



RELISE

## CONTRIBUIÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING PARA A SUSTENTABILIDADE A PARTIR DA CERTIFICAÇÃO AQUA-HEQ NO ÂMBITO DA CONSTRUÇÃO CIVIL<sup>1</sup>

*CONTRIBUTION OF BUILDING INFORMATION MODELING TO SUSTAINABILITY BASED ON AQUA-HEQ CERTIFICATION IN THE SCOPE OF CIVIL CONSTRUCTION*

*Paulo Henrique Giungi Galvão<sup>2</sup>*

*Marcos Ricardo Rosa Georges<sup>3</sup>*

*ConfiguraçõesOrandi Mina Falsarella<sup>4</sup>*

### RESUMO

A construção civil é um setor importante na cooperação para o desenvolvimento socioeconômico através da infraestrutura, redução do déficit habitacional e geração de emprego. Porém, a construção civil é um dos maiores responsáveis pela poluição do meio ambiente, gerando profundos impactos. Atento para uma construção enxuta/sustentável, foram criadas iniciativas e processos com objetivo de reduzir desperdícios de maneira a atender os critérios de sustentabilidade por meio de certificações ambientais. No presente artigo é dada ênfase à certificação Haute Qualité Environnementale (AQUA-HEQ). Outro influenciador para a construção civil é a adoção do Building Information Model (BIM), que consiste em um conjunto de informações gerados e mantidos durante o ciclo de vida do edifício. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a relação da plataforma BIM para a elaboração de projetos, juntamente com a utilização da certificação AQUA, a fim de analisar projetos no modelo digital com as normativas da certificação com a ótica da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, construção civil, BIM (Building Information Modeling), certificação AQUA-HQE.

<sup>1</sup> Recebido em 11/05/2023. Aprovado em 25/05/2023. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.10828151

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica de Campinas. contato@paulogalvao.com

<sup>3</sup> Pontifícia Universidade Católica de Campinas. marcos.georges@puc-campinas.edu.br

<sup>4</sup> Pontifícia Universidade Católica de Campinas. orandi@puc-campinas.edu.br



RELISE

73

## ABSTRACT

Civil construction is an important sector in cooperation for socioeconomic development through infrastructure, reduction of the housing deficit and job creation. However, the civil construction is one of the biggest responsible for the pollution of the environment, generating deep impacts. Aware of lean/sustainable construction, initiatives and processes were created to reduce waste in order to meet sustainability criteria through environmental certifications. This article emphasizes the Haute Qualité Environnementale (AQUA-HEQ) certification. Another influencer for civil construction is the adoption of the Building Information Model (BIM), which consists of a set of information generated and maintained during the life cycle of the building. In this sense, the objective of this work is to evaluate the relationship of the BIM platform for the elaboration of projects, together with the use of the AQUA certification, in order to analyze projects in the digital model with the certification norms with the perspective of sustainability.

**Keywords:** sustainability, construction, BIM (Building Information Modeling), AQUA-HQE certification.

## INTRODUÇÃO

Ser sustentável é uma habilidade que, cada vez mais, tem sido demandada à humanidade, por meio do questionamento de ações e decisões que afetam diretamente a sobrevivência dos seres humanos no planeta. A visão de Boff (2016) aponta que a sustentabilidade é um conjunto de processos e ações com o objetivo de manter a vitalidade e a preservação do ecossistema para a sobrevivência da vida humana no planeta Terra. Dessa forma, a preservação do meio ambiente, a necessidade de uma economia sustentável e a luta pela igualdade social são elementos que suscitam preocupação para a sociedade moderna.

Portanto, órgãos públicos, empresas privadas e todos os setores envolvidos nas relações socioeconômicas que baseiam as civilizações humanas têm a sua parcela de comprometimento com o desenvolvimento sustentável. A Organização das Nações Unidas (ONU) alerta que a proteção do planeta está



RELISE

atrelada às atitudes e ações, a fim de que possam suportar as necessidades e garantias das gerações futuras.

Assim sendo, a construção civil figura como um dos principais setores industriais do país, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico através da criação de infraestrutura, redução do déficit habitacional e geração de emprego e renda.

Em contrapartida, afirma-se que a construção civil é um dos maiores responsáveis pela poluição do meio ambiente, gerando consideráveis impactos ambientais, desde a produção de insumos até a finalização da obra (SILVA et al., 2011, p.287). Isso remete ao ciclo de vida da construção e, na visão de Yang e Wei (2010), há uma falta de planejamento e a fragmentação das etapas de projeto que influenciam diretamente no aumento dos recursos naturais, gerando impactos ambientais, aumento no custo final do empreendimento, baixa produtividade e minoração na qualidade do produto final. Araújo (2009) enfatiza que a sustentabilidade deve estar presente em todas as etapas do ciclo de vida da construção, desde sua concepção, projeto, obra e manutenção até a sua demolição, considerando sempre as três dimensões clássicas da sustentabilidade, a saber: ambiental, social e econômica.

Assim sendo, a construção civil tem adotado o conceito Building Information Modeling (BIM), que controla todo o ciclo de vida da construção, desde a viabilidade até a entrega da obra, estendendo-se à manutenção, ampliação e, se necessário, demolição do empreendimento.

Para Eastman (2014), o BIM está alinhado ao processo da construção, política da obra e hardware, isto é, (I) qualquer alteração do projeto é refletida em toda cadeia de documentos aprimorando a interoperabilidade entre os envolvidos, (II) as normativas, políticas da empresa, políticas públicas e qualquer regras de construção são adaptadas do processo da construção com exatidão e, (III) a tecnologia permite analisar a obra no arquivo digital auxiliando na



RELISE

detecção de erros e tomadas de decisões antes de iniciar a construção. Sendo assim, o BIM desponta como um promotor tecnológico para a indústria da construção, apresentando-se como uma plataforma ideal para projetos e análises da arquitetura sustentável.

Nesse sentido, a sustentabilidade deve estar presente em todas as etapas do ciclo de vida da construção, desde a sua viabilidade, anteprojeto, projeto, projeto executivo, construção, manutenção, ampliação ou demolição (ARAÚJO, 2009). Ainda é defendido por Cardoso e Araújo (2006) que a etapa da execução no canteiro de obras corresponde por uma etapa significativa dos impactos causados pela construção civil no meio Ambiente, por isso a necessidade da implementação da edificação sustentável.

Em vista disso, com a necessidade de prover melhores resultados e controlar a qualidade do projeto para adequação às agendas de sustentabilidade, a indústria da construção civil têm aderido aos sistemas de avaliações ambientais, que são mecanismos que seguem padrões que validam o quanto que uma edificação possa ser sustentável, desde a elaboração de projetos no canteiro de obras, envolvendo funcionário, contratados, logísticas, aspectos sociais no entorno da construção, até a operação e manutenção da obra medindo, por exemplo, o quanto que o edifício emite de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera (LU, 2012).

Nesta perspectiva, a certificação AQUA foi a primeira certificação Ambiental aplicada no Brasil (AULICINO, 2008; VANZOLINI, 2020). Destaca-se que os seus critérios de avaliação ambiental foram adaptados para o Brasil com a participação dos envolvidos no ciclo de vida da construção, que é destinada a promover, dentro da perspectiva de desenvolvimento sustentável, a melhoria da qualidade ambiental das edificações, considerando, também, a gestão da qualidade ambiental no desenvolvimento dos projetos das edificações. (SALGADO 2012, p. 83).



RELISE

Diante deste cenário, a escolha dos objetos de estudo deste trabalho foram a plataforma BIM utilizando os softwares da Autodesk e a certificação AQUA-HQE, pois apresentaram no levantamento bibliográfico características que se enquadram na contextualização das três dimensões da sustentabilidade e, como agentes importantes para o ciclo de vida da construção.

Então, interroga-se: “Quais são as contribuições do uso associado da plataforma BIM e da certificação AQUA-HQE na elaboração de projetos na construção civil com a ótica da sustentabilidade?”

Sendo que, o objetivo geral deste artigo é avaliar a utilização dos critérios da certificação AQUA-HQE associado a tecnologia BIM, a fim de identificar possíveis contribuições para a sustentabilidade na construção civil. Assim sendo, os objetivos específicos são estabelecer um critério de avaliação sobre a viabilidade de integrar a certificação AQUA ao BIM e aplicar o critério estabelecido para avaliar todo esse propósito da certificação AQUA-HQE a plataforma BIM.

O tema proposto se justifica pela crescente importância dada a ele nos âmbitos acadêmico, governamental, empresarial e na sociedade civil. De modo específico, a adoção do BIM como uma plataforma de processo seria visar elementos relacionados ao ciclo de vida da construção para contribuir com uma boa prática de sustentabilidade.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### *Sustentabilidade*

A sustentabilidade tem tomado papel de destaque no decorrer das últimas décadas. Segundo Cortese (2014), isso se deve às mudanças climáticas, decorrência da elevação da temperatura média do planeta devido às atividades antrópicas, e sua consolidação como pauta recorrente em toda a sociedade,



RELISE

tanto no ambiente urbano como no rural. Assim sendo, a sustentabilidade significa um conjunto de processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra e a preservação de seus ecossistemas com todos os elementos físicos (BOFF 2016, p. 14).

De fato, presencia-se cada vez mais a degradação do meio ambiente, com desmatamentos, queimadas, poluição dos rios e outros agentes que interferem direta ou indiretamente no ecossistema, provocando desequilíbrio ambiental. Na visão de Souza e Mafra (2014), à medida que o crescimento econômico toma proporções demasiadamente grandes, isso repercute em catástrofes ambientais e consequências degradantes. Dessa forma, compreende-se que a esfera econômica e a degradação ambiental são agentes ligados e inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior o crescimento econômico, menor é a disponibilidade de recursos naturais com olhar na desigualdade social, no caso o desenvolvimento sustentável (CAVALCANTI 2010, p. 57).

O desenvolvimento sustentável se alimenta das Ciências Sociais e Ambientais, da Economia, do Direito e afins, portanto, é um conceito interdisciplinar. De acordo com Romeiro (2003), as discussões sobre esse tema consideram indicadores que vão desde o bem-estar, passando pela ampliação da liberdade e das oportunidades, até a preservação dos ecossistemas, a longevidade, a educação e a renda das populações. Entretanto, além das dimensões tradicionais, há de ser acrescida a dimensão tecnológica, pois é a inteligência humana individual e coletiva acumulada e multiplicada que poderá assegurar um futuro mais sustentável ou equilibrado.

