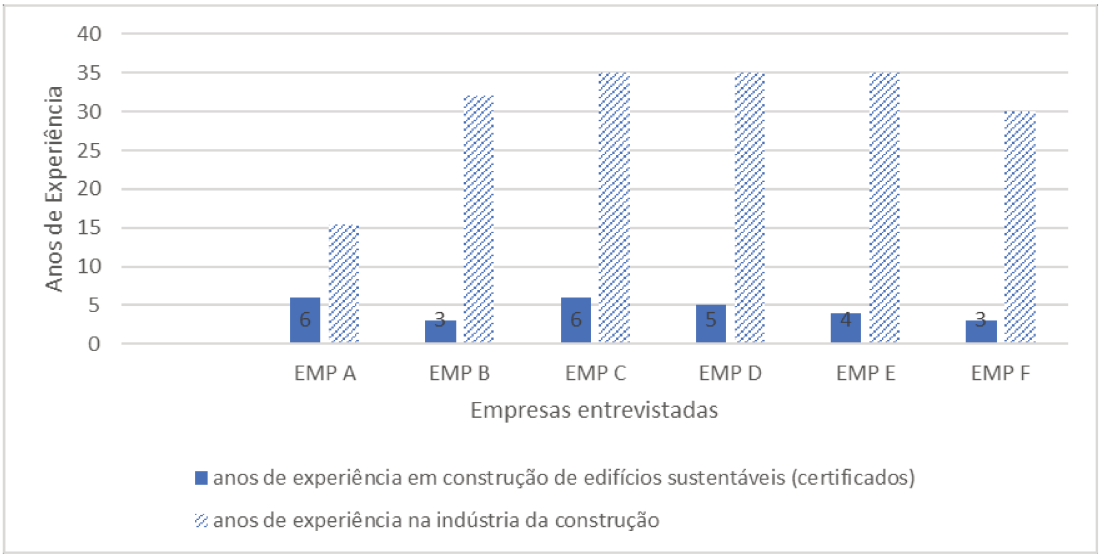
A EMP-C e a EMP-D são as únicas que possuem empreendimentos com diferentes selos de certificação de sustentabilidade, LEED E AQUA. Estas empresas

realizam, além de obras de edificações residenciais. obras não residenciais. As demais empresas pesquisadas possuem apenas a certificação de sustentabilidade AQUA.

Todas são empresas com um longo período de experiência na indústria da construção civil no estado de São Paulo, de 15 a 35 anos. A EMP-A é a única que tem atuação no mercado inferior a 20 anos.

Apesar de larga experiência no mercado da construção civil, percebe-se (Gráfico 3) que a experiência com a construção de edificações sustentáveis (com certificações ambientais) é recente, de 3 a 6 anos, o que representa para as empresas mais experientes cerca de 10% do período de suas atividades. Interessante notar que a empresa mais nova no mercado é, proporcionalmente às outras, a que apresenta maior percentual de anos de experiência em obras certificadas (40%).

Gráfico 3 - Comparação entre anos de Mercado e experiência com edifícios certificados



Fonte: a autora

Percebe-se com isso que a implementação dos selos de certificação ambiental ainda está em fase de amadurecimento, e que nos últimos seis anos aumentou o interesse das construtoras no estado de São Paulo em certificar seus empreendimentos. Com exceção da EMP-A, que é apenas construtora, as demais lidam também com incorporação.

4.3.3 Uso de Ferramentas BIM

Com relação ao uso da tecnologia BIM, somente a EMP-E afirmou utilizar na fase de projeto do empreendimento estudado, correspondendo a 14% dos respondentes. Trata-se da empresa com menor número de funcionários e seu campo de atuação é o interior de São Paulo. O responsável pelo CO-5 (EMP-E) afirmou que o uso de BIM tem um alto impacto no processo de projeto, no processo de construção do empreendimento e na diminuição dos resíduos gerados no processo de obra.

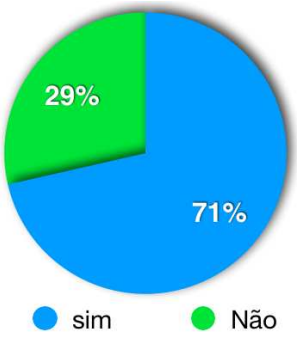
A EMP-E citou a utilização de diversas ferramentas BIM no desenvolvimento do projeto e planejamento da obra, e algumas até simultaneamente. Afirma que empregou o software *Sketchup* na etapa de desenho conceitual, no projeto executivo de arquitetura e no projeto e organização do canteiro de obras. A ferramenta *AutoCad* foi utilizada no projeto executivo estrutural, na detecção de conflitos (*clashdetection*) e no faseamento (4D) e planejamento. Os softwares *Digital Project* e *MicroStation* também foram empregados em diversos estágios do projeto: desenho conceitual, projeto executivo arquitetônico, projeto executivo estrutural, projeto e organização do canteiro de obras, detecção de conflitos (*clashdetection*), faseamento (4D) e planejamento da obra. A ferramenta AutoDoc foi usada para aferir a conformidade da obra.

A EMP-E afirma que o emprego de BIM contribuiu para a diminuição do resíduo gerado a partir da existência de um projeto de canteiro detalhado e de melhora de produtividade alcançada com o emprego da ferramenta no desenvolvimento do projeto da estrutura.

4.3.4 Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras

Sobre a questão de otimização de gestão de resíduos, dos sete canteiros, cinco responderam que selecionam processos e sistemas que geram menos resíduo, um não usa qualquer sistema próprio para isso e um não soube responder (Gráfico 4).

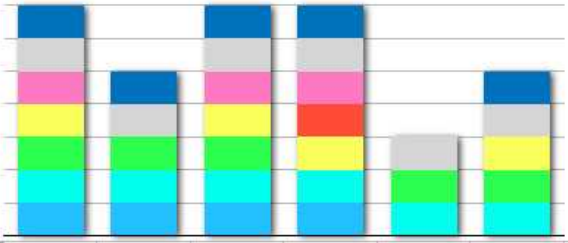
Gráfico 4 - Percentual de canteiros que otimizam a geração de resíduos



Sobre os processos e sistemas para evitar a geração de resíduos, o CO-1 desenvolve projeto específico para modulação de alvenaria, o CO-2 utiliza sistemas industrializados, especialmente para as fachadas, o CO-6 usa um sistema de fachada pré-fabricado modular composto por seis camadas denominado StoTherm (também conhecidos como EIFS - *Exterior Insulationand Finish Systems*) e o CO-7 emprega alguns processos como o *kanban* no estoque de materiais, na compra de aço cortado e dobrado e o faz uso de "*choice*" (programa e escolha de acabamentos). O CO-3, embora tenha dito que emprega sistemas e processos específicos para gerar menos resíduos, não mencionou qual é. O CO-4 não realiza escolha de processos e ou sistemas que gerem menos resíduos e o canteiro CO-5 não soube responder.

Com relação a ações de gestão de resíduos gerados no canteiro, a pesquisa avaliou oito itens relativos à quantificação, identificação, análise de custos de eliminação, reuso e reciclagem, planos de gerenciamento de resíduos e auditorias periódicas. O resultado apresentado, no Gráfico 5, no quesito da Categoria 3 - Canteiro de Obras, o critério de gestão dos resíduos no canteiro é atendido por todas as empresas pesquisadas, todas realizam a quantificação dos resíduos por categoria e a implantação do PGRCC é atendido.

Gráfico 5 - Ações de Gerenciamento de Resíduos no Canteiro



	EMP-A	EMP-B	EMP-C	EMP-D	EMP-E	EMP-F	TOTAL	%
Quantifica os resíduos de uma forma geral.	1	1	1	1	0	0	4	67%
Quantifica os resíduos por categoria.	1	1	1	1	1	1	6	100%
Identifica cadeias locais para revalorização e eliminação dos resíduos.	1	1	1	0	1	1	5	83%
Analisa a natureza e custo da eliminação.	1	0	1	1	0	1	4	67%
Promove moagem e reuso local dos resíduos de classe A (inertes).	0	0	0	1	0	0	1	17%
Promove reciclagem de resíduos de classe B (metais, vidro, papel, plástico, madeira).	1	0	1	1	0	0	3	50%
O canteiro possui PGRCC.	1	1	1	1	1	1	6	100%
Existe um sistema de auditorias periódicas com check-lists para acompanhamento do PGRCC.	1	1	1	1	0	1	5	83%

Fonte: a autora

Em relação ao beneficiamento (reuso, reutilização, reciclagem) dos resíduos o canteiro de obras, as ações elencadas pelos respondentes para cada um dos canteiros são:

1. **CO-1** realiza projetos de logística reversa para resíduos de blocos de alvenaria, embalagens de cerâmicas e de argamassa e chapisco; vende a sucata metálica para retorno à indústria siderúrgica; envia resíduos classe A para usinas de reciclagem de entulho, e classe D para co-processamento; envia lâmpadas queimadas para descontaminação.
2. **CO-2** realiza beneficiamento dos resíduos, mas não detalhou.
3. **CO-3** reaproveita os resíduos na execução da própria obra, ou em itens de canteiro, como por exemplo, na fabricação de peças pré-moldadas com reutilização de resíduos classe A.
4. **CO-4** realiza a reutilização dos resíduos, mas não detalhou.
5. **CO-6** reaproveita a massa do emboço; reutiliza a madeira para diversas ações do canteiro; envia todos os resíduos para usinas de reciclagem atingindo cerca de 96% de reciclagem dos resíduos.
6. **CO-7** aproveita o concreto para realizar estabilizações de taludes, vias, etc.; e reaproveita a madeira inúmeras vezes devido ao cuidado com o manuseio e

também devido à qualidade do material, levada em consideração no momento da compra.

O canteiro CO-5 não respondeu esse item.

