

RECONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E EFICIENTE: O USO DA MADEIRA NA ACELERAÇÃO DE PROCESSOS PÓS-DESASTRE

SUSTAINABLE AND EFFICIENT RECONSTRUCTION: THE USE OF WOOD TO ACCELERATE POST-DISASTER PROCESSES

Rafael Mendes Britto

Eng.

Departamento de Estruturas e Fundações, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Glauco José de Oliveira Rodrigues

D.Sc.

Departamento de Estruturas e Fundações, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Danielle Malvaris Ribeiro

M.Sc.

Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO: As tragédias naturais são eventos devastadores que exigem respostas rápidas e eficazes para minimizar os impactos sociais e econômicos nas comunidades afetadas. Este artigo explora o uso de tecnologias de construção em madeira, especificamente o Cross Laminated Timber (CLT) e o Light Wood Frame (LWF), como soluções viáveis para acelerar os processos de reconstrução. Com base em estudos de caso e na análise de desafios técnicos, culturais e regulatórios, o artigo propõe estratégias para superar as barreiras à ampliação dessas tecnologias no Brasil, com ênfase na necessidade de um estudo nacional que estabeleça composições de custos específicos, financiamento de plantas industriais, parcerias público-privadas para CLT e LWF no contexto das obras públicas.

Palavras-chave: CLT. LWF. Reconstrução pós-desastre. Sustentabilidade. Madeira engenheirada.

ABSTRACT: Natural disasters are devastating events that require swift and effective responses to minimize social and economic impacts on affected communities. This paper explores the use of wood construction technologies, specifically Cross Laminated Timber (CLT) and Light Wood Frame (LWF), as viable solutions for accelerating reconstruction processes. Based on case studies and the analysis of technical, cultural, and regulatory challenges, the article proposes strategies to overcome barriers to expanding these technologies in Brazil, with an emphasis on the need for a national study that establishes specific cost compositions, financing for industrial plants, and public-private partnerships for CLT and LWF in the context of public works.

Keywords: CLT. LWF. Post-disaster reconstruction. Sustainability. Engineered wood.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil e o mundo têm enfrentado um aumento significativo na ocorrência de desastres naturais, oriundos de fortes chuvas. Essas tragédias têm causado destruição em larga escala, deixando milhares de vítimas fatais, pessoas desabrigadas, danificando infraestruturas e causando prejuízos tanto ao setor público quanto ao privado. A necessidade de reconstrução rápida e eficiente se torna, portanto, uma prioridade para governos, empresas e comunidades afetadas.

Entre as soluções emergentes para a reconstrução pós-desastre, destacam-se as tecnologias de construção em madeira, como o Cross Laminated Timber (CLT) e o Light Wood Frame (LWF). Essas tecnologias oferecem não apenas rapidez na construção, mas também benefícios significativos em termos de sustentabilidade e redução do impacto ambiental. No entanto, sua implementação em larga escala enfrenta desafios técnicos, culturais e regulatórios que precisam ser superados para que possam ser adotadas em projetos de reconstrução, especialmente em obras públicas.

Não se trata apenas de uma discussão sobre melhorias, mas de uma questão de urgência. Explorar as tecnologias de construção em madeira, seus benefícios e desafios, é essencial para propor soluções que promovam sua ampliação no Brasil. Este é um país abençoado, onde qualquer semente que cai no solo dá fruto, e a exploração dessa vocação começa com um estudo nacional detalhado. Tal estudo deve estabelecer composições de custos específicos para CLT e LWF, possibilitando sua inclusão no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e, conseqüentemente, sua aplicação em projetos de obras públicas.

2 A URGÊNCIA DE SOLUÇÕES RÁPIDAS E SUSTENTÁVEIS NO PÓS TRAGEDIA

As tragédias naturais são eventos recorrentes e devastadores que exigem respostas rápidas e eficientes para minimizar os impactos sociais e econômicos. Em cenários pós-desastre, a reconstrução rápida é crucial para restaurar a normalidade e garantir a segurança das comunidades afetadas. Tecnologias de construção como Cross Laminated Timber (CLT) e Light Wood Frame (LWF) têm se mostrado eficazes, combinando rapidez na montagem, sustentabilidade e a capacidade de adaptação às necessidades específicas das áreas afetadas.