A inovação tecnológica entra como ponto forte para melhoria ambiental e uso adequado de matérias-primas naturais, fazendo-se gerir novos processos de industrialização em busca do crescimento econômico de mais qualidade,



RELISE

lançando-se menores quantidades de poluentes e dejetos no meio ambiente e diminuindo ou substituindo o uso destes. (SOUZA E PAVAN (2015, p. 12).

Desse modo, a visão da aplicabilidade da tecnologia como agente apoiador ao desenvolvimento sustentável afirma a sua contribuição à sustentabilidade e Veiga (p. 67, 2012) conclui que “a sustentabilidade ambiental de qualquer estilo de crescimento econômico que possa ser imaginado depende de descobertas científicas, novas tecnologias e conseqüentes inovações que provavelmente venha delas depender cada vez mais”.

### *Construção Civil*

Não é de hoje que a construção civil procura alternativas para diminuir o impacto ambiental com novas maneiras de utilizar ou reutilizar os recursos naturais destinadas a novas construções ou reformas, prediais ou de infraestrutura. De acordo com Ekincioglu (et al., 2013), três bilhões de toneladas de matérias-primas - o que corresponde a 40-50% do fluxo total na economia global - são utilizados na fabricação de produtos de construção e seus componentes em nível mundial a cada ano. Isto é, estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção (AZZI et al., 2015).

Ainda que a construção civil evidencie fatos não favoráveis a extração dos recursos naturais no consumo de sistemas energéticos e na poluição ao meio ambiente, entretanto na perspectiva no desenvolvimento econômico é um agente valioso na continuidade sustentável de um país. Mello e Amorim (2009) defendem que a sustentabilidade na construção civil (um dos principais setores industriais do País) contribui com a criação de infraestrutura, redução do déficit habitacional, geração de emprego e renda.

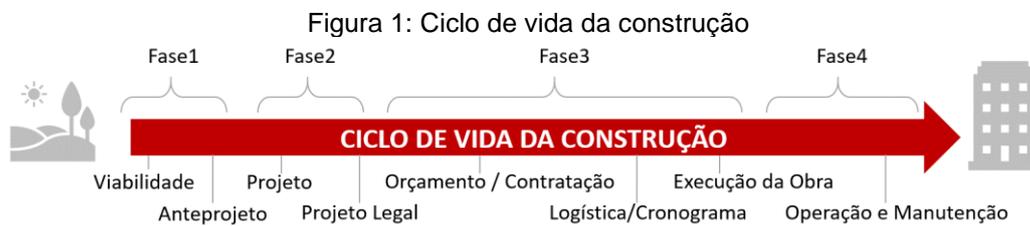
Na ótica da sustentabilidade, precisa estar presente desde a viabilidade da construção, no anteprojeto, projeto legal, projeto executivo, planejamento,



RELISE

logística, gestão da obra, canteiro de obras até manutenção ou demolição da obra, que entendemos o ciclo de vida da construção (SOUZA 2007).

O ciclo de vida da construção resumidamente é composto por quatro fases, sendo a viabilidade do empreendimento, concepção e documentação dos projetos, logística, contratação e execução e pôr fim a operação e manutenção da edificação (Figura 1).



Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 1 demonstra a evolução deste ciclo e os principais processos envolvidos na construção do empreendimento. Passuelo et al. (2014, p. 8) definem que o ciclo de vida “é a expressão usada para referir-se a todas as etapas e processos de um sistema de produtos ou serviços, englobando toda a cadeia de produção e consumo”, considerando aquisição de energia, matérias-primas e produtos auxiliares; aspectos dos sistemas de transportes e logística; características da utilização, manuseio, embalagem e consumo; sobras e resíduos; e sua respectiva reciclagem ou destino final. Assim, podemos entender que a sustentabilidade deve estar presente em todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento, desde sua concepção, projeto, construção e manutenção até sua demolição, considerando as dimensões econômica, social e ambiental (ARAÚJO, 2009).

### *Certificação AQUA-HQE*

As certificações ambientais são métodos que avaliam o quanto que uma edificação pode ser considerada sustentável. O objetivo deste levantamento





RELISE

fases operacionais cobertas por esta certificação são, portanto, o pré-projeto, o projeto e a execução (VANZOLINI, 2018).

Então, o empreendimento é avaliado em três momentos: na fase de pré-projeto (programa de necessidades), na fase de concepção e ao final da execução da obra para a certificação final. Para avaliação, o referencial é estruturado em 14 categorias representando os desafios ambientais de um empreendimento novo ou reabilitado. Veja a figura 3 as categorias:

**Figura 3:** Os 14 critérios da certificação AQUA-QHE

<b>Grupo Ambiente</b>	<b>Grupo Saúde</b>	<b>Grupo Conforto</b>	<b>Grupo Energia</b>
1. Edifício e seu entorno	7. Qualidade dos Espaços	10. Conforto Higrotérmico	14. Energia
2. Produtos, sistemas e processos construtivos	8. Qualidade do Ar	11. Conforto Acústico	
3. Canteiro de obras	9. Qualidade da água	12. Conforto Visual	
4. Água		13. Conforto Olfativo	
5. Resíduos			
6. Manutenção			

Fonte: Elaborado pelos autores, com base Vanzolini (2018).

Estas 14 categorias da certificação são distribuídas em quatro grupos, sendo ambiente, saúde, conforto e energia e desmembradas em subcategorias, representando as principais preocupações associadas a cada desafio ambiental. No grupo ambiente remete a preocupação da utilização dos recursos naturais, preocupação com os resíduos do canteiro de obras, o entorno do empreendimento e a qualidade dos produtos e elementos construtivos utilizados na obra. No grupo saúde requer o controle da qualidade do ar quando aplicados elementos químicos na obra e solicita um projeto de ventilação que permita a renovação do ar no interior da obra e, ainda prevê a qualidade dos espaços, o controle da higiene no local das atividades e a qualidade da água, tanto o reuso e da água potável e entre outros. O grupo conforto é aplicado tanto no canteiro de obras e na operação da edificação e, sendo aplicado no interior e no entorno da obra com ênfase no acústico, visual, olfativo e higrotérmico. No último grupo é destinado a eficiência energética e o uso racional da energia na operação da edificação. Conforme descrito, a certificação AQUA-HQE está inserida ao ciclo



RELISE

de vida da construção, deste a concepção até a operação e manutenção do empreendimento conectado diretamente aos dossiês de validação ambiental (VANZOLINI, 2018).

### *BIM (Building Information Modeling)*

O BIM (Building Information Modeling) é uma plataforma para a produção de modelos tridimensionais digitais, cujos componentes podem ser agregados a uma infinidade de dados construtivos tais como: dimensões, especificações de materiais, etc. Aos elementos do modelo também podem ser vinculados dados de outras naturezas como custos, dados de compra, prazos de validade, fases de execução, etc. Estes dados podem ser acessados e utilizados a qualquer momento para qualquer finalidade que for necessária (ABDI, 2017).

Eastman et al. (2014) definem o BIM como um conjunto de Políticas/Pessoas, conjunto de Processos e conjunto de hardware que controlam todo o ciclo de vida da construção, isto é, são dimensões fundamentais e vinculadas entre si por meio de Procedimentos, Normas e Boas Práticas, e o conjunto de documentos que regula e consolida os processos e as políticas de pessoal, práticas comerciais e uso e operação da infraestrutura tecnológica.

O BIM é um modelo de informação do edifício, cujo conceito é tratar a informação da construção da concepção à utilização, manutenção e demolição, processo chamado de ciclo de vida da construção, como exposto pela figura 4.

Figura 4: Ciclo de vida da construção BIM



Fonte: Elaborado pelos autores.



RELISE

Então, o BIM é relatado nesta pesquisa que todo o ciclo de vida da construção é controlado pelo um processo lógico e único, que todos os envolvidos estão conectados e qualquer alteração seja percebido no arquivo digital e não na execução da obra. Para isso, todo e qualquer componente deve ser descrito de forma integrada, não só aos aspectos geométricos, mas também em todos seus aspectos de uso da edificação (CRCCI, 2007). Haraguchi et al. (2016) também contribuem que a implementação do BIM pressupõe a reestruturação de empresas por meio da reorganização de processos e uma nova maneira de organizar o trabalho e um nova maneira de pensar o processo de design em uma maneira integrada.

Neste contexto, as relações entre o sistema BIM e a sustentabilidade partem do pensamento em como realizar uma Arquitetura que interaja com seu contexto ecológico, evolua com ele, promova a redução de impacto ambiental, favoreça a sustentabilidade, com valorização dos hábitos e práticas de uma sociedade.

## **METODOLOGIA**

A metodologia é caracterizada como uma pesquisa aplicada, com o objetivo exploratório utilizando o procedimento documental com abordagem qualitativa e quantitativa, pois visa tomar maior conhecimento sobre a certificação AQUA-HQE com o emprego da plataforma BIM em prol da sustentabilidade. Então, este procedimento metodológico apresentado e devidamente documentado, favorece o entendimento como avaliar a utilização dos critérios da certificação AQUA-HQE na associação da plataforma BIM a fim de promover a sustentabilidade no ciclo de vida da construção.



RELISE

### *Coleta de dados*

O estudo de coleta de dados desta pesquisa envolveu os levantamentos documentais, realizados em normas NBR e guias técnicos direcionados a certificações ambientais e a plataforma BIM com a ótica da sustentabilidade. Após isso, foi realizada uma pesquisa que relaciona a certificação AQUA-HEQ com a tecnologia do “Modelo Inteligente”, a fim de integrar ao projeto digital as normas da esfera da validação de uma edificação residencial. Ao longo desta descrição, foi promovida uma sintetização para proporcionar um melhor entendimento do procedimento adotado.