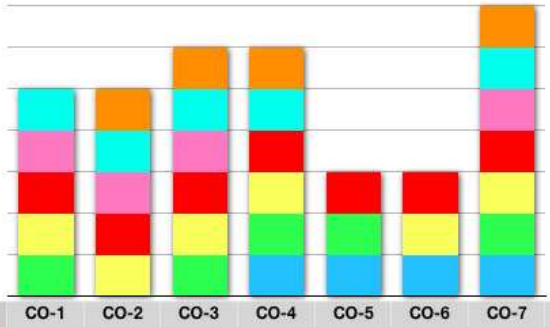
Quanto às ações adotadas para se assegurar a correta destinação dos resíduos:

1. O canteiro **CO-1** realiza inspeções de sustentabilidade em todas as obras de forma a padronizar a forma de triagem e destinação dos resíduos. As inspeções compõem o Programa de Desempenho Técnico das Obras (PDTO) e fazem parte do Programa de Remuneração Variável das obras. A própria certificação AQUA também corrobora para a correta destinação dos resíduos.
2. O **CO-2** monitora continuamente a equipe da qualidade.
3. O **CO-3** adota o sistema de avaliação e qualificação de destinos e transportes, emissões e controle de CTRs
4. O **CO-4** adota o sistema de controle de CTRs.
5. O **CO-5** estava em fase inicial de obras, no estágio de planejamento e organização do canteiro.
6. O **CO-6** para assegurar a correta destinação dos resíduos realiza a separação na origem, contrata os transportadores que são homologados pela Prefeitura de São Paulo e fazem visitas periódicas nos locais de destino dos resíduos.
7. O **CO-7** utiliza o PGRCC, o controle dos manifestos de resíduos (CTR) e principalmente os indicadores de sustentabilidade. O respondente deste canteiro relata, no questionário, que um sistema de gestão bem implementado consegue apoiar a destinação adequada, aponta ainda como fator primordial a necessidade de treinar os funcionários.

4.3.5 Incômodos

O Gráfico 6 apresenta as ações praticadas nos canteiros de obras estudados para limitar os incômodos sonoros. Percebe-se que o CO-7 aplica todos os indicadores AQUA-HQE previstos para a categoria de incômodos sonoros. Percebe-se que o CO-7 aplica todos os indicadores AQUA-HQE previstos no critério 4. Limitação dos incômodos e da poluição da categoria Canteiro de Obras.

Gráfico 6 – Ações para limitar os incômodos sonoros



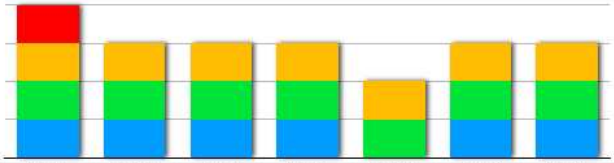
AÇÕES PARA LIMITAR OS INCOMÔDOS SONOROS	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Elabora estudo acústico para identificar e caracterizar as origens de ruídos que possam causar impactos aos trabalhadores e a vizinhança, com diretrizes sobre medidas técnicas e organizacionais para mitiga-las.	0	0	0	1	1	1	1	4	57
Possui máquinas e equipamentos em conformidade com a regulamentação, com orientações do fabricante e em boas condições.	1	0	1	1	1	0	1	5	71
Realiza posicionamento dos equipamentos e máquinas em função dos pontos sensíveis do entorno.	1	1	1	1	0	1	1	6	86
Privilegia soluções tecnológicas que limitem incômodos sonoros.	1	1	1	1	1	1	1	6	86
Gerencia a circulação de veículos.	1	1	1	0	0	0	1	4	57
Planeja quanto a horários, duração e simultaneidade, as atividades de modo a minimizarem o impacto a vizinhança.	1	1	1	1	0	0	1	5	71
Implementa sistema de medição contínua dos ruídos no canteiro.	0	1	1	1	0	0	1	4	57
Outro	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: a autora

De todos os indicadores, os mais aplicados (86%) são os relativos ao posicionamento de equipamentos e máquinas em função de pontos sensíveis do entorno, e o privilégio de soluções tecnológicas que limitem incômodos sonoros.

Quanto aos incômodos visuais, o Gráfico 7 mostra o resultado das ações praticadas nos canteiros de obras para limitá-los. Destaca-se neste quesito o CO-1 por adotar também inspeções de sustentabilidade para garantir o cumprimento do Programa 5 S.

Gráfico 7 -Ações para limitar os incômodos visuais

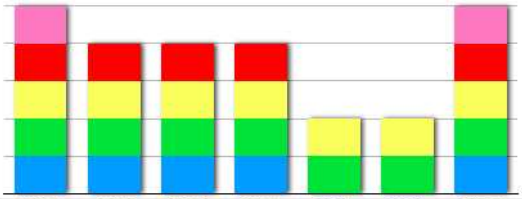


AÇÕES ADOTADAS PARA LIMITAR OS INCÔMODOS VISUAIS	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Sistemática para avaliar as condições dos tapumes.	1	1	1	1	0	1	1	6	86
Cercas em torno da área de armazenamento de resíduos.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Realiza limpeza contínua do entorno do canteiro.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Outro	1	0	0	0	0	0	0	1	14

Fonte: a autora

O Gráfico 8 apresenta as ações adotadas para limitar os incômodos devido à circulação de veículos. Com relação a indicadores que não são contemplados pela certificação AQUA-HQE destacam-se os canteiros CO-1 e CO-7 que, respectivamente, entregam cartas aos vizinhos quando ocorrem eventuais interdições das vias e utilizam métodos de redução de poeira como lava rodas, aspersão de água e estabilização das vias.

Gráfico 8 – Ações para limitar incômodos de circulação de veículos

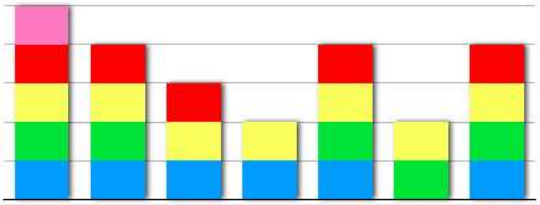


AÇÕES ADOTADAS PARA LIMITAR INCÔMODOS DEVIDO À CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Exige respeito a regulamentação local de trânsito para os veículos que destinam-se obra.	1	1	1	1	0	0	1	5	71
Destina vagas de estacionamento próximo ou no próprio canteiro.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Gerencia entrega de produtos e coleta de resíduos.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Organiza a circulação nas vias públicas.	1	1	1	1	0	0	1	5	71
Outro	1	0	0	0	0	0	1	2	28

Fonte: a autora

Quanto às ações adotadas para evitar incômodos ao trânsito de pedestres (Gráfico 9) destaca-se o CO-1, que além de aplicar todos os indicadores AQUA-HQE de sustentabilidade no canteiro de obras, também realiza proteções aos pedestres através de galerias iluminadas.

Gráfico 9 – Ações para evitar incômodos ao trânsito de pedestres

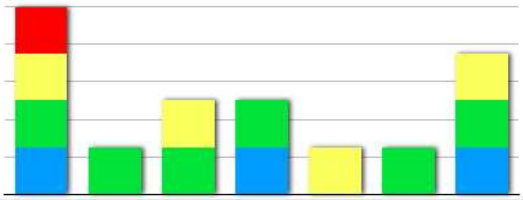


AÇÕES ADOTADAS PARA EVITAR INCÔMODOS AO TRÂNSITO DE PEDESTRES	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Não se ocupa calçadas como extensão do canteiro	1	1	1	1	1	0	1	6	86
Só ocupa calçadas no limite estabelecido na regulamentação existente.	1	1	0	0	1	1	1	5	71
Utiliza área do próprio canteiro de obras para disposição de container para resíduos.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Possui área interna no próprio canteiro destinada à carga e descarga de insumos, máquinas e equipamentos.	1	1	1	0	1	0	1	5	71
Outro	1	0	0	0	0	0	0	1	14

Fonte: a autora

De todos os incômodos no canteiro de obras aquele que ocorre devido aos materiais particulados, lama e derramamento de concreto é o que recebe menor atenção nas obras estudadas. O indicador de menor adoção é o sistema de medição contínua dos materiais particulados, e o de maior adoção é o de recolhimento sistemático de sobras de concreto derramado. Neste quesito destaca-se novamente o CO-1 por seguir todos os indicadores do sistema de certificação ambiental e ainda implementar um sistema de lava-rodas padronizado com recirculação da água (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Ações para evitar Incômodos de materiais particulados, lama e concreto



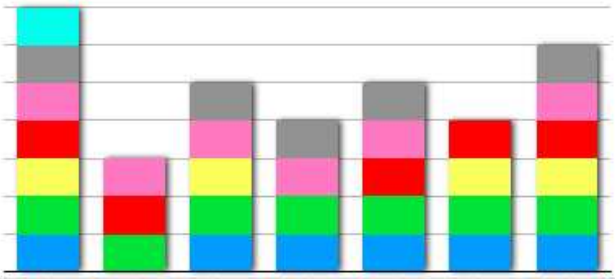
AÇÕES PARA EVITAR INCÔMODOS DEVIDO AOS MATERIAIS PARTICULADOS, LAMA, E DERRAMAMENTO DE CONCRETO	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Implementa sistema de medição contínua dos materiais particulados no canteiro.	1	0	0	1	0	0	1	3	43
Possui sistemática contínua de recolhimento das sobras de concreto derramado.	1	1	1	1	0	1	1	6	86
Possui sistemática visando limpeza da lama gerada.	1	0	1	0	1	0	1	4	57
Outro	1	0	0	0	0	0	0	1	14

Fonte: a autora

4.3.6 Poluição

Os indicadores relativos ao critério poluição da água, solo e subsolo são mais adotados no canteiro é a identificação de tanques, tonéis e bombonas (100%), seguido de produtos menos tóxicos e lavagem de veículos que permitam a decantação dos poluentes (86%). O Gráfico 11 apresenta estes indicadores.

Gráfico 11 - Ações para limitar a poluição da água, solo e subsolo



AÇÕES ADOTADAS PARA LIMITAR A POLUIÇÃO DA ÁGUA, DO SOLO E SUBSOLO	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Utiliza produtos menos tóxicos (desmoldante a base de óleo vegetal).	1	0	1	1	1	1	1	6	86
Identifica tanques, tonéis e bombonas.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Impermeabiliza as áreas de armazenamento.	1	0	1	0	0	1	1	4	57
Realiza controle e coleta dos poluentes na obra.	1	1	0	0	1	1	1	5	71
Possui área de lavagem de veículos que permitam decantação dos poluentes.	1	1	1	1	1	0	1	6	86
Possui área para lavagem, manutenção e limpeza de ferramentas, equipamentos e máquinas.	1	0	1	1	1	0	1	5	71
Outro	1	0	0	0	0	0	0	1	14

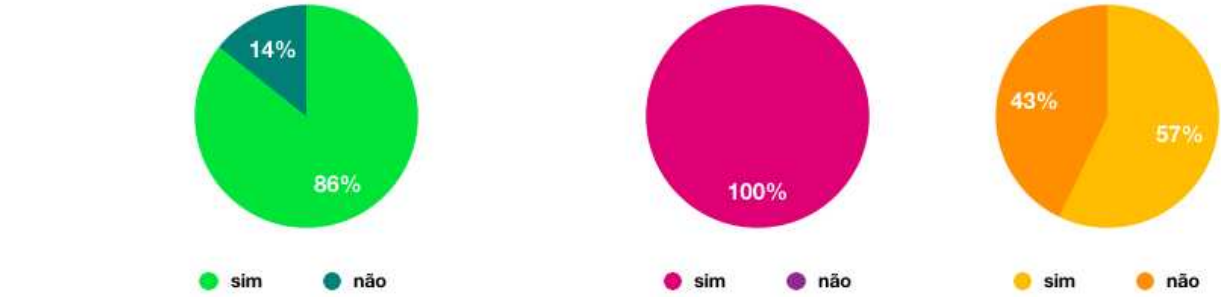
Fonte: a autora

O canteiro CO-1 desenvolveu um sistema de Lava Pincel para recirculação do poluente e correta destinação do "lodo" oriundo da lavagem dos pincéis e latas de tintas, como solução da poluição da água, do solo e subsolo.