Em 2012, na Nova Zelândia, foi criado um Plano de Recuperação Central de Christchurch (Christchurch Central Recovery Plan - CCRP) após um grande terremoto que destruiu a maior parte do centro da cidade de Christchurch. O CCRP tinha como objetivo reconstruir a cidade de Christchurch com padrões otimizados. No entanto, o processo de reconstrução não foi tão rápido quanto o esperado, resultando em atrasos significativos na maioria dos projetos. Os pesquisadores Shitong Tian e Don Amila Sajeevan Samarasinghe perceberam que a tecnologia CLT estava inteiramente alinhada com os propósitos do CCRP, por conta da velocidade na montagem aliada a resistência a incêndio, boa performance ambiental

e alta resistência mecânica, ou seja, tudo que se espera em um bom empreendimento. “*CLT has positive features such as good environmental performance, high fire resistance, high shear force resistance and rapid assembly, all of which are in line with the objectives of CCRP*”. (Tian e Samarasinghe, 2022).

As abordagens de modularidade e adaptabilidade são centrais para a eficácia das respostas a desastres. O painel de CLT é um material de construção de rápida conclusão, pois é pré-fabricado com aberturas e instalações elétricas e hidrossanitárias pré-cortadas. Isso significa que a conclusão de uma estrutura não é difícil e não requer trabalhadores altamente qualificados para erguê-la e conectá-la no local (Divekar apud Tian e Samarasinghe, 2022), conseqüentemente, pode haver economias consideráveis nos custos operacionais no local devido à rápida montagem dos componentes.

A adoção de tecnologias emergentes, como o Building Information Modeling (BIM) e métodos de construção modular, são necessárias para potencializar o uso de CLT e LWF em cenários pós-desastre. Conforme discutido na 44^a Conferência AUBEA (Australasian Universities Building Education Association), integração dessas inovações com métodos de construção como CLT e LWF não só acelera o processo de reconstrução, mas também aumenta a resiliência e sustentabilidade das estruturas reconstruídas, porém, e isto é percebido em todo globo, os altos custos associados à implementação e gestão do BIM, bem como a falta de expertise no sistema, têm dificultado sua adoção (Karia et al, 2021).

Outros desafios, muito significativos, ainda precisam ser superados para garantir a implementação eficaz dessas tecnologias. A logística de transporte e armazenamento dos materiais, a necessidade de treinamento especializado para a força de trabalho e as barreiras culturais e regulamentares são alguns dos obstáculos identificados, a superação dessas barreiras requer uma abordagem coordenada que inclua educação, treinamento e parcerias estratégicas entre governos, setor privado, universidades e organizações internacionais.

Por fim, a sustentabilidade das soluções de reconstrução pós-desastre deve ser considerada uma prioridade, afinal, como vem sendo ventilado em todos os noticiários, os desastres vão aumentar em magnitude, a reconstrução deve associar velocidade ao respeito ao meio ambiente. A utilização de CLT e LWF não apenas facilita a construção rápida, mas também contribui para a redução da pegada de carbono das novas construções, uma vez que a madeira é um material renovável e de baixa emissão de carbono, na verdade, “a madeira sequestra carbono” (DIAS, 2018). Esse enfoque sustentável é essencial para garantir que as comunidades reconstruídas sejam resilientes não apenas a desastres futuros, mas também às pressões ambientais crescentes.