### *Pesquisa empírica*

A coleta de dados fundamenta-se na lógica da experiência do pesquisador, visto que, configura-se deste trabalho como um procedimento sistemático e reflexivo que objetiva a aquisição do conhecimento através de softwares computacionais e normativas técnicas. Popper (2003, p. 27) menciona que “a tarefa da lógica da pesquisa científica, ou da lógica do conhecimento, é [...] proporcionar uma análise lógica desse procedimento, ou seja, analisar o método das ciências empíricas”. Para Fachin (2003, p. 11), “o conhecimento científico pressupõe aprendizagem superior. Caracteriza-se pela presença do acolhimento metódico e sistemático dos fatos da realidade sensível.” Por meio da classificação, da comparação, da aplicação dos métodos, da análise e síntese, o pesquisador extrai do contexto social, ou do universo, princípios e leis que estruturam um conhecimento rigorosamente válido e universal. (FACHIN 2003, p. 11). Todavia, para assegurar o prestígio e confiabilidade deste processo, foi necessária a adoção de um método de pesquisa adequado, capaz de contemplar o objetivo principal deste trabalho e para isso, foi elaborado pelo pesquisador um artefato que compilou destes critérios da certificação AQUA-HQE com os softwares da Autodesk na experiência do pesquisador.



RELISE

### Objeto de estudo

Para o estudo foi utilizado software da empresa Autodesk que utiliza como base o conceito da plataforma BIM. Este produto possui ferramentas inteligentes voltadas para projetos de Arquitetura, Estrutura, Ar condicionado, Elétrica, Hidráulica e Eficiência Energética. Então, foram criadas amostras referentes ao projeto arquitetônico, hidrossanitário e elétrico que serviram como objeto de estudo e validação do processo como um todo.

Outro objeto de estudo foi o documento “Guia prático do referencial de avaliação da qualidade ambiental do edifício não residencial”, desenvolvido pela fundação Vanzolini que descreve tecnicamente as 14 categorias da certificação AQUA-HQE com quadros de avaliação contendo as exigências das normas ABNT, PROCELL ou ISO e de um guia prático com todos os elementos necessários à utilização e à avaliação do projeto.

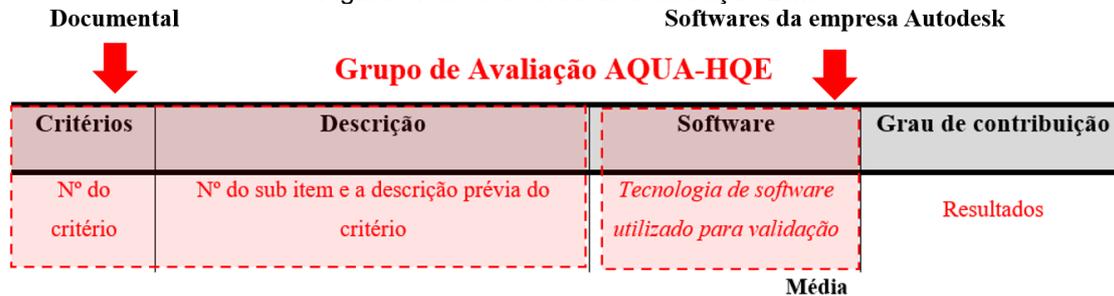
### *Tratamentos dos dados*

Para atingir o objetivo desta metodologia foi elaborado pelo pesquisador um fluxo comparativo entre a pesquisa documental e a associação da plataforma BIM utilizando a tecnologia Autodesk. Com o objetivo de diluir o referencial documental ao apontamento a coleta de dados com auxílio dos softwares computacionais, foi elaborado pelo pesquisador um artefato com objetivo de inserir os critérios da certificação ambiental por grupos de ambiente, saúde, conforto e energia, conforme a normativa da certificação AQUA-HQE e relacionar com as características da plataforma BIM. Assim, visa tomar maior conhecimento sobre a certificação AQUA-HQE da construção civil no uso do BIM, a fim de confrontar a aplicabilidade entre os dois agentes de estudo. O artefato adotou o uso da tecnologia dos softwares da Autodesk aplicando diretamente as normativas da certificação (figura 5).



RELISE

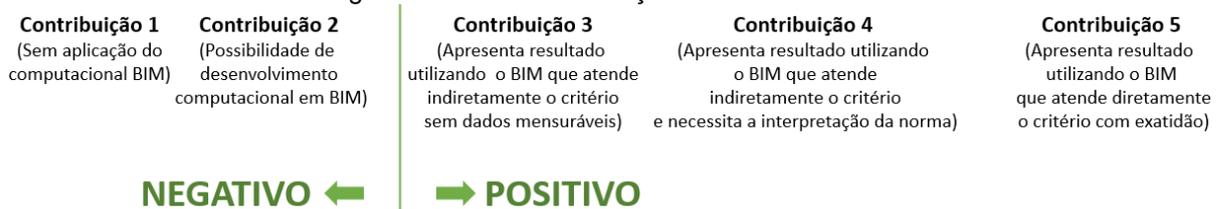
Figura 5: Ciclo de vida da construção BIM



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados serão tabulados, sendo as duas primeiras colunas relacionadas às normas da certificação, sendo a primeira coluna o número da norma e a segunda coluna a descrição do critério. A terceira coluna será apontado o software que melhor atende a aplicabilidade da certificação na normativa AQUA-HQE, seguindo a escala grau de contribuição de 1 a 5. Neste trabalho, foi utilizada a escala de Likert, uma escala bastante difundida que foi adaptada pelo pesquisador com o objetivo de obter o nível de concordância com determinada ação da rotina computacional aplicada ao critério estudado. A obtenção das notas de avaliação por cada software seguirá as regras descritas acima sendo representadas esquematicamente na figura 6.

Figura 6: Escala de avaliação do artefato



Fonte: criada pelos autores

Portanto, o artefato permitirá uma análise de contribuição da plataforma BIM a cada item estudado na certificação AQUA-HQE obtendo uma resposta positiva ou negativa a uma afirmação, medindo o nível de concordância ou não concordância a cada critério estudado, assim confrontando os dois elementos de estudos e pontando melhorias computacionais.



RELISE

## RESULTADOS

Com o propósito de verificar projetos realizados em BIM aplicados na construção civil sobre a ótica da sustentabilidade, a utilização e integração da certificação AQUA-HQE, será descrito a seguir o resultado da coleta de dados efetuada do artefato descrito na metodologia e à medida que os dados coletados forem sendo descritos, para cada critério desta certificação será feita uma análise, bem como apresentação de resultados.

Para um melhor entendimento, os resultados serão divididos em quatro grupos, sendo “Ambiental”, “Saúde”, “Conforto” e “Energia”, de acordo com a certificação AQUA-HQE. Então, a figura 7 referencia-se ao grupo “Ambiental”.

**Figura 7:** Avaliação AQUA-HQE e Aplicação do BIM

**Critérios de Avaliação AQUA-HQE e Aplicação Ferramentas para o BIM Ambiental**

Item	Descrição (Resumo)	Software	Grau de contribuição
Ambiental	1.0 – Edifício e seu entorno	Civil 3D, infraWorks e Revit	3
	2.0 – Produtos, sistemas e processos construtivos	REVIT	2
	3.0 – Canteiro de obras	Revit, NavisWorks e Civil 3D	3
	4.0 – Água	Revit e Civil 3D	4
	5.0 - Resíduos	Revit	4
	6.0 - Manutenção	REVIT	4
<b>Média</b>			<b>3.3</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A categoria “1.0 - Edifício e o seu entorno” tem dois objetivos: no primeiro o projeto explora os dados contextuais provenientes da análise do local do empreendimento e de outro, analisa em que medida o projeto tem impacto no meio circundante sobre a coletividade (redes disponíveis, limitações referentes à conservação/manutenção/serviços, aos riscos de inundação e de difusão de poluentes, aos ecossistemas e à biodiversidade) e sobre a vizinhança (acesso ao sol, à luz, às vistas, à tranquilidade do ambiente e à saúde). Para esta



RELISE

categoria foi aplicado os softwares da Autodesk sendo o Civil 3D, InfraWorks e o Revit.

Obteve resultados positivos referentes a mobilidade urbana, a disposição do edifício referentes a projeção das sombras ao entorno da edificação e o desenvolvimento do projeto de área verde ao redor do edifício. Entretanto, alguns objetivos não atenderam o critério 1.0, pois não atingiram o resultado aceitável para aplicação do software da Autodesk por ter itens de avaliação que não são elementos físicos e de difícil mensuração, mas permite uma melhoria nos resultados caso tenha o desenvolvimento computacional com a inserção de dados do município interagindo com a plataforma BIM para o estudo do transporte coletivo ao entorno da edificação.

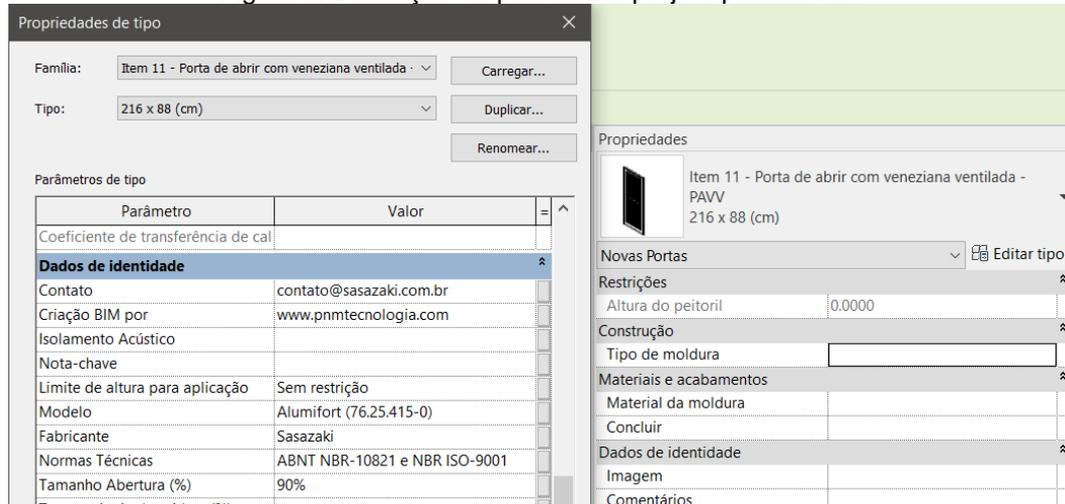
A categoria “2.0 – Produtos, sistemas e processos construtivos” tem o objetivo de orientar as “escolhas construtivas” para (i) produtos e equipamentos apropriados que disponham de um reconhecimento de sua qualidade e durabilidade, (ii) sistema de construção que envolva a solução arquitetônica com a técnica industrial empregada na construção, para assegurar funções de sistema de aquecimento, resfriamento e iluminação com base em conjuntos de produtos e/ou de componentes e, (iii) de um sistema construtivo com uma solução organizada e bem definida relativa a estrutura do edifício e vedações verticais (fachadas) e vedações internas (paredes e revestimentos).