Outras ações adotadas para limitar a poluição do ar no canteiro estão apresentadas no Gráfico 12. Percebe-se que indicadores de fácil implementação como limpeza, proibição de queima e respeito às áreas verdes existentes são adotados em todos os canteiros e os que exigem alternativas tecnológicas são menos adotados.

Gráfico 12 - ações para limitar a poluição do ar no canteiro

	rega dos solos	implementação de lava-rodas na saída do canteiro	limpeza diária do canteiro e das vias de acesso	proibição de todo tipo de queima	respeita áreas verdes existentes durante a execução da obra	utiliza alternativa tecnológica para renovação do ar nas áreas fechadas
sim	6	6	7	7	7	4
não	1	1	0	0	0	3

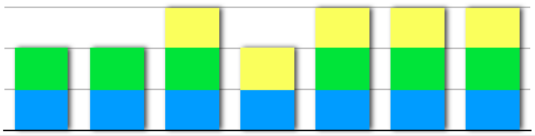


Fonte: a autora

4.3.7 Consumo de Recursos

Com relação ao controle e economia do consumo de água, todos os canteiros promovem medições e acompanhamento do consumo, e 71% possuem sistema de captação de água de chuva (Gráfico 13).

Gráfico 13 – Ações de controle de Consumo de água

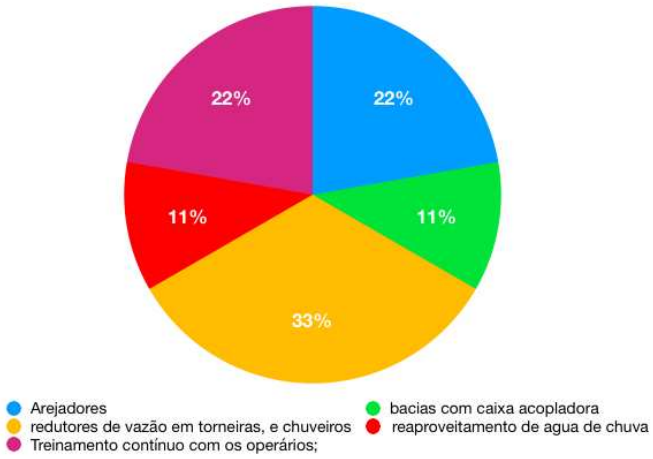


CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Promove medições e acompanhamento do consumo.	1	1	1	1	1	1	1	7	100
Implementa sistemas economizadores.	1	1	1	0	1	1	1	6	86
Possui sistema de captação de água de chuva.	0	0	1	1	1	1	1	5	71
Outro	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: a autora

Somente o CO-4 não implementa sistemas economizadores. Os demais citam principalmente os redutores de pressão de torneiras e chuveiros (33%), seguidos de treinamento contínuo de funcionários e arejadores (22%), conforme podemos observar no Gráfico 14.

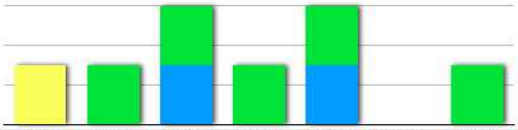
Gráfico 14 – Sistemas Economizadores implementados nos canteiros estudados



Fonte: a autora

Entre outras ações adotadas relativas ao consumo de recursos estão aquelas relacionadas às perdas incorporadas. Somente 28% dos respondentes afirmaram que promovem aferição das mesmas, no entanto, a grande maioria (71%) tem ações de controle de qualidade voltadas a minimizá-las. O CO-1 afirma o estabelecimento de metas de redução do entulho, denominado como “mix”, para o resíduo que não é reaproveitado. Já o CO-6 afirma não adotar nenhuma ação com relação às perdas incorporadas (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Ações adotadas para perdas incorporadas



AÇÕES ADOTADAS COM RELAÇÃO ÀS PERDAS INCORPORADAS	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5	CO-6	CO-7	TOTAL	%
Promove aferição das perdas incorporadas	0	0	1	0	1	0	0	2	28
Adota ações de controle de qualidade voltadas a minimizar as perdas incorporadas.	0	1	1	1	1	0	1	5	71
Outro	1	0	0	0	0	0	0	1	14

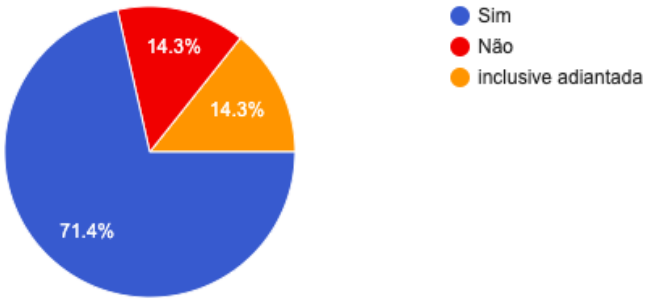
Fonte: a autora

4.3.8 Fatores que afetam a produtividade

4.3.8.1 Estágio da obra

Dentre os fatores que afetam a produtividade está a obra atrasada. Neste quesito a maioria dos respondentes (71,4%) afirmaram que a obra se encontrava dentro do prazo estimado de projeto, 14,3% estava atrasada, e 14,3% estava adiantada (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Obra no Prazo



Fonte: a autora

4.3.8.2 Escopo do Projeto

Com relação aos projetos, os fatores analisados e as respostas estão apresentados na Tabela 2.

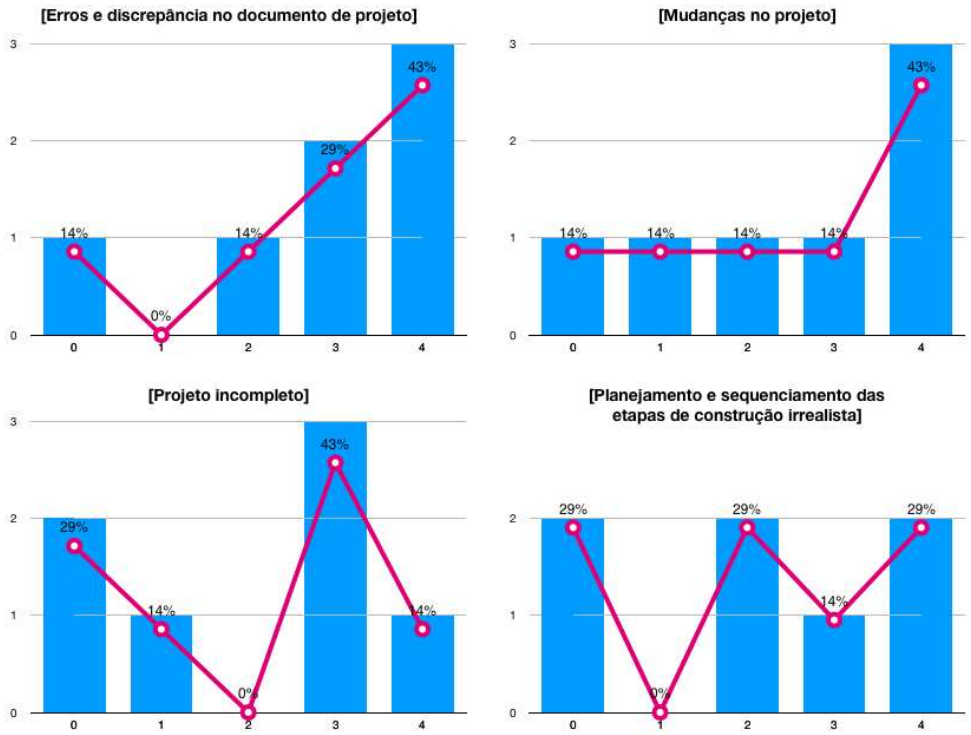
Tabela 2 - Fatores que afetam a produtividade relativos ao projeto

Escala de Likert	[Erros e discrepância no documento de projeto]		[Mudanças no projeto]		[Projeto incompleto]		[Planejamento e sequenciamento das etapas de construção irrealista]	
0	1	14%	1	14%	2	29%	2	29%
1	0	0%	1	14%	1	14%	0	0%
2	1	14%	1	14%	0	0%	2	29%
3	2	29%	1	14%	3	43%	1	14%
4	3	43%	3	43%	1	14%	2	29%
	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%

Fonte: a autora

Dos fatores que afetam a produtividade na etapa de projeto, os respondentes avaliaram os erros e discrepâncias no documento e mudanças no projeto como de alto impacto (43% de frequência na escala 4). As respostas quanto ao planejamento e sequenciamento das etapas da construção irrealista ficaram bastante confusas, distribuídas igualmente entre escala 0 (não previsto), 2 (baixo impacto) e 4 (alto impacto). O projeto incompleto é considerado de médio impacto (43% de frequênciana escala 3). A figura 13 mostra o histograma com a distribuição das respostas aos fatores que afetam a produtividade relativos ao projeto.