Inicialmente foi aplicado o software Autodesk Revit para cadastrar elementos construtivos de acordo com as normas e a descrição técnica do fabricante no modelo. De acordo com o resultado na figura 8, o teste foi realizado utilizando os produtos do fabricante de portas e janelas da empresa Sasazaki e aplicados no software Revit. É importante registrar que o software Revit possibilita adição de novos parâmetros e informações no modelo e compartilhar essas informações em tabelas, etiquetas informativas e exportar para outros softwares de gestão e logística.



RELISE

Figura 8: Descrição do produto no projeto paramétrico



Fonte: resultado do software Revit da Autodesk

Outros requisitos não foram possíveis aplicar os softwares da Autodesk por solicitar procedimentos e ações culturais à reciclagem no canteiro de obras, escolher produtos de fácil limpeza e conservação, acessibilidade técnica de manutenção e aplicação de material e que não seja poluente ao meio ambiente, conhecer o impacto sanitário dos produtos de construção na qualidade do ar interno e limitar a poluição por eventuais tratamentos da madeira.

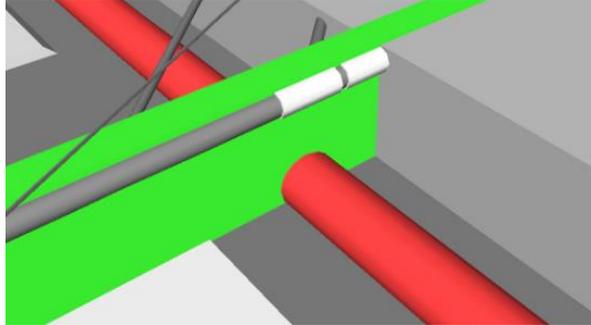
A categoria “3.0 – Canteiro de obras” tem por objetivo reduzir os impactos ambientais no canteiro de obras, controlando os resíduos de construção, poluição e o consumo de recursos naturais, além de atuar no entorno da obra diminuindo os incômodos para vizinhos, transeuntes e visitantes.

Um dos objetivos do critério 3 está associado diretamente a compatibilização de projetos, sendo assim, prever erros de interferência entre diversos segmentos da construção civil antes de executar a obra. Assim, possibilitando aos envolvidos visualizarem estas incompatibilizações para ter uma abordagem de revisão projetual e diminuir a produção de resíduos no canteiro de obras. A plataforma BIM atende este requisito e, nesse caso os produtos da Autodesk REVIT e NavisWorks possuem recursos computacionais de detecção de interferência (figura 9).



RELISE

Figura 09: Interferência do projeto de hidrossanitário com a estrutura metálica



Fonte: Elaborada pelos autores

A simulação demonstrada na figura 09 apresenta uma incompatibilização entre as disciplinas de estrutura metálica e o projeto hidrossanitário mostrando a interferência entre um tubo com uma viga. Este recurso pode ser aplicado a todos os elementos construtivos que compõem uma obra e prevendo os erros no arquivo digital antes de ser executado fisicamente. Por este recurso computacional, os softwares Autodesk Revit e Navisworks atenderam este item.

Outra aplicação do NavisWorks ao critério 3, foi a possibilidade de mapear a região local e prever no planejamento e no cronograma da obra o tráfego de caminhões de entrega e saída, a utilização de processos construtivos que promovam ruídos acústicos e as ações de funcionários na utilização de ferramentas de impacto.

Então, a figura 10 apresenta a interface do software NavisWorks e as etapas de tempo de execução da obra aplicadas na aba TimeLiner. Ao rodar a simulação, a animação de veículos/equipamentos/construção auxilia os coordenadores de projeto a analisar e coordenar as ações, a fim de ajudar a aprimorar a logística limitando os incômodos acústicos.

O Civil 3D também foi aplicado ao critério 3, atendendo os requisitos que reduzam as quantidades de terra escavada no canteiro e documentos demonstrando os cálculos do balanço das volumetrias escavadas e restituídas.



RELISE

Neste requisito o software Civil 3D possui comandos para gerar o cálculo de volume de movimentação de terra.

Como o critério 3 está relacionado à movimentação de terra e o cálculo de volume, como corte ou aterro, então, o emprego do Civil 3D foi importante porque o software possui estas funcionalidades computacionais com resultados com eficientes e aplicados diretamente ao item estudado. Entretanto, alguns itens não foram possíveis aplicar a ferramenta computacional da Autodesk por não ter softwares para o rastreamento dos resíduos por meio de formulário de controle, certificado de pesagem e de retirada, certificado de depósito em centrais de triagem, sistema de contagem das caçambas ou containers e monitoramento de quantidade. Outros pontos que não foram atendidos são procedimentos e ações para reutilizar os resíduos novamente na obra ou reciclar o material. Então, em virtude de uma ação e gerenciamento, este objetivo não pode ser aplicado ao software da Autodesk.

Figura 10: Simulação das etapas da construção com o software NavisWorks



Fonte: resultado do software NavisWorks da Autodesk

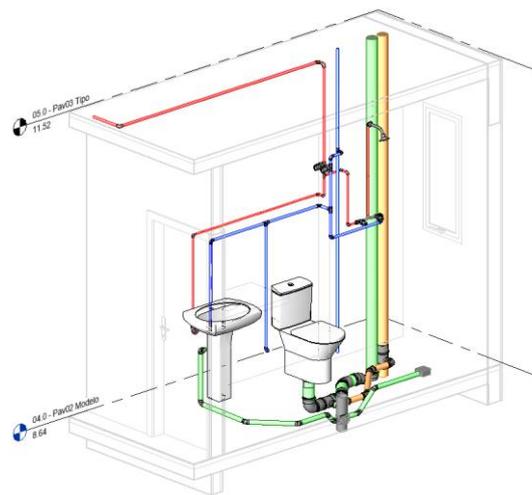
A categoria “4 – Água” tem o objetivo de adotar uma estratégia para diminuir o consumo de água potável, gerenciar as águas pluviais no terreno de maneira sustentável e escoar as águas servidas minimizando seu impacto no



RELISE

meio ambiente. Para esta categoria foram aplicados os softwares Autodesk Revit e o Civil 3D, tanto para projetos de hidrossanitários e para projetos de topografia sobre o escoamento de água. Então, para atender os objetivos do projeto hidrossanitário, foi criado pelos pesquisadores um modelo no software Autodesk Revit (figura 11).

Figura 11: Projeto de hidrossanitário sanitário



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

Neste modelo foram utilizados peças e equipamento da indústria da construção civil seguindo as solicitações do critério 4, pois solicita pias, vasos sanitários, chuveiros e entre outros elementos construtivos que permitam uma economia de água. Sendo assim, utilizou-se catálogos industriais que atendessem estas normas da certificação AQUA-HQE e que possuísse uma biblioteca digital para REVIT. Tanto para execução do projeto e para o entendimento das exigências do critério 4, foi possível executar o projeto conforme os objetivos estabelecidos.

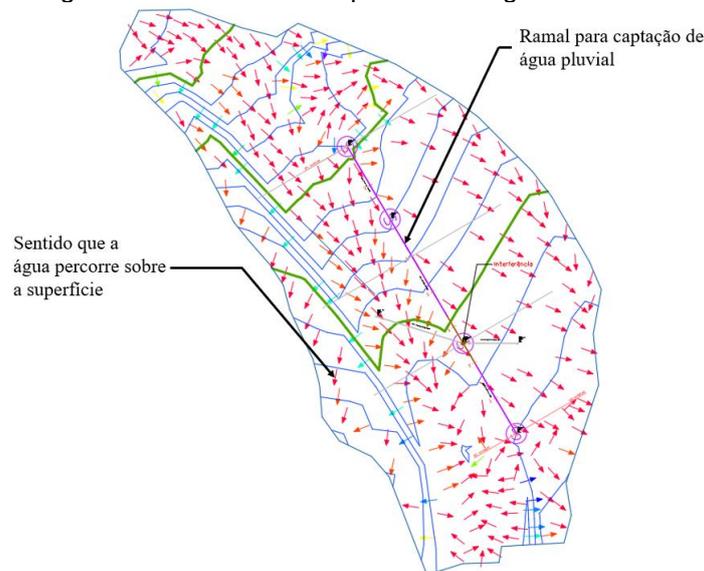
Outros objetivos do critério 4, como gerenciar as águas pluviais e o escoamento superficial de águas de chuva, garantindo o armazenamento de volume satisfatório durante episódios chuvosos, bons resultados da resultante da vazão de escoamento final no terreno e otimizar a redução da poluição



RELISE

crônica causada pelo escoamento de águas sobre o terreno, garantindo que as águas potencialmente poluídas sejam pré-tratadas. Portanto, o software Autodesk Civil 3D tem ferramentas para identificar e atender os objetivos deste item (figura 12).

Figura 12: Escoamento superficial de águas de chuva



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Civil3D.

O Civil 3D possui ferramentas para topografia e especificamente para análises de direcionamento da água na superfície, considerando o escoamento e possível pontos de alagamento. O pesquisador criou uma superfície a analisou por onde a água percorreu no terreno e projetou um ramal para captação de água. Depois criou o perfil do terreno (corte) para o entendimento do projeto. Após a essa análise, foi possível coletar dados de armazenamento de volume durante episódios chuvosos e resultados da resultante da vazão de escoamento no terreno, além de quantificar as peças de conexões e comprimentos de tubos para execução da obra. Ainda o software possui suporte para projetos e equipamentos para do tratamento de água, garantindo que sejam pré-tratadas. Portanto, o software Autodesk Civil 3D está alinhado com as exigências dos itens do critério 4.