Figura 13 – Histograma com distribuição das respostas relativas ao projeto



Fonte: a autora

4.3.8.3 Canteiro de obras

Com relação ao canteiro de obras os fatores analisados e as respostas estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Fatores que afetam a produtividade no Canteiro de obras

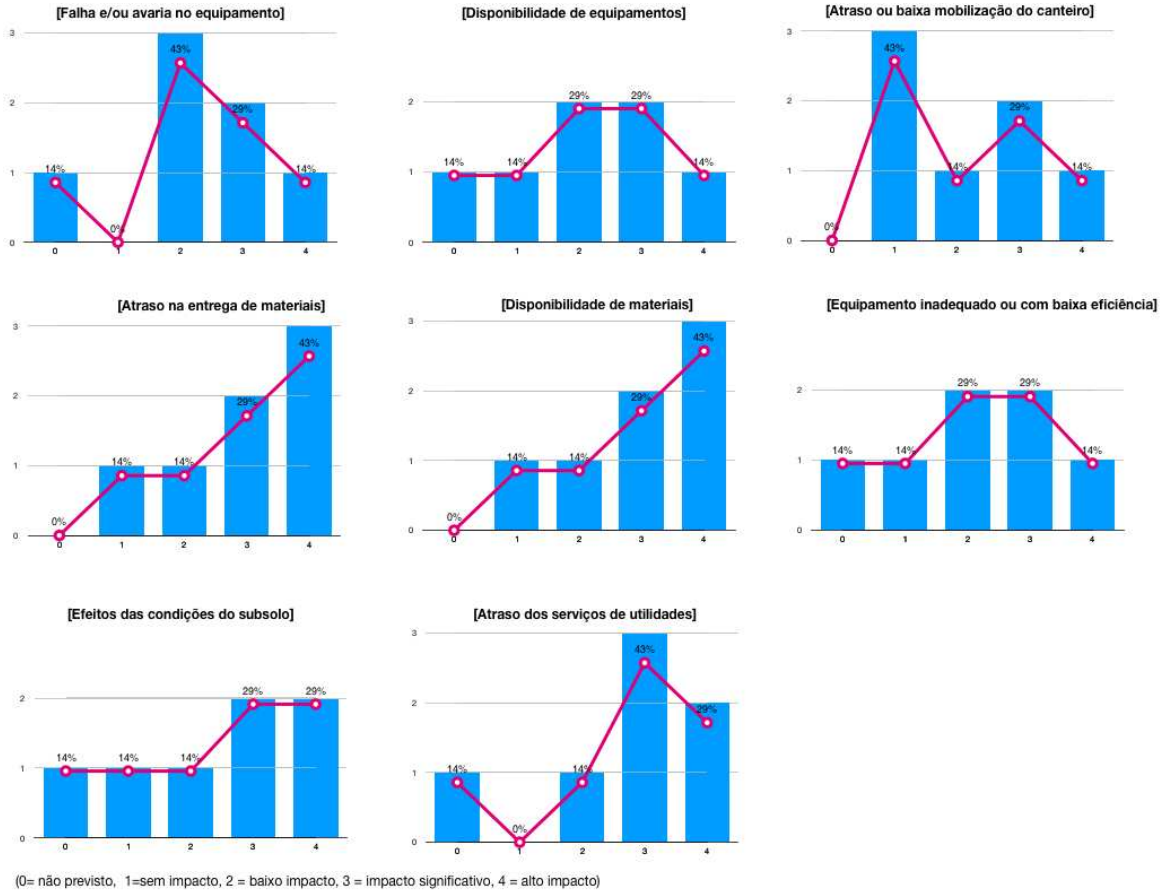
Escala de LIKERT	[Falha e/ou avaria no equipamento]		[Disponibilidade de equipamentos]		[Atraso na entrega de materiais]		[Disponibilidade de materiais]		[Atraso dos serviços de utilidades (água, eletricidade, etc.)]		[Efeitos das condições do subsolo (solo, lençol freático alto, etc.)]		[Atraso ou baixa mobilização do canteiro]		[Equipamento inadequado ou com baixa eficiência]	
0	1	14%	1	14%	0	0%	0	0%	1	14%	1	14%	0	0%	1	14%
1	0	0%	1	14%	1	14%	1	14%	0	0%	1	14%	3	43%	1	14%
2	3	43%	2	29%	1	14%	1	14%	1	14%	1	14%	1	14%	2	29%
3	2	29%	2	29%	2	29%	2	29%	3	43%	2	29%	2	29%	2	29%
4	1	14%	1	14%	3	43%	3	43%	2	29%	2	29%	1	14%	1	14%
	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%

Fonte: a autora

Os respondentes citaram o atraso na entrega de materiais e a disponibilidade de materiais como fatores de alto impacto na produtividade (43% de frequência na escala 4). Em segundo lugar aparecem os efeitos das condições do subsolo e o atraso dos serviços de utilidades (28% de frequência na escala 4). Dos fatores listados, aquele que foi considerado o de menor impacto na produtividade no canteiro de obras foi o atraso

ou baixa mobilização do canteiro (43% de frequência na escala 4). A figura 14 mostra o histograma com a distribuição das respostas aos fatores que afetam a produtividade no canteiro de obras.

Figura 14 - Histograma com distribuição das respostas relativas ao canteiro de obras



Fonte: a autora

4.3.8.4 Mão-de-Obra

Com relação à mão-de-obra, os fatores analisados e as respostas estão apresentados na tabela 4.

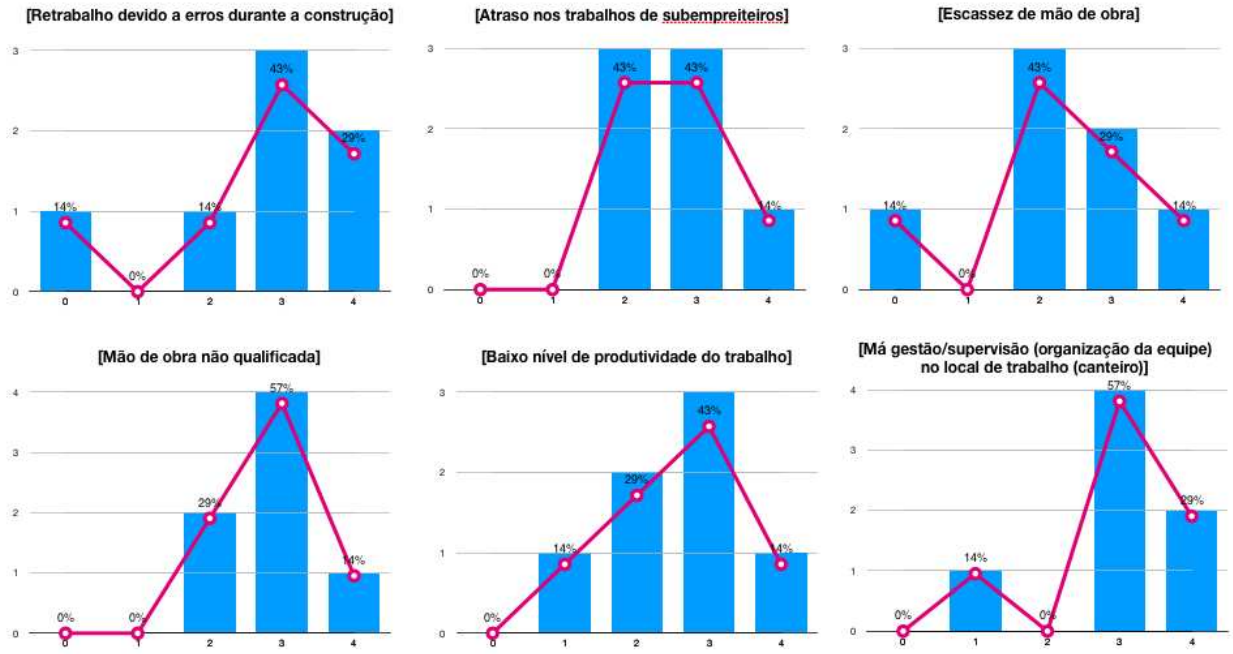
Tabela 4 - Fatores relacionados com mão de obra que afetam a produtividade

Escala de Likert	[Retrabalho devido a erros durante a construção]		[Atraso nos trabalhos de subempreiteiros]		[Escassez de mão de obra]		[Mão de obra não qualificada]		[Baixo nível de produtividade do trabalho]		[Má gestão/supervisão (organização da equipe) no local de trabalho (canteiro)]	
0	1	14%	0	0%	1	14%	0	0%	0	0%	0	0%
1	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	14%	1	14%
2	1	14%	3	43%	3	43%	2	29%	2	29%	0	0%
3	3	43%	3	43%	2	29%	4	57%	3	43%	4	57%
4	2	29%	1	14%	1	14%	1	14%	1	14%	2	29%
	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%

Fonte: a autora

Interessante notar que nenhum fator teve frequência máxima na escala 4 (alto impacto). Os fatores mais significativos (57% de frequência na escala 3) apontados pelos respondentes foram mão de obra não qualificada e má gestão na supervisão da equipe, o que denotam problemas em lados opostos, naqueles que recebem ordens e naqueles que as dão. A escassez de mão de obra é considerada um fator de baixo impacto. Os demais fatores (retrabalho devido a erros, atrasos dos subempreiteiros e baixo nível de produtividade) são considerados fatores de impacto significativo (43% de frequência na escala 3). A figura 15 apresenta o histograma com a distribuição das respostas aos fatores que afetam a produtividade relativos à mão-de-obra.

Figura 15 - Histograma com distribuição das respostas aos fatores relativas à mão-de-obra



(0= não previsto, 1=sem impacto, 2 = baixo impacto, 3 = impacto significativo, 4 = alto impacto)

Fonte: a autora

4.3.8.5 Fatores externos

Os fatores externos que afetam a produtividade foram analisados nesta pesquisa e respectivas respostas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Fatores externos que afetam a produtividade

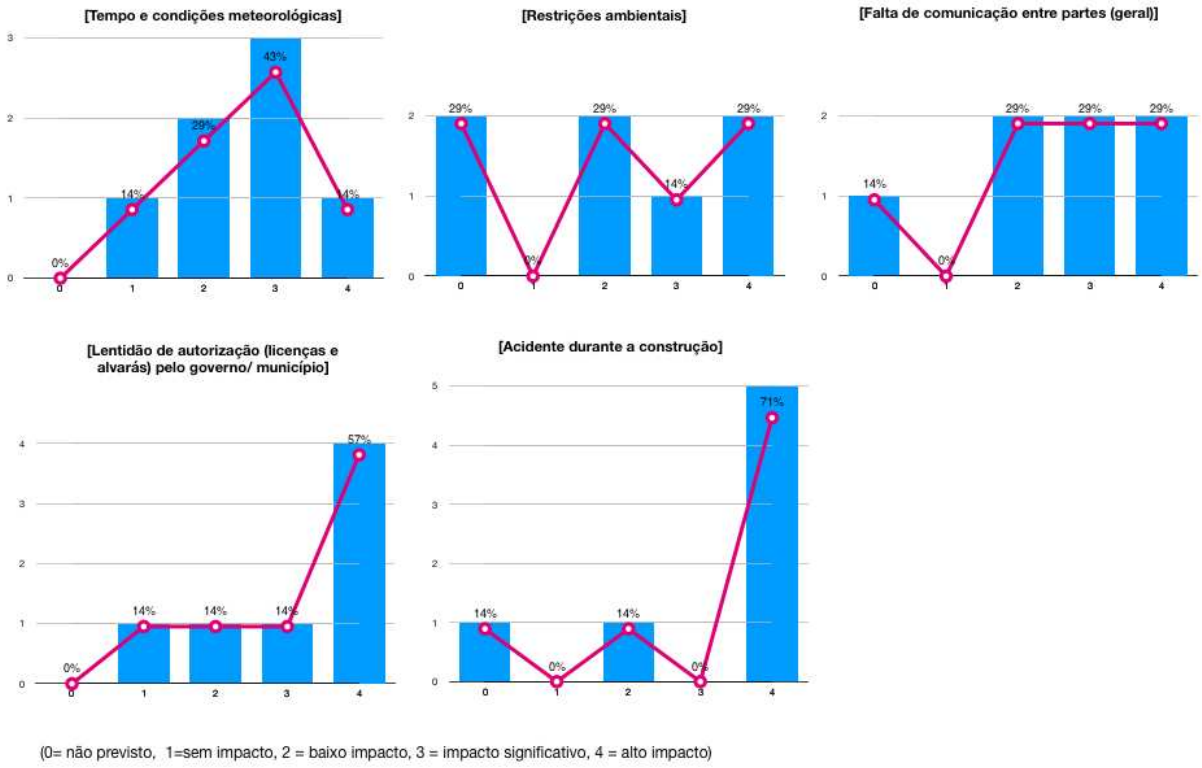
Escala de Likert	[Tempo e condições meteorológicas]		[Restrições ambientais]		[Acidente durante a construção]		[Lentidão de autorização (licenças e alvarás) pelo governo/ município]		[Falta de comunicação entre partes (geral)]	
0	0	0%	2	29%	1	14%	0	0%	1	14%
1	1	14%	0	0%	0	0%	1	14%	0	0%
2	2	29%	2	29%	1	14%	1	14%	2	29%
3	3	43%	1	14%	0	0%	1	14%	2	29%
4	1	14%	2	29%	5	71%	4	57%	2	29%
	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%

Fonte: a autora

De todos os fatores listados, acidentes durante a construção foi o que apresentou o maior percentual (71% de frequência na escala 4) de respostas indicando alto fator de impacto na produtividade. Em segundo lugar encontra-se a lentidão dos órgãos públicos na concessão de alvarás e autorizações (57% de frequência na escala 4). Interessante notar que a falta de comunicação entre as partes aparece com percentual de respostas iguais nas escalas de baixo, significativo e alto impacto (29%), e este fator é listado como alto impacto pela única empresa que afirma usar BIM, o que é compreensível visto que o a colaboração e comunicação entre partes é o coração desta tecnologia. O fator tempo e condições meteorológicas também se apresenta como preocupante para os respondentes (43% de frequência na escala 3). Outro fator que se apresenta com igual frequência em três categorias é o relativo às restrições ambientais, apresentando-se com 29% nas escalas: não previsto, baixo e alto impacto. Esse resultado pode acontecer devido às condições específicas de implantação dos empreendimentos.

A Figura 16 apresenta o histograma com a distribuição das respostas aos fatores externos que afetam a produtividade.

Figura 16 - Histograma dos fatores externos que afetam a produtividade



Fonte: a autora

5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, analisamos o perfil de implementação de práticas sustentáveis nos canteiros de obras, adotadas por empresas de construção civil usando dados de uma pesquisa, *a survey,* respondida por sete construtoras que possuem certificação AQUA-HQE no estado de São Paulo. Os resultados, coletados por meio de perguntas estruturadas e semi-estruturadas, revelaram que as práticas sustentáveis mais comuns implementadas nos canteiros de obras incluíam a otimização da gestão dos resíduos, as ações para limitar os incômodos visuais e as ações para limitar incômodos de circulação de veículos. A prática menos difundida é o uso de tecnologias da informação computacional, representadas pelas ferramentas BIM, as quais contribuem em atender as necessidades de sustentabilidade.

O uso da ferramenta BIM apresentou para o seu usuário um alto impacto no processo de construção do empreendimento e na diminuição dos resíduos gerados no processo de obra. O emprego da ferramenta na construção do projeto de canteiro detalhado viabilizou um melhor alcance na produtividade.

É explícito por estudos anteriores que as questões de resíduos sólidos têm sido uma questão bem abordada em diversos aspectos desde a sua gestão no canteiro de obras, a sua preocupação com a reciclagem e as questões de redução de materiais para evitar o desperdício.

Através de uma revisão sistemática de literatura, em busca de se entender melhor o tema canteiro de obras sustentável, foram identificados os seguintes indicadores de práticas sustentáveis no canteiro de obras: gestão de resíduos de construção, gestão e eficiência no uso de água, minimização da poluição sonora, minimização da poluição do ar, reciclagem de resíduos, uso de materiais de construção não tóxicos, eficiência energética, gestão ambiental e, de maneira incipiente, aplicações de tecnologias de informações computacionais representado pelo o BIM.

Esta pesquisa contribuiu no levantamento das práticas ambientais aplicadas nos canteiros de obras e foi possível constatar que o auxílio da ferramenta BIM tem enorme potencial de contribuição na obtenção das certificações ambientais. No entanto, pesquisas futuras nessa área devem concentrar na análise da adequação da capacidade de instalação de canteiro de obras sustentáveis localizadas no estado de São Paulo, a fim de obter um quadro mais preciso das práticas sustentáveis nos canteiros de obras.

6 REFERÊNCIAS

ABELPRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÍBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama Dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo, SP, 2017.

ABRAMAT. **Perfil da cadeia produtiva** ed. 2017: FGV Projetos. 52 p.2017. http://www.abramat.org.br/datafiles/perfil-da-cadeia-2017-versao-site.pdf. acesso em 30/11/2018.

ARAÚJO, J.; LINO, J. C; COUTO, J. P. Ferramentas BIM de apoio à gestão de obra. **1º Congresso Português de Building Information Modelling**. Universidade de Minho, Guimarães. 24 e 25 de novembro de 2016, 475-488p.

BRASIL. Lei nº 12.305 – **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução no Nº 307 – **Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2002.

_____. _____. Resolução Nº 348 – **Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.** Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2004.

_____. _____. Resolução Nº 431 – **Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso.** Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2011.

_____. _____. Resolução Nº 448 – **Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11 da Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002.** Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2012.

_____. _____. Resolução Nº 469 – **Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2012.

BLUMENSCHEIN, R. N. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF. 2007. 48p

BOMFIM, C. A A.; LISBOA, B.T. W.; MATOS, P.C.C. Gestão de Obras com BIM – Uma nova era para o setor da construção civil. **Blucher Design Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 556-560, 2016. ISSN 2318-6968.

CAIXA. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx. Acesso em 19/11/2018.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fundamentos. **BIM – Parte 1: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras.** Brasília: CBIC, 2016. 124p

CHENG, J. C. P.; WON, J.; DAS, M. *Construction and demolition waste management using BIM technology. In: Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int´l.* ***Group for Lean Construction.*** *Perth*, Australia, jul. 29-31, 2015. pp. 381-390.

COELHO, D; COUTO, J. P.; LEITÃO, D.; MORGADO, J. Utilização do BIM 4D e 5D enquanto metodologia avançada para o planejamento, preparação e monitorização de obras. **1o Congresso Português de Building Information Modelling.** 24 e 25 de novembro de 2016, Universidade de Minho, Guimarães. 437-449p.

DEUTSCHE GESELLESCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT GmbH – GIZ. Benefícios para aplicação do Selo Casa Azul – Categorias Eficiência Energética e Projeto e Conforto. Rio de Janeiro, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHAOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução C. G. Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman Editora 2014.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV). **Processo AQUA: Indicadores**. Disponível em: https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2015/11/indicadrores-aqua-b-17.01.23.jpg Acesso em 05 de julho de 2017.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV). **Referencial técnico de certificação "Edifícios habitacionais" – Processo AQUA.** Versão 2. 2013. 122p.
GBC. *Green Building Conuncil* Brasil. **Empreendimentos LEED**. Disponível em: http://www.gbcbrasil.org.br/gráficos-empreendimentos.php.Acesso em 19 de novembro de 2018.

_____. FRANCE. **International environmental certification for the design and construction of non-residential buildings – the positioning of HQE certification relative to BREEAM an LEED**. Junho 2015.

_____. World Green Building Council, **Our Green Building Councils**. Acesso em 27 de Maio de 2019, https://www.worldgbc.org/worldgbc/become-member/members

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas,2010.184 p.

GLUSZAK, M. **Internationalization, Competiveness and green building certification in Europe** (chapter 9). In: P. Stanek & wach (Eds). Europeanization Processes from the Mesoeconomic Perspective: Industries and Policies. Kraków: Cracow University of Economics, p.p. 173-191, 2015

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): setor de energia e processos industriais. –** São Paulo: Observatório do Clima, 2015.

ILLANKOON, I.M. C. S.; TAM, V. W.Y; LE, K.N.; SHEN, L. **Key credit criteria among international green building rating tools.** Journal of Cleaner Production v. 164, p. 209-220, Junho. 2017.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados [on line].**, vol. 25, n.71, p.135-158, 2011.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. **Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos**, 2000.

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras. Editora e Gráfica, 2010.

Kats, G. **The costs and financial benefits of green buildings**. 2003. 120p.

KEELER, M; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010. 326 p.

KIBERT, Charles J. **Sustainable construction: green building design and delivery.** 3ª ed. Publicado por John Wiley & Sons. Nova Jersey, 2013. 543 p.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A**. Fundamentos de metodologia científica**. Atlas, 2003.

LIMA, L. F. **Processo AQUA de certificação de efificações sustentáveis na fase operação e uso: estudo de caso do Escritório Verde da UTFPR**. 104f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LIMA, P. R. A. **Diretrizes para a implantação de canteiros de obras com menor impacto ambiental baseadas no referencial AQUA**. 134f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Recife, 2010.

LIU, Z.; OSMANI, M.; DEMIAN, P.; BALDWIN, A.; *A BIM-Aided construction waste minimization framework.* ***Automation in Construction***, v.59, p. 1-23, jul. 2015.