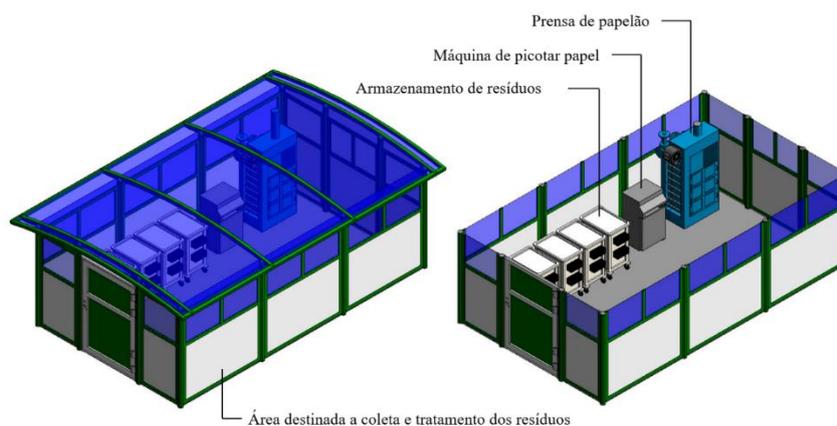


RELISE

Na categoria de “5.0 – Resíduos” é aplicado na fase de uso e operação do edifício quando diversas atividades resultam na geração de resíduos sólidos provenientes de alimentos e/ou embalagens, portanto, os objetivos são limitar a produção e valorizar implementando projetos que permitam a reutilização ou que permitam o descarte ao meio ambiente minimizando os impactos ambientais.

Para este critério, foi aplicado o Revit para atender as exigências de dimensionamento adequando para os tratamentos das áreas/zonas de resíduos e o projeto e a documentação do fluxo de processos para o tratamento do resíduo sólido. Então, nesta perspectiva, o pesquisador criou um ambiente representativo que remeta ao tratamento dos resíduos utilizando o software Autodesk Revit (figura 13).

Figura 13: Ambiente arquitetônico para o tratamento dos resíduos (reciclagem)



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

Dessa forma, foi projetada uma área para inserção de maquinários, armazenamentos e um ambiente destinado a coleta e tratamento dos resíduos, assim permitindo ao arquiteto uma análise do local com uma percepção dos custos para a implementação e informações para a tomada de decisão na escolha do processo a ser adotado. Portanto, com estas características computacionais apresentadas pelo software Autodesk Revit atente para estes requisitos parcialmente, pois além do projeto arquitetônico a auditoria solicita o



RELISE

plano de gerenciamento de uso, operação e manutenção e a justificativa desta escolha para o tratamento dos resíduos.

A categoria “6.0 - Manutenção” envolve atividade de conservação e manutenção predial que possa garantir ao longo do tempo, resultados de desempenho a partir dos esforços nas atividades da limpeza, controle, consertos e reparos e substituição de elementos elétricos, hidráulicos e AVAC (Aquecimento, ventilação e ar-condicionado). Nesse sentido, este critério solicita (i) a concepção da edificação de modo a facilitar o acesso a limpeza, a conservação e a manutenção, (ii) simplicidade de concepção dos equipamentos e sistemas para facilitar a substituição de peças e componentes dos sistemas prediais e (iii) dispositivos de controle para o monitoramento e acompanhamento do desempenho destes sistemas. Então foi utilizado pelo pesquisador três projetos com aplicação nas áreas de AVAC, hidrossanitário e elétrica e analisados conforme os objetivos propostos pela categoria 6.

Esta composição do modelo digital apresentou as áreas do sistema predial e com este resultado, o arquiteto e o engenheiro têm a possibilidade do entendimento da edificação, adequação do dimensionamento arquitetônico e melhora a comunicação entre os envolvidos, a fim de prever no arquivo digital as futuras intervenções para manutenção do sistema e realizar estudos de acessibilidade para a manutenção dos sistemas. Portanto, com a aplicação do Revit atende estes requisitos da categoria 6.

Entretanto, alguns objetivos não forma possíveis aplicar os produtos da Autodesk, pois requer a garantia e facilidade do planejamento e da rastreabilidade das operações de manutenção e, para isso é preciso que o futuro gestor de uso e operação esteja envolvido com o empreendimento, e que faça parte do processo a relação entre as ações preventivas e corretivas. Além disso, solicita nas fases de pré-projeto, projeto e execução o processo de comissionamento para garantir a coerência entre as exigências do



RELISE

empreendedor e o relatório desenvolvidos por cada fase do projeto. Então, não há softwares da Autodesk que gere as documentações solicitadas a gestão da categoria 6.

O artefato na figura 14 apresenta os resultados referentes a saúde.

**Tabela 14:** Avaliação AQUA-HQE e Aplicação do BIM

**Critérios de Avaliação AQUA-HQE e Aplicação Ferramentas para o BIM Saúde**

Item	Descrição (Resumo)	Software	Grau de contribuição
Saúde	7.0 – Qualidade dos Espaços	Revit	3
	8.0 – Qualidade do Ar	Revit CFD	3
	9.0 – Qualidade da Água	Revit	3
<b>Média</b>			<b>3.0</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A categoria “7.0 - Qualidade dos espaços”, aborda duas temáticas, sendo o primeiro os riscos sanitários que eventualmente possam ser gerados pelos equipamentos elétricos que produzem campos magnéticos de frequência baixa e o segundo as condições de higiene da edificação. Então, foi elaborado no Autodesk Revit um experimento apontando as principais características propostas pelo critério 7.0 para elaboração do projeto de elétrica com ênfase nas disposições dos componentes elétricos. (figura 15). Foi inserido um painel elétrico de três fases com duzentos e vinte volts e a partir do topo deste painel com uma saída de energia utilizando uma eletrocalha. Isso foi repetido três vezes, de tal forma os painéis ficaram próximos e as eletrocalhas se conectaram e alinhando com outra eletrocalha a partir do quarto painel. O mesmo se repetiu com as três eletrocalhas abaixo do painel elétrico. Por fim, as eletrocalhas alimentam as luminárias e os pontos de tomadas. Com este resultado no arquivo digital, o Revit contribuiu com este critério sobre a disposição dos equipamentos elétricos, a fim de reduzir impacto das fontes de emissões eletromagnéticas.

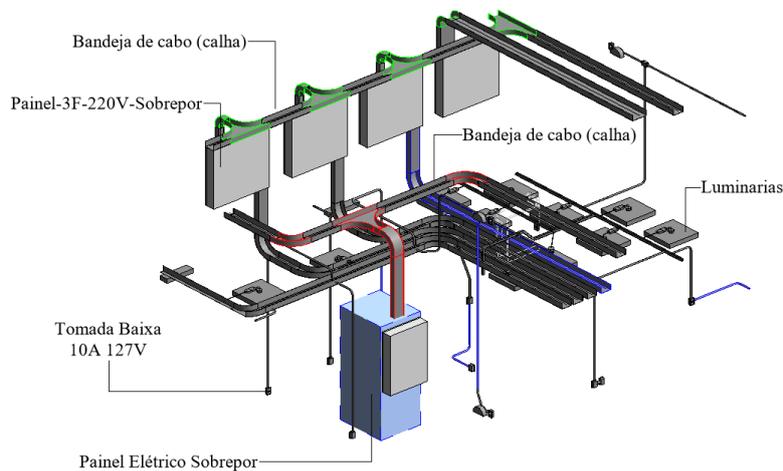
Mas, alguns objetivos não foram atendidos pelo software da Autodesk, como escolher materiais que limitem o crescimento fúngico e bacteriano, que descreve que a exigência deste item é garantir que os materiais de construção



RELISE

escolhidos limitem o crescimento bacteriano e fúngico. Nesse sentido, não foi possível aplicar o software Autodesk, pois estes objetivos estão conectados a ação da escolha do elemento construtivo para revestimentos internos (pisos, paredes e tetos) e tratamentos de superfícies e proteções (contra incêndio). Apesar de ser possível realizar esta composição no projeto arquitetônico, os softwares da Autodesk não têm ferramentas para auxiliar e propor a escolha do material.

Figura 15: Projeto elétrico no Revit



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

A categoria “8.0 - Qualidade do ar” tem como objetivo de garantir a ventilação e controlar as fontes de poluição interna dos ambientes, assim sendo, este critério solicita o projeto arquitetônico adequando para assegurar a vazão de ar adequadas para as atividades exercida nos ambientes. Para este experimento foi criado um ambiente com duas características técnicas solicitadas pelos pelo critério 8, sendo o estudo da circulação do ar via mecânico AVAC e a ventilação natural. Este estudo foi desenvolvido no Autodesk REVIT, sendo que o modelo representa um espaço para atividades administrativas (figura 16).

Neste modelo digital constitui com quatro mesas para trabalhos individuais e duas mesas redondas para reuniões e com dois armários de ferros.



RELISE

Sobre o teste de circulação do ar, existe no centro desta sala a saída e retorno de ar do mecanismo AVAC e três janelas para circulação do ar natural, sendo controlada a sua abertura manualmente. Após realizado o modelo digital, a próxima etapa é o estudo de circulação do ar no ambiente. O software da Autodesk que possui ferramentas computacionais para elaboração do estudo de circulação de ar no ambiente é o Simulator CFD (Computational Fluid Dynamics), que permite mensurar a velocidade dos ventos, a pressão atmosférica, os efeitos ambientais do edifício no entorno e temperatura em certos pontos do projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

Portanto, a utilização deste programa para simular a circulação do fluxo de ar, permite visualizar com exatidão a disposição e o movimento que o ar percorrendo no ambiente e com mais propriedades validar ou não o sistema adotado no empreendimento o projeto mecânico AVAC ou da ventilação natural. Outros valores podem ser lançados no CFD, como os valores de viscosidade, rugosidade e dados climatológicos e, ainda contribuindo para gerar outras simulações da própria simulação, por exemplo, visualizar a circulação do mecanismo do AVAC em conjunto com a ventilação natural. Entretanto, não foi possível continuar o experimento proposto, pois o pesquisador não teve acesso ao programa da Autodesk CFD por falta da licença comercial, pois a licença educacional não permite importar a geometria criada no software REVIT e não permite gerar as simulações do fluxo de circulação do ar. Ressalta-se, apesar

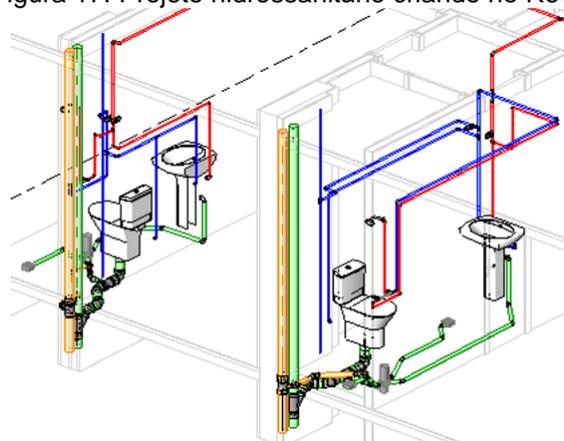


RELISE

de ter realizado o experimento, mas entenda-se que tecnicamente o software de ferramentas para atender os objetivos do critério 8.