LORDSLEEM Jr., A. C.; LIMA, P. R. A. **Canteiros de obras com menor impacto ambiental: avaliação baseada no referencial AQUA.** Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.18, p.39-48, Novembro, 2011.

MANTOVANI, M. T. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro.** 136f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo,2010.

MENEZES, G. L. B.B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Minas Gerais, v. 18, n. 22, p.153-171, 21º sem. 2011.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **International Journal of Surgery**, v. 8, n. 5, p. 336–341, 2010.

MUSHAMALIRWA, A-M; ANTUNES, A. R; COSTA, A. A. BIM no apoio gestão da construção. 1º **Congresso Português de *Building Information Modelling*.** Universidade de Minho, Guimarães. 463-473p, 24 e 25 de novembro de 2016.

OLIVEIRA, J. A. C.; SPOSTO, R. M.; BLUMENSCHEIN, R. N. Ferramenta para avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas,** Ano 7, nº 2, p. 11-21, abr-jun/2012.

OLIVEIRA, M. L.; SILVEIRA, C. B.; QUELHAS, O. L. G.; LAMEIRA, V. J. Análise da Aplicação da Certificação AQUA em Construções Civis no Brasil*. In: 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production*, 2011, São Paulo. ***"Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World"***.

PROCEL. (2017). Selo Procel Edificações. Acesso em 05 de Agosto de 2017, disponível em Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética: http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}

RODRIGO, A. G.; CARDOSO, F.F. Certificação ambiental de edifícios pelo processo AQUA e alterações no processo de gestão do empreendimento e no edifício. *In:* XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. (ENTAC 2010). Canelas, RS, 6 a 8 de outubro de 2010.

SERRA, S. M. B. et al. **Tecnologia para canteiro de obras sustentável**. São Carlos, FINEP, 2017.

SILVA, M. V. R.; BARROS, M. M. S. B. **Cenário Atual da aplicação dos sistemas de avaliação de desempenho ambiental de edificações.** XI Congresso de Excelência em Gestão. 13 e 14 de agosto de 2015, FIRJAN, Rio de Janeiro. 01-22p.

SINDUSCON. SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Comitê de Meio Ambiente do SindusCon – SP. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 2012. 81p.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo: Pini 2005. 128p.

TCPO, Tabelas e Composição de Preços para Orçamentos. 13 ed. São Paulo: Pini, 2008.

YILMAZ, M.; BAKIS, A. *Sustainability in Construction Sector. In: World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship.* 2015, p. 2253-2262.

Yudelson, Jerry. **Projeto integrado e construções sustentáveis**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2013. 261 p.

7 ESTUDOS SELECIONADOS NA RSL

ABDUL-RAHMAN, H.; WANG, C.; ENG, K. S. Repertory grid technique in the development of Tacit-based Decision Support System (TDSS) for sustainable site layout planning. **Automation in Construction**, v. 20, n. 7, p. 818–829, nov. 2011.

AL-JEBOURI, M. F. A. et al. Framework of environmental rating system for home buildings in Oman. **Journal of Architectural Engineering**, v. 23, n. 2, p. 1–9, 2017.

ALYAMI, S. H.; REZGUI, Y. Sustainable building assessment tool development approach. **Sustainable Cities and Society**, v. 5, p. 52–62, dez. 2012.

AMASUOMO, T. T.; ATANDA, J.; BAIRD, G. Development of a building performance assessment and design tool for residential buildings in Nigeria. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 221–230, 2017.

ARAÚJO, V.M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiro de obras.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2009. 228 p.

AZHAR, S. et al. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 217–224, mar. 2011.

BARATELLA, P.M**. Análise do desenvolvimento de indicadores para a avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros.** 199 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

BAYRAKTAR, M. E.; OWENS, C. R. LEED implementation guide for construction practitioners. **Journal of Architectural Engineering**, v. 16, n. 3, p. 85–93, 2010.

BERNARDI, E. et al. An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1226, 13 jul. 2017.

BODACH, S.; HAMHABER, J. Energy efficiency in social housing: opportunities and barriers from a case study in Brazil. **Energy Policy**, v. 38, n. 12, p. 7898–7910, dez. 2010.

BORTOLINI, R. **Modelo para planejamento e controle logístico de obras de sistemas pré-fabricados do tipo engineer-toorder com o uso de BIM 4D.** 180f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

BUI, N.; MERSCHBROCK, C.; MUNKVOLD, B. E. A Review of building information modelling for construction in developing countries. **Procedia Engineering**, v. 164, n. 1877, p. 487–494, 2016.

CHEN, P. H.; NGUYEN, T. C. Integrating BIM and Web Map Service (WMS) for green building certification. **Procedia Engineering**, v. 164, n. June, p. 503–509, 2016.

CHEN, P.-H.; NGUYEN, T. C. Integrating web map service and building information modeling for location and transportation analysis in green building certification process. **Automation in Construction**, v. 77, p. 52–66, maio 2017.

CHEN, Y.; KAMARA, J. M. A framework for using mobile computing for information management on construction sites. **Automation in Construction**, v. 20, n. 7, p. 776–788, 2011.

CONDEIXA, K.; HADDAD, A.; BOER, D. Material flow analysis of the residential building stock at the city of Rio de Janeiro. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 1249–1267, abr. 2017.

DEVI L, P.; PALANIAPPAN, S. A case study on life cycle energy use of residential building in Southern India. **Energy and Buildings**, v. 80, p. 247–259, set. 2014.

DUAN, H.; WANG, J.; HUANG, Q. Encouraging the environmentally sound management of C&D waste in China: an integrative review and research agenda. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 611–620, mar. 2015.

FRANZONI, E. Materials selection for green buildings: which tools for engineers and architects? **Procedia Engineering**, v. 21, p. 883–890, 2011.

GANGOLELLS, M. et al. Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 93, n. 2014, p. 99–111, 2014.

GARRIDO, M. C. **Análise da aplicação de modelagem da informação da construção no planejamento e controle da produção em canteiros de obra apoiando os princípios da construção enxuta**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Curitiba, 2015.

GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F. DE; TAVARES, S. F. Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for homes, processo Aqua e selo Casa Azul. **Ambiente&Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 195–214, jun. 2014.

GURGUN, A. P. et al. Performance of LEED energy credit requirements in European countries. **Procedia Engineering**, v. 164, n. June, p. 432–438, 2016.

HILGENBERG, F. B. **Sistemas de Certificação Ambiental para edifícios estudo de caso: AQUA**. 152f. Dissertação (mestrado) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, 2011.

HUO, X.; YU, A. T. W.; WU, Z. A comparative analysis of site planning and design among green building rating tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 352–359, mar. 2017.

JIANG, J.; LI, D. Research on the control system of green construction. **ICCREM 2013: Construction and Operation in the Context of Sustainability - Proceedings of the 2013 International Conference on Construction and Real Estate Management**, n. 2007, p. 169–176, 2013.

JINGKUANG, L.; YOUSONG, W. Establishment and application of performance assessment model of waste management in architectural engineering projects in China. **Systems Engineering Procedia**, v. 1, p. 147–155, 2011.

JUPP, J. 4D BIM for environmental planning and management. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 190–201, 2017.

KAMARUZZAMAN, S. N. et al. Environmental assessment schemes for non-domestic building refurbishment in the Malaysian context. **Ecological Indicators**, v. 69, p. 548–558, out. 2016.

KHADDAJ, M.; SROUR, I. Using BIM to retrofit existing buildings. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1526–1533, 2016.

KIM, H.; KIM, K.; KIM, H. Data-driven scene parsing method for recognizing construction site objects in the whole image. **Automation in Construction**, v. 71, p. 271–282, nov. 2016.

KIM, C.; SON, H.; KIM, C.; Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data. **Automation in Construction**, v. 31, p. 75–82, 2013.

KOMURLU, R.; GURGUN, A. P.; ARDITI, D. Evaluation of LEED requirements for site properties in developing country-specific certification. **Procedia Engineering**, v. 118, p. 1169–1176, 2015.

KRIZMANE, M.; SLIHTE, S.; BORODINECS, A. Key Criteria across existing sustainable building rating tools. **Energy Procedia**, v. 96, p. 94–99, set. 2016.

KUMAR, S. S.; CHENG, J. C. P. A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. **Automation in Construction**, v. 59, p. 24–37, nov. 2015.

LAQUATRA, J.; PIERCE, M. Taking construction site waste management to the next level. **Journal of Green Building**, v. 4, n. 4, p. 29–32, 1 nov. 2009.

LAQUATRA, J. et al. Green and healthy housing. **Journal of Architectural Engineering**, v. 14, n. 4, p. 94–97, dez. 2008.

LI, Y. et al. A review of studies on green building assessment methods by comparative analysis. **Energy and Buildings**, v. 146, p. 152–159, jul. 2017.

LU, Y. et al. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: a critical review and future directions. **Automation in Construction**, v. 83, n. August, p. 134–148, 2017.

MEŽA, S.; TURK, Ž.; DOLENC, M. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system. **Automation in Construction**, v. 42, p. 1–12, jun. 2014.

NATICCHIA, B.; VACCARINI, M.; CARBONARI, A. A monitoring system for real-time interference control on large construction sites. **Automation in Construction**, v. 29, p. 148–160, jan. 2013.

O'MALLEY, C. et al. Evaluating the efficacy of BREEAM code for sustainable homes (CSH): a cross-sectional study. **Energy Procedia**, v. 62, n. 0, p. 210–219, 2014.

PASCHOALIN FILHO, J. A. et al. Gerenciamento de resíduos de construção civil (RCC) em edifícios residências de alto padrão no município de São Paulo/SP. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 73, 20 abr. 2017.

POLAT, G. et al. Identification of Root causes of construction and demolition (C&D) Waste: the case of Turkey. **Procedia Engineering**, v. 196, p. 948–955, 2017.

PONTIUS, F. Agencies boost enforcement of construction site stormwater rules. **Journal - American Water Works Association**, v. 100, n. 4, p. 14–21, abr. 2008.

RASLANAS, S.; STASIUKYNAS, A.; JURGELAITYTĖ, E. Sustainability assessment studies of recreational buildings. **Procedia Engineering**, v. 57, p. 929–937, 2013.

ROCHA, C. G.; SATTLER, M. A. A discussion on the reuse of building components in Brazil: an analysis of major social, economical and legal

factors. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 2, p. 104–112, 2009.