A última categoria do grupo saúde, o “9.0 - Qualidade da água” tem como concepção da qualidade e a temperatura da rede interna tanto para o consumo e/ou teor da água para utilização nas atividades realizadas no ambiente e, além disso, o controle do tratamento e reuso da água. Neste contexto o software da Autodesk REVIT contribui com os objetivos expostos por esta categoria, na concepção do projeto hidrossanitário predial pode ter ferramentas computacionais para elaboração de um sistema hidráulico. Então, foi elaborado um experimento criando modelo digital (figura 17).

Figura 17: Projeto hidrossanitário criando no Revit.



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

Entretanto, não foi possível atender os objetivos de manter e controlar a temperatura das redes de água quente e fria, que objetiva controlar a manutenção das temperaturas das redes de água quente prevenindo a queimadura nas atividades realizadas nos ambientes que utilizam o sistema de água quente. Neste contexto, não foi possível aplicar os softwares da Autodesk, pois os objetivos solicitam adotar ações ao controle da temperatura na rede interna nos sistemas de água quente e, softwares não se aplica a este item se tratar de procedimentos e justificativas técnicas para escolha destes equipamentos.



RELISE

O artefato da figura 18 apresenta os resultados referentes ao conforto.

**Figura 18:** Avaliação AQUA-HQE e Aplicação do BIM

**Critérios de Avaliação AQUA-HQE e Aplicação Ferramentas para o BIM  
Conforto**

Item	Descrição (Resumo)	Software	Grau de contribuição
Conforto	10 – Conforto Higrotérmico	Revit	5
	11 – Conforto Acústico	Revit	3
	12 – Conforto Visual	Revit	5
	13 – Conforto Olfativo	Revit	3
Média			4.0

Fonte: Elaborado pelos autores.

A categoria “10 - Conforto Higrotérmico” diz respeito à necessidade de dissipar a potência metabólica do corpo humano por meio de trocas de calor sensível e latente (evaporação da água) com o ambiente no qual a pessoa se encontra. Neste sentido, para esta categoria solicita que a edificação tenha características e a implementação de (i) instalação de sistema passivo para limitar a necessidade de aquecimento e/ou de resfriamento (ex cobertura verdes), (ii) instalação de proteções solares, (iii) controle do ambiente térmico em períodos frios e quentes, (iv) simulação termodinâmica e (v) instalação de sistemas de abertura automática das janelas para espaços não climatizados.

Nesta perspectiva, o pesquisador criou um modelo arquitetônico utilizando o software Autodesk Revit e aplicou os comandos de georreferencia para localizar a edificação fornecendo o endereço do local. Depois, o software retorna informações sobre as estações meteorológicas que estão próximas ao empreendimento que são exibidas no mapa e na listagem à esquerda. Em geral, a escolha de uma estação climática o que estiver mais próxima a localização.

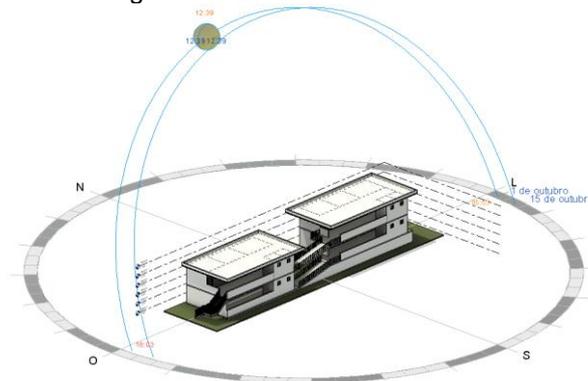
O estudo solar ajuda o arquiteto a visualizar o impacto da luz natural e das sombras no exterior e interior dos projetos, visualizando como as sombras do terreno e dos edifícios vizinhos afeta o local, ou onde a luz natural penetra em um edifício durante horas específicas do dia/ano. Com estas informações



RELISE

ajuda na elaboração do projeto de conforto higrotérmico da edificação e considerando o seu entorno as informações locais utilizando o software Autodesk Revit (figura 19).

Figura 19: Estudo solar via Revit



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

Outro objetivo proposto pela categoria 10 é o controle da temperatura do ambiente que são definidas por função da atividade, quantidade de pessoas/atividades e o nível de temperatura adaptado a este espaço conforme a solicitação da norma AQUA-HQE. Para este item foi utilizado o REVIT, sendo que, o pesquisador elaborou no software um ambiente e atribuiu ao espaço a quantidade de pessoas.

Após inserido a quantidade de pessoas, o software calculou a carga de aquecimento e resfriamento fornecendo as informações do “Ganho sensível ao calor/Pessoa”, a “Carga do pico de resfriamento” e o “Mês e hora do piso de resfriamento” no arquivo digital. São informações que contribuem para elaboração de um projeto mecânico AVAC e atendendo diretamente ao critério 10 utilizando o software Revit.

A categoria “11 - conforto acústico” se caracteriza do meio sonoro local para ambientes internos, ambientes externo e entorno do empreendimento, considerando a fase projeto e operação da edificação. Os objetivos propostos por estes critérios são (i) a disposição arquitetônica ao isolamento acústico do



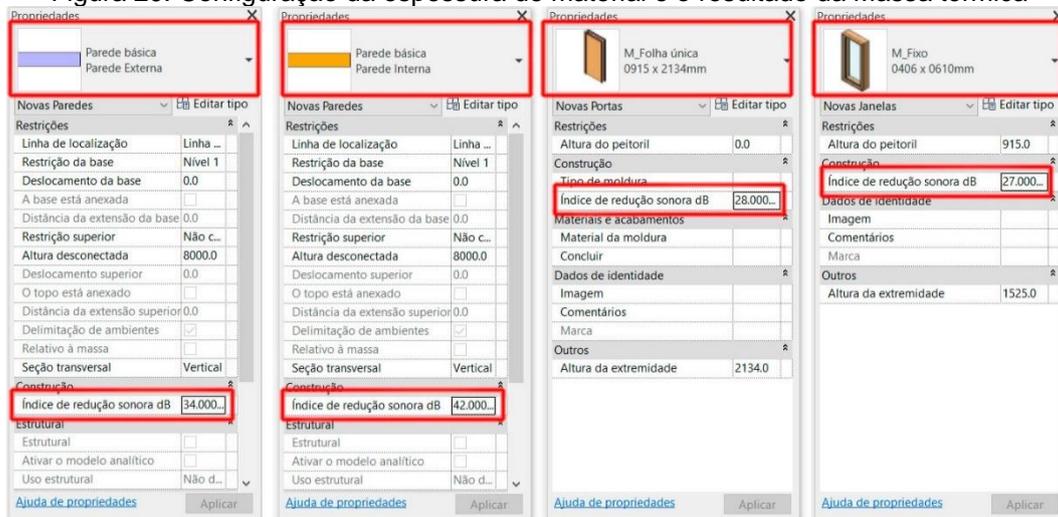
## RELISE

102

edifício com relação aos ruídos do espaço externo e externo durante a fase de construção, (ii) a acústica interna dos ambientes durante a operação do edifício e (iii) estudo e a garantia de um ambiente acústico ao edifício e o seu entorno conforme a categoria 1.

Diferentemente do desempenho térmico, o Revit não possui nenhum campo para o preenchimento da propriedade acústica dos materiais construtivos, sendo necessária a criação de todos os parâmetros necessários para viabilizar o cálculo de previsão do desempenho acústico no modelo 3D. Portanto, para esta categoria, foi elaborado um experimento utilizando o Revit criando paredes com as inserções de portas e janelas. Também foi atribuído o mesmo índice para as superfícies piso e laje. Depois, foi criado um parâmetro de controle numérico com propriedades acústicas (figura 20).

Figura 20: Configuração da espessura de material e o resultado da Massa térmica



Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

Estes dados foram fornecidos de acordo com o banco de dados de índices de redução sonora cadastrado na norma da certificação AQUA-HQE, considerando os diferentes tipos de composições de parede e esquadrias anexadas no modelo REVIT inserindo o valor de índice de redução todos os elementos conforme seus respectivos sistemas construtivos.



RELISE

Dentro deste contexto, o Revit atendeu parcialmente esta norma e que exige uma atenção ao elemento construtivo compartilhado em diferentes espaços com índice de redução sonora diferente para cada ambiente. Outra dificuldade encontrada foram as paredes com face externa e face interna, pois esta informação interfere na validação do conforto acústico. Entretanto, com um esforço de programação com linguagem em C# ou programação visual em Dynamo, pode auxiliar na validação do ambiente acústico. Mas, esta pesquisa não propõem o esforço de otimização via linguagem de programação porque o objeto de estudo são os softwares da Autodesk com os comandos nativos sem a interferência de aditivos.

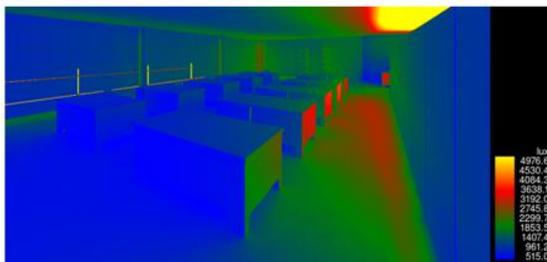
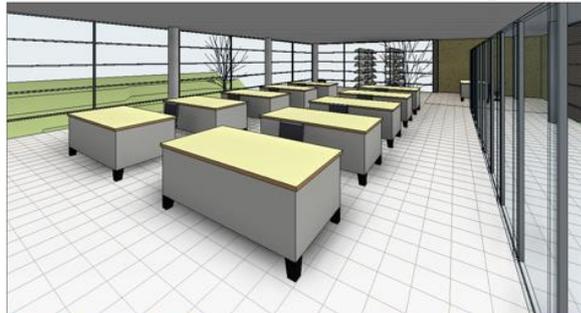
A categoria 12: "Conforto visual" está relacionada à iluminação natural e artificial da edificação, a fim de atingir o conforto visual sem ofuscamento nas atividades previstas na operação da edificação. Para este experimento, foi criado no software Revit um modelo que simulando um ambiente de um escritório conforme a descrição da categoria 12 (figura 21).

Este experimento foi modelado um escritório com uma divisória de vidro separando o ambiente em dois e a lateral do prédio teve a aplicação de um plano de vidro, assim, atendendo uma composição básica requerido pela categoria visual. Ressalta-se que este item tem o alinhamento a categoria 8.0 com o estudo solar do local. Importante mencionar que cada superfície possui diferente capacidade de reflexão dos raios incidentes, certa iluminância pode gerar diferentes luminâncias. O cálculo da luminância é um importante parâmetro que pode indicar níveis de desconforto e ofuscamento visual. Com os resultados obtidos nesta simulação, o software Revit atendeu os requisitos da categoria 12 auxiliando na interpretação do modelo digital ao cálculo da iluminância.

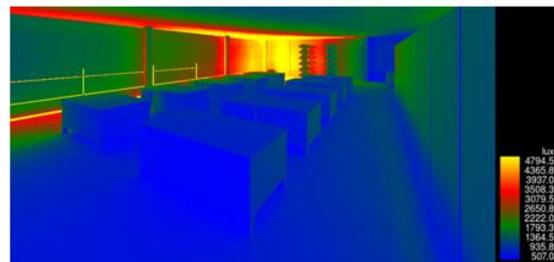


RELISE

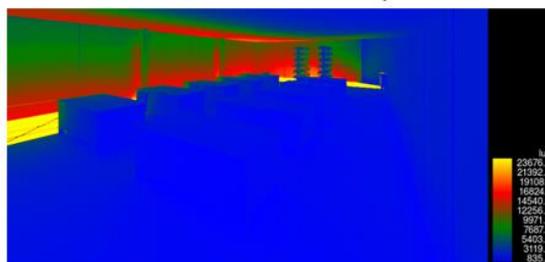
Figura 21: Estudo de ambiente conforme categoria 12



Simulação 9:00



Simulação 12:00



Simulação 15:00

Fonte: Elaborado pelos autores com o software Revit.

A categoria “13- conforto olfativo” requer o controle das fontes de odores e de seus efeitos e a implementação de dispositivos de tratamento de odores. A norma descreve que os odores podem ser provenientes de diferentes fontes, sendo produtos de construção, equipamentos, atividades e operação da edificação, meio no entorno do edifício e/ou comportamento e atividades dos usuários. Neste contexto, o objetivo de identificar e reduzir os efeitos das fontes de odores, o objetivo solicita que seja realizada duas etapas, primeiro a identificação destas fontes que pode ou não estar relacionada com a edificação e o segundo são ações para reduzir ou eliminar estes odores. Entretanto, os produtos da Autodesk podem auxiliar na concepção arquitetônica e nos projetos



RELISE

de instalações prediais, conforme a solicitação de entrega deste item, porém, não tem ferramentas computacionais que auxilie diretamente para esta categoria, além de a poluição olfativa é de difícil avaliação, devido ao caráter aleatório e subjetivo do odor. Então, aplicação do Revit pouco pode contribuir para este item.

O artefato da figura 24 apresenta os resultados referentes ao conforto.

**Figura 24:** Avaliação AQUA-HQE e Aplicação do BIM

**Critérios de Avaliação AQUA-HQE e Aplicação Ferramentas para o BIM Ambiental**

Item	Descrição (Resumo)	Software	Grau de contribuição
Energia	14 – Energia	Insight e Revit	4
<b>Média</b>			<b>4.0</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta categoria “14 – energia” tem como objetivo de avaliar o consumo de energia durante a fase de uso e operação do edifício considerando limitar o esgotamento dos recursos energéticos não renováveis e as emissões de poluentes atmosféricos. Então, para este item o pesquisador construiu um prédio de 14 andares com as paredes, janelas e cobertura no software Autodesk Revit e exportado para a plataforma online de serviços de eficiência energética Insight analisado a edificação em 3D. A partir disso obteve resultado em formatos de gráficos de desempenho das paredes, janelas e telhado, conforme a solicitação deste critério. (figura 25).

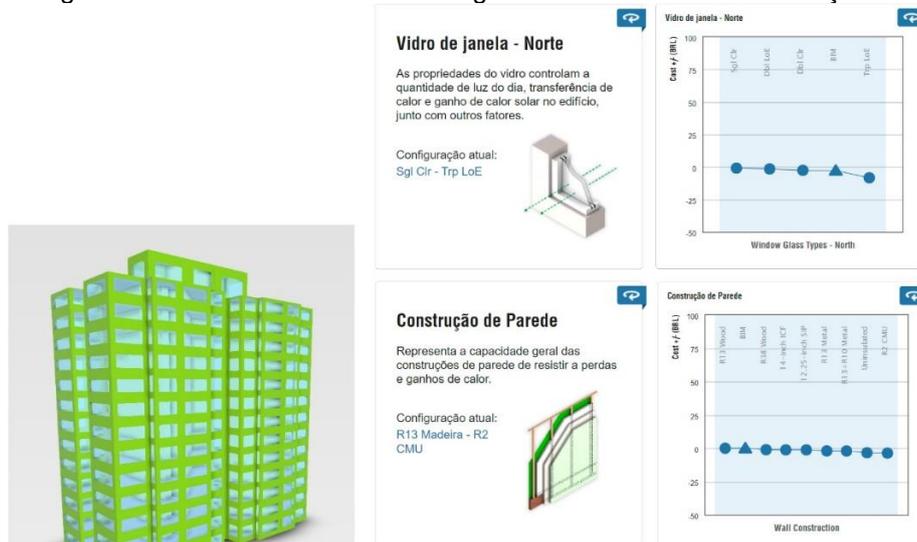
Os gráficos apresentaram uma rápida análise da edificação referentes a capacidade de resistir a perdas e ganhos de calor dos elementos construtivos (paredes, janelas e cobertura), permitindo ao arquiteto tomar decisões ao desempenho da edificação e adequações para boas práticas ou melhorias consumo de energia. Os resultados não estão associados diretamente a certificação RTQ-C que necessita da compreensão da norma a interpretação dos gráficos gerados pelo Insight. Para atingir o objetivo do critério 14 necessitou de



RELISE

um fluxo de trabalho de interação conjunta entre o software Autodesk Revit e a plataforma Insight, modelando a edificação no software de arquitetura e sendo analisado na plataforma de eficiência energética. Ressalta-se que a plataforma online Insight apresenta os resultados em formato de gráfico e recomendando ao profissional que a melhor prática que seja a opção “BIM”.

Figura 22: Cálculo de eficiência energética na envoltória da edificação



Fonte: Elaborado pelos autores com a plataforma Insight.

Entretanto, a tomada de decisão pertence ao profissional de arquitetura e engenharia, pois requer habilidade do profissional para interpretação destes dados apresentados pelo Insight e o entendimento das normas RTQ-C e da certificação AQUA-HQE, ainda considerando outras variáveis do projeto que podem interferir na decisão final. Sendo assim, os resultados desta pesquisa são exploratórios aplicado o objeto de estudo (softwares da Autodesk) com as normativas estudadas deste trabalho e, qualquer dado apresentado pelo software requer a interpretação de um profissional qualificado.

## CONCLUSÕES

Observando de maneira holística, todos os critérios da Certificação AQUA-HQE foram estudados, analisados e quando permitido a aplicação dos



RELISE

softwares da Autodesk, com a ótica da plataforma BIM no âmbito da engenharia civil seguindo o eixo da sustentabilidade, conforme o objetivo proposto por este artigo.

Para o grupo ambiente, a pesquisa demonstrou que a contribuição dos softwares Civil 3D e Revit no auxílio da validação dos critérios “4.0 - Água”, “5.0 - resíduos” e “6.0 - Manutenção” com o grau de contribuição foi igual a 4. Assim sendo, o resultado permitiu utilizar o BIM que atendeu diretamente critérios, mas ainda necessitou da interpretação dos dados para validação da norma.

Os critérios “1.0 - Edifício o seu entorno” e “3.0 - Canteiro de obras”, o grau de contribuição foi igual a 3 na aplicação dos softwares Civil 3D, Infraworks, NavisWorks e Revit. Com isso, os resultados apresentados demonstraram a aplicação da plataforma BIM indiretamente nos critérios, mas sem dados mensuráveis e com resultados visuais. Ressalta-se que, isto é uma média ponderada aplicada com o mesmo peso de grau de contribuição para todos os itens estudados nestes critérios, entretanto, uma análise individual para cada item pode propor um resultado melhor de aplicação, no caso de compatibilização de projetos, onde que o BIM é aplicado com exatidão na utilização dos softwares da Autodesk.

Sobre o critério “2.0 - Produtos, sistemas e processos” foi aplicado o software Revit e o resultado apresentou o grau de contribuição igual a 2. Assim sendo, pouco conseguiu implementar o BIM, mas o resultado permitiu a possibilidade de um desenvolvimento computacional aumentando o grau de contribuição ao critério 2.0.

O grupo saúde, os softwares REVIT e CFD foram aplicados aos critérios “7.0 – Qualidade dos espaços”, “8.0 - Qualidade do ar” e “9.0 - Qualidade da água” no auxílio da validação da norma com o grau de contribuição igual a 3. Assim sendo, a aplicação do BIM atende indiretamente estes critérios sem dados mensuráveis. É importante relatar que, os resultados analisados individualmente



RELISE

na aplicação da plataforma BIM têm um melhor grau de contribuição, como por exemplo, a elaboração de projetos de hidrossanitários que atendem com melhor exatidão.

Sobre o grupo conforto, os critérios “10 - Conforto higrotérmico” e “12 - Conforto visual” foram atendidos com exatidão com o grau de contribuição igual a 5 utilizando o software Revit, assim tendo os resultados mensuráveis e de fácil aplicação na validação destes critérios.