SÁEZ, P. V. et al. Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 93, n. 2014, p. 67–74, 2014.

SANDANAYAKE, M.; ZHANG, G.; SETUNGE, S. A comparative method of air emission impact assessment for building construction activities. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 68, p. 1–9, jan. 2018.

SMALL, E. P.; MAZROOEI, M. AL. Evaluation of Construction-specific Provisions of Sustainable Design Codes and Standards in the United Arab Emirates. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1021–1028, 2016.

SOBOTKA, A.; SAGAN, J. Cost-saving environmental activities on construction site - cost efficiency of waste management: case study. **Procedia Engineering**, v. 161, p. 388–393, 2016.

TAM, V. W. Y.; SHEN, L. Y.; OCHOA, J. Design for green property development in developing cities. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 139, n. 4, p. 310–316, out. 2013.

TEBBOUCHE, H.; BOUCHAIR, A.; GRIMES, S. Towards an environmental approach for the sustainability of buildings in Algeria. **Energy Procedia**, v. 119, n. July, p. 98–110, 2017.

VAZQUEZ, E. et al. **Certifications in construction: a case study comparing LEED and HQE**. 13 abr. 2011. Disponível em: http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=ECO11-023-1

VAZQUEZ, E. et al. Sustainability in civil construction: application of an environmental certification process (leed) during the construction phase of a hospital enterprise – rio de janeiro/brazil. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 8, n. 1, p. 1–19, 31 jan. 2013.

VILCEKOVA, S.; SELECKA, I.; BURDOVA, E. K. Sustainability assessment of family house. **Energy Procedia**, v. 96, n. October, p. 551–559, 2016.

WAIDYASEKARA, K. G. A. S.; DE SILVA, L.; RAMEEZDEEN, R. Application of “R” principles to enhance the efficiency of water usage in construction sites. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 7, n. 4, p. 400–412, 14 set. 2017.

WINDAPO, A. O.; GOULDING, J. S. Understanding the gap between green building practice and legislation requirements in South Africa. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 4, n. 1, p. 67–96, 18 maio 2015.

WONG, J. K. W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. **Automation in Construction**, v. 57, p. 156–165, set. 2015.

WU, P.; LOW, S. P. Project management and green buildings: lessons from the Rating systems. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 136, n. 2, p. 64–70, abr. 2010.

YU, Z.; LU, C.; SAN, B. **Application of green construction technology in construction projects**. ICCREM 2014. **Anais**...Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 3 nov. 2014.Disponível em: http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784413777.046

YUAN, H. Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 476–484, 2013.

ZEULE, L. O. **Práticas e avaliação da sustentabilidade nos canteiros de obras. 2014.** 266 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

ZHANG, J. et al. BIM-enabled modular and industrialized construction in China. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1456–1461, 2016.

ZHANG, X.; SHEN, L.; ZHANG, L. Life cycle assessment of the air emissions during building construction process: A case study in Hong Kong. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 17, p. 160–169, jan. 2013.

ZUO, J.; ZHAO, Z.-Y. Green building research–current status and future agenda: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 271–281, fev. 2014.

8 APÊNDICE

Canteiro de obras Sustentável

* Required

1. **Email address** *

Dados do respondente no Canteiro de obras

2. **Nome do Respondente:** *

3. **Qual a formação escolar/universitária?** *

4. **O Cargo ou função do respondente na obra:** *
Mark only one oval.

- ◯ Gerete do Projeto
- ◯ Membro da equipe/ Pessoal
- ◯ Engenheiro Civil
- ◯ Arquiteto
- ◯ Engenheiro Ambiental
- ◯ Other: _____

5. **Tempo de atuação no mercado?** *

Dados da Empresa

6. **Nome da Empresa** *

7. **Qual a atividade econômica da empresa?** *
Mark only one oval.

- ◯ Construção de edifícios
- ◯ Incorporadora de empreendimentos imobiliários
- ◯ Construtora e Incorporadora
- ◯ Other: _____

8. **Quantidade de empregados ativos** *
Mark only one oval.

- ◯ 0 empregados
- ◯ Até 4 empregados
- ◯ De 5 a 9 empregados
- ◯ De 10 a 19 empregados
- ◯ De 20 a 49 empregados
- ◯ De 50 a 99 empregados
- ◯ De 100 a 249 empregados
- ◯ De 250 a 499 empregados
- ◯ Other: _____

9. **Anos de atuação da empresa na indústria na Construção Civil:** *
Mark only one oval.

- ◯ 5 anos
- ◯ 6 - 10 anos
- ◯ 11- 20 anos
- ◯ Other: _____

10. **Quantas obras residenciais em andamento?** *

_____

11. **Quantas obras não residenciais em andamento?** *

_____

12. **A empresa possui empreendimento com selo de certificação de sustentabilidade? Qual foi a motivação da empresa para a obtenção da certificação?** *

_____

_____

_____

_____

_____

13. **Quais os selos de certificação de sustentabilidade a empresa possuí experiência?** *
Check all that apply.

- ☐ Certificação AQUA
- ☐ LEED
- ☐ BREEAM
- ☐ Other: _____

14. **Anos de experiência com a construção de edifícios sustentáveis (certificados):**

_____

Caracterização do Canteiro de obras

15. **Nome da obra/ empreendimento:** *

_____

16. **Tipo de obra:** *
Mark only one oval.

- ◯ Residencial multifamiliar
- ◯ Residencial Unifamiliar
- ◯ Comercial
- ◯ Other: _____

17. **Endereço da obra/empreendimento:** *

_____

18. **Cidade:** *

_____

19. **Fone** *

_____

20. **Quantas torres ?** *

_____

21. **Quantos apartamentos/ salas?**

_____

22. **Qual é a área privativa da unidade habitacional/ comercial?** *

_____

23. **Qual é a área área total a ser construída?** *

_____

24. **Assinale o tipo de sistema construtivo adotado na obra?** *
Check all that apply.

- ☐ Alvenaria Estrutural
- ☐ Pré-moldado em concreto
- ☐ Concreto Armado
- ☐ Other: _____

25. **Qual a fase que se encontra o Canteiro de obras?** *

_____

26. **Assinale qual o selo de certificação que a obra possui** *
Mark only one oval per row.

	sim	não
Certificação AQUA	◯	◯
Certificação LEED	◯	◯
Certificação BREEAM	◯	◯

27. **Possuí outras certificações? Se sim, quais?** *

_____

28. **Para os projetos de construção sustentável foi utilizado BIM?** *
Mark only one oval.

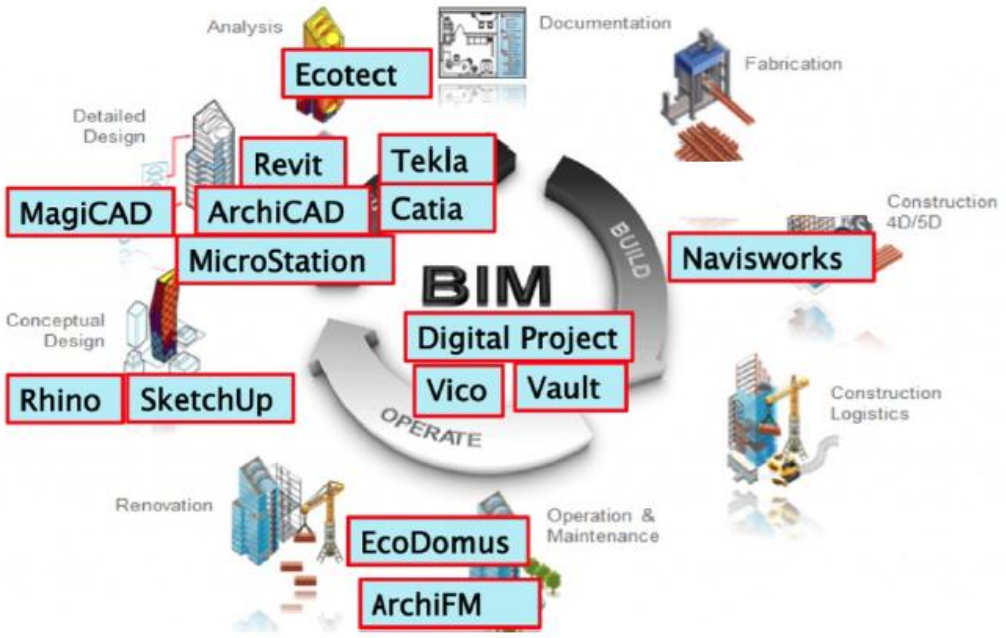
◯ Sim
◯ Não

29. **Durante o projeto qual a proporção que o BIM foi usado em determinadas atividades ?** *
Use a escala de 0-4 (0=não conhece, 1= nunca usado, 2 = usado em poucos projetos, 3= usado na maioria dos projetos, 4=usado em todos os projetos)
Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4
visualização e simulação	◯	◯	◯	◯	◯
melhor coordenação e comunicação	◯	◯	◯	◯	◯
detecção de choque	◯	◯	◯	◯	◯
detalhamento	◯	◯	◯	◯	◯
obedecer a códigos e regulamentos	◯	◯	◯	◯	◯
estimativa de custo	◯	◯	◯	◯	◯
cumprir gerenciamento de instalações	◯	◯	◯	◯	◯
avaliação do ciclo de vida	◯	◯	◯	◯	◯
fornecimento (cadeia de suprimentos)	◯	◯	◯	◯	◯

1 - TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ferramentas BIM (Building Information Model)



30. **1. Foi utilizada alguma ferramenta da tecnologia BIM, conforme figura acima, na fase de projeto deste empreendimento?** *

Mark only one oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não *Skip to question 40.*

Qual(is) a(s) ferramenta(s) empregada(s) e em quais etapas do projeto?

31. *

Check all that apply.

	AutoCad	Revit	ArchiCAD	Navisworks	Sketchup	Catia	Rhino	MagiCAD
desenho conceitual	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
projeto executivo arquitetura	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
projeto executivo estrutural	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
projeto e organização do canteiro de obras	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
detecção de conflitos (clash detection)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Faseamento (5D) e planejamento da obra	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

32. **Qual (is) ferramentas BIM foram usadas e em qual estágio do projeto?** *

Assinalar 1 ou mais opções.
Check all that apply.