Entretanto, os resultados apresentados aos critérios “11 - Conforto acústicos” e “13 - Conforto olfativo” apresentaram o grau de contribuição com o valor igual a 3, assim sendo a plataforma BIM aplicada indiretamente aos critérios sem dados mensuráveis utilizando o software REVIT. O principal desafio encontrado nestes critérios são os elementos não tangíveis de validação, isto é, elementos não construtivos que são critérios de validação pela certificação AQUA-HQE, no caso acústico e olfato.

No grupo energia, a pesquisa demonstrou que a contribuição dos softwares Insight e Revit no auxílio da validação do critério “14 - Energia” com o grau de contribuição foi igual a 4. Assim sendo, o resultado permitiu utilizar o BIM que atendesse diretamente os critérios, mas ainda necessitou da interpretação dos dados para validação da norma.

Então, este estudo teve o propósito de investigar a contribuição do BIM para a sustentabilidade a partir da certificação AQUA-HQE no âmbito da construção civil, no sentido de compreender e unir esses conceitos na elaboração prática da validação de um empreendimento sustentável, visando prever os impactos positivos e negativos no arquivo digital simulado no computador, antes de executar uma obra. Portanto, a importância deste trabalho é fornecer informações e dados relevantes nas esferas acadêmica, governamental, empresarial e na sociedade civil, a fim de aplicar o BIM como plataforma de auxílio para validação da certificação AQUA-HQE e apresentar



RELISE

oportunidades de melhorias no desenvolvimento computacional apontadas neste artigo.

### Referências Bibliográficas

ABDI. **BIM BR Plataforma.** Disponível em: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/>. Acesso em: 08 set. 2019.  
ABRAMOVAY, R. **Muito além da economia verde.** Editora Abril: São Paulo, 2012.

AJAYI, S. O. *et al.* Optimising Material Procurement for Construction Waste Minimization: an exploration of success factors. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 11, p. 38-46, 2017.

Alta Qualidade Ambiental AQUA – Processo para Edifícios escolares. **Referencial Técnico de Certificação.** São Paulo, 2007.

AMARAL, M.A.T. **Green building: análise das dificuldades (ainda) enfrentadas durante o processo de certificação LEED no Brasil.** 2013. Dissertação (Mestrado em Responsabilidade Social Corporativa) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, Rio de Janeiro, 2013.

ARAÚJO, V. M. **Práticas Recomendadas Para a Gestão Mais Sustentável de Canteiro de Obras.** São Paulo, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

AULICINO, P. 2008. **Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: O Caso dos Conjuntos Habitacionais.** São Paulo, 2008.

AZZI, M.; DUC, H.; HÁ, Q. P. Toward sustainable energy usage in the power generation and construction sectors – a case study of Australia. **Automation in Construction**, 2015.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é: o que não é.** 5. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2016.

CARDOSO, F. F.; ARAÚJO, V. M. **Levantamento do estado da arte: Canteiro de Obras. Projeto Finep 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais**



RELISE

110

sustentável. São Paulo, 2007. 38p. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br>

CARVALHO, H. J. S.; SCHEER, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, Porto Alegre, p. 6-7, 2015.

CASTRO, A. E.; CAMPOS, S. A. P.; TREVISAN, M. A institucionalização (ou banalização) da sustentabilidade organizacional à luz da teoria crítica. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, Santa Maria/RS, 2018.

CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos Avançados**, São Paulo, ano 2010, v. 24, n. 68, p. 57-67, 24 fev. 2010.

CBIC. A CONSTRUÇÃO NA CONDUÇÃO DA RETOMADA DO EMPREGO. Disponível em: [https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/09/A\\_CONSTRUCAO\\_NA\\_CONDUCAO\\_DA\\_RETOMADA\\_DO\\_EMPREGO.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/09/A_CONSTRUCAO_NA_CONDUCAO_DA_RETOMADA_DO_EMPREGO.pdf). Acesso em: 01 mar. 2020.

CORTESE, T. T. P.; NATALINI, G.; PHILIPPI JR, A. **Mudanças climáticas**: do global ao local. 1ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.

CRCCI - COOPERATIVE RESEARCH CENTER FOR CONSTRUCTION INNOVATION. **CRC for Construction Innovation**: annual report 2007-2008. Disponível em: <https://eprints.qut.edu.au/27642/>. Acesso em: 08 set. 2019.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM** – um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EKINCIOGLU, O.; GURGUN, A. P.; ENGIN, Y.; TARHAN, M.; KUMBARACIBASI, S. **Approaches for sustainable cement production** – A case study from Turkey. *Energy and Buildings*, 2013.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

GALVÃO, P. H. H.; GEORGES, M. R. R. Sustentabilidade e Certificação Ambiental na Construção Civil: Uma Visão Bibliométrica. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Campinas, v. 7, p.28-39, ago. 2019.



RELISE

HARAGUCHI, L ; FONTANINI, PATRICIA STELLA PUCHARELLI ; JACINTHO, A. E. P. G. DE AVILA ; PIMENTEL, L. L. . **BIM Implementation-A Bibliographic Study of the Benefits and Costs Involved**. Journal of Civil Engineering and Architecture (Print), v. 10, p. 755-761, 2016.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Caderno de Pesquisa**, São Paulo, nº 118, p. 189-205, março 2003.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil** - contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

JRADE, A.; JALAEI, F. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. **Building Simulation**, v. 6, 2013.

LU, Y.; ZHU, X.; CUI, Q. Effectiveness and equity implications of carbon policies in the United States construction industry. **Building and Environment**, v. 49, p. 259-269, 2012.

PASSUELLO, A. C. B.; OLIVEIRA, A. F.; COSTA, E. B.; KIRCHHEIM, A. P. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 7-20, dez. 2014.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 10 ed. São Paulo: Cultrix, 2003.

ROBINSON, J. Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development. **Ecological Economics**, v. 48, n. 4, 2004.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados [online]**, vol. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

RÓMERO, A. M; REIS, B. L. **Eficiência energética em edifícios**. 1 ed. Barueri – São Paulo: Manole, 2012. 208 p.

ROVERS, R. Sustainable building: an international overview of current and future activities. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture, XVIII, Florianópolis, **Anais...**, Florianópolis: PLEA, 2001.



RELISE

RUIZ, J. A. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos, Ed Atlas, São Paulo, 1998.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. Produção de edificações: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, p. 81-99, out. 2012.

SILVA, J. A. **Direito ambiental constitucional**. 9 ed. São Paulo: Malheiros, 2011

SILVA, V.G. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios**. Qualidade na construção, São Paulo, v. 3, 2000.

SILVA, Welighda Christia da; SANTOS, Gilmar Oliveira; ARAÚJO, Weliton Eduardo Lima de. **Resíduos sólidos de construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 286-301, 1 ago. 2017. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL.

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.

SOUZA, M. C. S. A.; MAFRA, J. R. A **Sustentabilidade no alumião de Gabriel Real Ferrer**: Reflexos dimensionais na avaliação Estratégica. Itajaí: UNIVALLI, 2014

SOUZA, M. C. S. A.; PAVAN, K. **Novas tecnologias, sustentabilidade e meio ambiente sadio e equilibrado**: um desafio para os dias atual. CONPEDI. Florianópolis, p. 8-33. dez. 2015.

SOUZA, R. Qualidade da cadeia produtiva da construção no Brasil. **Anais do IV SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DA REDE CYTED XIV.C**. São Paulo, 2002.

SOUZA, R. Sustentabilidade nas empresas do setor de construção. In: **CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**. Brasil. 2007, disponível em:



RELISE

[http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/avaliacaosustentab/artigos/sustentabilidade\\_setor\\_construcao.php](http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/avaliacaosustentab/artigos/sustentabilidade_setor_construcao.php) - (A cessado em: junho, 2019).

SOUZA, R.; ABIKO, A. **Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte** – Boletim técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1997

VANZOLINI. **Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção**. 2016. Disponível em: [https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2016/10/RT\\_AQUA-HQEdifícios\\_residenciais-2016-ad10-02-17.pdf](https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2016/10/RT_AQUA-HQEdifícios_residenciais-2016-ad10-02-17.pdf). (Acessado em outubro de 2019)

VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE**. 2018. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe>. (Acessado em outubro de 2019)

VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE em detalhes**, 2018a. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacaoaqua-em-detalhes/>. (Acessado em outubro de 2019)

VANZOLINI. **Empreendimentos Certificados**. 2018b. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/empreendimentos-certificados>. (Acessado em outubro de 2019)

VANZOLINI. **Regras de certificação AQUA-HQE certificado pela Fundação Vanzolini e Cerway para edifícios em construção**. 2018. Disponível em [https://www.vanzolini.org.br/download/Regras\\_de\\_certificacao.pdf](https://www.vanzolini.org.br/download/Regras_de_certificacao.pdf). (Acessado em outubro de 2019)

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio para o século XXI**. Garamond: Rio de Janeiro, 2006

VEIGA, J. E.; FAVARETO, A.; AZEVEDO, C. M. A.; BITTENCOURT, G.; VECCHIATTI, K.; MAGALHÃES, R.; JORGE, R. O Brasil Rural precisa de uma estratégia de desenvolvimento, **Série Textos para Discussão**, NEAD, 2001.

VEIGA, J. E. A face territorial do desenvolvimento. **Anais do 27º Encontro Nacional de Economia**, Belém, 1999.



RELISE

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento rural**: o Brasil precisa de um projeto. Texto para CONTAG, 1998.

VEIGA, J. E. O Brasil Rural ainda não encontrou seu eixo de desenvolvimento, **Estudos Avançados**, 2001.

VEIGA, J. E. **Sustentabilidade**: a legitimação de um novo valor. São Paulo: Editora SENAC, 2012, p. 67/68.

VERAS, M. R. **Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social na Cidade de São Paulo**: análise de obras. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP, 2013.

YANG, J. B.; WEI, P. R. Causes of Delay in the Planning and Design Phases For Construction Projects. **Journal of Architectural Engineering**, Reston, v. 16, n. 2, 2010.

YU, A. T. W. Impact of Construction Waste Disposal Charging Scheme on work practices at construction sites in Hong Kong. **Waste Management**, 2013.

ZIMMERMANN, M.; ALTHAUS, H.-J.; HAAS, Benchmarks for sustainable construction: a contribution to develop a standard. **Energy and Building**, v. 37, 2005.