	DigitalProject	Vico	Vault	EcoDomus	ArchiFM	Ecotect	MicroStation
desenho conceitual	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
projeto executivo arquitetura	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
projeto executivo estrutural	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
projeto e organização do canteiro de obras	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
detecção de conflitos (clash detection)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Faseamento (5D) e planejamento da obra	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
MicroStation	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

33. **No projeto executivo de instalações hidraúlicas houve a utilização de ferramenta BIM? Qual?** *

_____

34. **No projeto executivo de instalações elétricas houve o uso de ferramentas BIM? Qual?** *

_____

35. **No processo de orçamento para a execução da obra utilizou a ferramenta BIM (4D)? Qual?** *

_____

_____

_____

_____

_____

36. **Foi feito algum tipo de simulação ou análise da obra? Qual?** *

_____

_____

_____

_____

_____

37. **A tecnologia BIM está sendo empregada no canteiro de obras? Quais ferramentas e sua finalidade?** *

38. **Está sendo utilizada alguma tecnologia para aferir a conformidade da obra? Quais ferramentas e sua finalidade** *

39. **Qual a contribuição de BIM para a diminuição do resíduo gerado?** *

40. **Avalie o impacto do uso do BIM :** *

Use a escala (0 a 4) (0 = não previsto, 1= sem impacto, 2= baixo impacto, 3=impacto significativo, 4= alto impacto)
Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4
No processo de projeto					
No processo de construção do empreendimento					
Na diminuição dos resíduos gerados no processo de obra					

2 - Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras

41. **Quais destas ações são adotadas no canteiro para minimizar a produção de resíduos?** *
Check all that apply.

- [ ] Adota coordenação modular.
- [ ] Adota modulação rigorosa de componentes de alvenaria, revestimento de pisos e divisórias.
- [ ] Realiza escolha de produtos que impactem menos o meio ambiente.
- [ ] Realiza escolha de produto cujas embalagens gerem menos resíduos.
- [ ] Evita processos de quebras por conta de embutimentos.
- [ ] Elabora projetos de execução
- [ ] Promove o envolvimento dos agentes que contribuem para a eficácia da redução da geração de resíduos.
- [ ] Adota algum tratamento especial nas estruturas visando aumentar a durabilidade e ampliar a vida das mesmas.
- [ ] Other: _____

42. **Realiza escolha de processos e sistemas que gerem menos resíduos? Qual?** *

_____

43. **Quais destas ações para beneficiamento dos resíduos são adotadas?**
Check all that apply.

- [ ] Quantifica os resíduos de uma forma geral.
- [ ] Quantifica os resíduos por categoria.
- [ ] Identifica cadeias locais para revalorização e eliminação dos resíduos.
- [ ] Analisa a natureza e custo da eliminação.
- [ ] Promove moagem e reuso local dos resíduos de classe A (inertes).
- [ ] Promove reciclagem de resíduos de classe B (metais, vidro, papel, plástico, madeira).
- [ ] O canteiro possui PGRCC.
- [ ] Existe um sistema de auditorias periódicas com check-lists para acompanhamento do PGRCC.
- [ ] Other: _____

44. **Quais os tipos de beneficiamento (reuso, reutilização, reciclagem) dos resíduos do canteiro de obras são realizados?** *

_____

_____

_____

_____

_____

45. **As taxas mínimas de beneficiamento (reuso, reutilização, reciclagem) dos resíduos gerados no canteiro de obras, medidas em peso, alcaçam:** *
Mark only one oval.

- ≤ 30%
- ≤ 40%
- ≤ 50%
- ≤ 70%
- Other: _____

46. **Quais as ações adotadas para se assegurar a correta destinação dos resíduos?** *

_____

_____

_____

_____

_____

3 - Incômodos

Ações para a redução dos incômodos, poluição e consumo de recursos causados pelo canteiro de obras.

47. **Quais destas ações são adotadas para limitar os incômodos sonoros?** *
Check all that apply.

- [ ] Elabora estudo acústico para identificar e caracterizar as origens de ruídos que possam causar impactos aos trabalhadores e a vizinhança, com diretrizes sobre medidas técnicas e organizacionais para mitiga-las.
- [ ] Possui máquinas e equipamentos em conformidade com a regulamentação, com orientações do fabricante e em boas condições.
- [ ] Realiza posicionamento dos equipamentos e máquinas em função dos pontos sensíveis do entorno.
- [ ] Privilegia soluções tecnológicas que limitem incômodos sonoros.
- [ ] Gerencia a circulação de veículos.
- [ ] Planeja quanto a horários, duração e simultaneidade, as atividades de modo a minimizarem o impacto a vizinhança.
- [ ] Implementa sistema de medição contínua dos ruídos no canteiro.
- [ ] Other: _____

48. **Quais destas ações são adotadas para limitar os incômodos visuais?** *
Check all that apply.

- [ ] Adota sistemática para avaliar as condições dos tapumes.
- [ ] Adota cercas em torno da área de armazenamento de resíduos.
- [ ] Realiza limpeza contínua do entorno do canteiro.
- [ ] Other: _____

49. **Quais destas ações são adotadas para limitar os incômodos devido à circulação de veículos?** *
Check all that apply.

- [ ] Exige respeito a regulamentação local de trânsito para os veículos que destinam-se a obra.
- [ ] Destina vagas de estacionamento próximo ou no próprio canteiro.
- [ ] Gerencia entrega de produtos e coleta de resíduos.
- [ ] Organiza a circulação nas vias públicas.
- [ ] Other: _____

50. **Quais dessas ações são adotadas para evitar incômodos ao trânsito de pedestres?** *
Check all that apply.

- [ ] Não se ocupa calçadas como extensão do canteiro.
- [ ] Só ocupa calçadas no limite estabelecido na regulamentação existente.
- [ ] Utiliza área do próprio canteiro de obras para disposição de container para resíduos.
- [ ] Possui área interna no próprio canteiro destinada à carga e descarga de insumos, máquinas e equipamentos.
- [ ] Other: _____

51. **Quais as ações adotadas para limitar os incômodos devido aos materiais particulados, lama e derramamento de concreto?** *
Check all that apply.

- [ ] Implementa sistema de medição contínua dos materiais particulados no canteiro.
- [ ] Possui sistemática contínua de recolhimento das sobras de concreto derramado.
- [ ] Possui sistemática visando limpeza da lama gerada.
- [ ] Other: _____

4 - Poluição

Ações para a redução dos incômodos, poluição e consumo de recursos causados pelo canteiro de obras.

52. **Quais destas ações adotadas para limitar a poluição da água, do solo e subsolo?** *
Check all that apply.

- [ ] Utiliza produtos menos tóxicos (desmoldante a base de óleo vegetal).
- [ ] Identifica tanques, tóneis e bombonas.
- [ ] Impermeabiliza as áreas de armazenamento.
- [ ] Realiza controle e coleta dos efluentes na obra.
- [ ] Possui área de lavagem de veículos que permitam decantação dos efluentes.
- [ ] Possui área para lavagem, manutenção e limpeza de ferramentas, equipamentos e máquinas.
- [ ] Other: _____

53. **Quais destas ações são adotadas para limitar a poluição do ar?** *
Mark only one oval per row.

	Sim	Não
Realiza rega dos solos.	◯	◯
Realiza limpeza diária do canteiro e das vias de acesso.	◯	◯
Proíbe todo tipo de queima.	◯	◯
Implementa zona de lavagem de rodas na saída do canteiro.	◯	◯
Respeita as áreas verdes existentes durante toda duração da obra.	◯	◯
Utiliza alguma alternativa tecnológica para renovação do ar nas áreas fechadas.	◯	◯

5 - Consumo de Recursos

Ações para a redução dos incômodos, poluição e consumo de recursos causados pelo canteiro de obras.

54. **Quais destas ações são adotadas para controlar o consumo de água?** *
Check all that apply.

- ☐ Promove medições e acompanhamento do consumo.
- ☐ Implementa sistemas economizadores.
- ☐ Possui sistema de captação de água de chuva.
- ☐ Other: _____

55. **Quais os sistemas de economizadores de água?**

_____

56. **Quais dessas ações adotadas com relação às perdas incorporadas?** *
Check all that apply.

- ☐ Promove aferição das perdas incorporadas.
- ☐ Adota ações de controle de qualidade voltadas a minimizar as perdas incorporadas.
- ☐ Other: _____

6 -fatores que afetam a produtividade

Esta seção tem como objetivo estimar alguns fatores que afetam a produtividade na construção de edifícios certificados e tradicionais.

57. **Atualmente a obra se encontra dentro do prazo estimado do projeto?** *
Mark only one oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Other: _____

58. **No projeto escopo: avalie os fatores de impacto na produtividade** *
usando uma escala de 0-4 (0= não previsto, 1=sem impacto, 2 = baixo impacto, 3 = impacto significativo, 4 = alto impacto)
Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4
Erros e discrepância no documento de projeto					
Mudanças no projeto					
Projeto incompleto					
Planejamento e sequenciamento das etapas de construção irrealista					

59. **No canteiro de obras: avalie os fatores que afetam a produtividade** *
usando uma escala de 0-4 (0= não previsto, 1=sem impacto, 2 = baixo impacto, 3 = impacto significativo, 4 = alto impacto)
Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4
Atraso ou baixa mobilização do canteiro					
Equipamento inadequado ou com baixa eficiência					
Falha e/ou avaria no equipamento					
Disponibilidade de equipamentos					
Atraso na entrega de materiais					
Disponibilidade de materiais					
Efeitos das condições do subsolo (solo, lençol freático alto, etc.)					
Atraso dos serviços de utilidades (água, eletricidade, etc.)					

60. **Fatores relacionados com mão de obra (MDO) que afetam a produtividade** *
usando uma escala de 0-4 (0= não previsto, 1=sem impacto, 2 = baixo impacto, 3 = impacto significativo, 4 = alto impacto)
Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4
Retrabalho devido a erros durante a construção					
Atraso nos trabalhos de subempreiteiros					
Escassez de mão de obra					
Mão de obra não qualificada					
Baixo nível de produtividade do trabalho					
Má gestão/ supervisão (organização da equipe) no local de trabalho (canteiro)					

61. **Fatores Externos** *

usando uma escala de 0-4 (0= não previsto, 1=sem impacto, 2 = baixo impacto, 3 = impacto significativo, 4 = alto impacto)
Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4
Tempo e condições meteorológicas	◯	◯	◯	◯	◯
Restrições ambientais	◯	◯	◯	◯	◯
Acidente durante a construção	◯	◯	◯	◯	◯
Lentidão de autorização (lincenças e alvarás) pelo governo/ município	◯	◯	◯	◯	◯
Falta de comunicação entre partes (geral)	◯	◯	◯	◯	◯

☐ Send me a copy of my responses.