3 ESTUDOS DE CASO

Este capítulo, serão analisados dois exemplos representativos de soluções habitacionais pós-desastre, que demonstram a aplicação de tecnologias sustentáveis que aliam eficiência, celeridade e baixo

custo. O programa RAPIDO, desenvolvido nos Estados Unidos, destaca-se pela rápida implementação de unidades modulares expansíveis, oferecendo uma solução eficiente para atender comunidades em situações emergenciais. O projeto Villa Verde, conduzido pelo escritório ELEMENTAL no Chile, apresenta uma abordagem incremental com estruturas de madeira, permitindo às famílias ampliarem suas moradias conforme suas necessidades e recursos. Por fim, a integração de tecnologias como o Building Information Modeling (BIM) com sistemas construtivos em madeira, como CLT e LWF, será discutida, evidenciando como o uso de ferramentas digitais pode otimizar o planejamento e execução de obras em contextos de reconstrução pós-desastre.

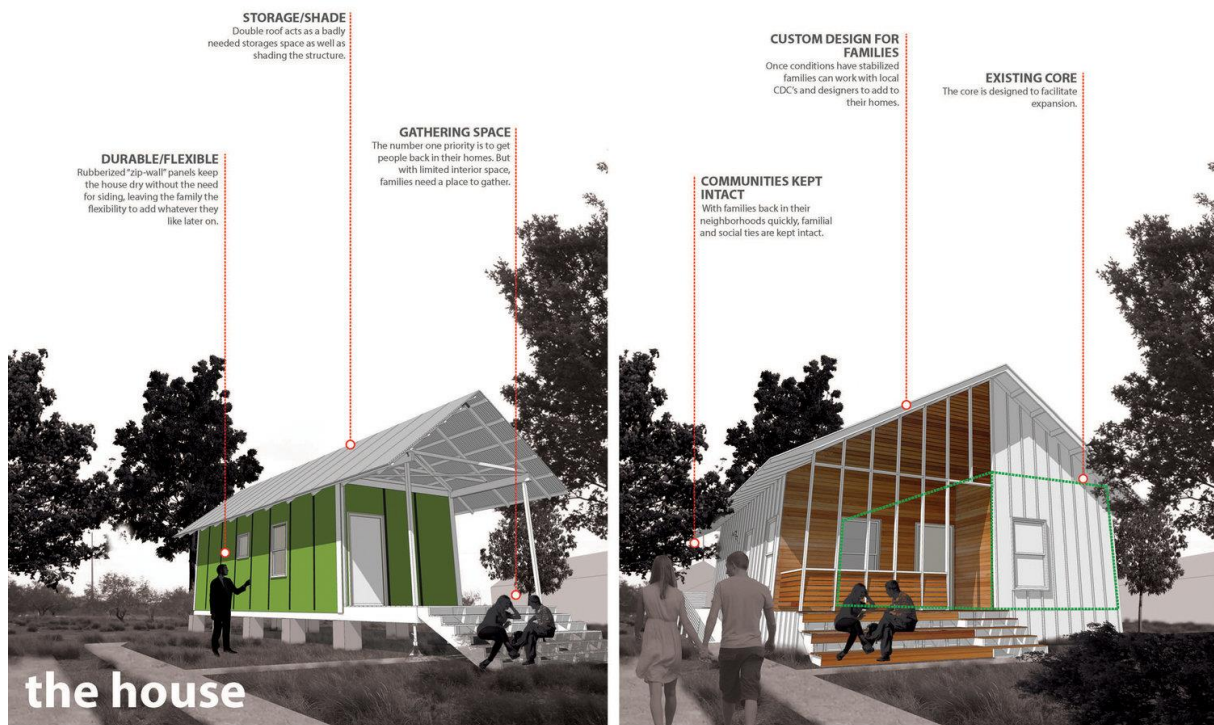
3.1 RAPIDO: TRANSIÇÃO RÁPIDA PARA HABITAÇÕES PERMANENTES

O programa RAPIDO (Recovery Accelerated Program for Inhabitable Dwellings Operations) foi desenvolvido nos Estados Unidos após o furacão Dolly em 2008, para oferecer soluções habitacionais rápidas, escaláveis e adaptáveis em cenários de emergência. Ele combina unidades centrais pré-fabricadas baseadas no sistema Light Wood Frame (LWF), que podem ser instaladas rapidamente para atender às necessidades habitacionais emergenciais e, posteriormente, adaptadas ou ampliadas para uso permanente (DUSTIN et al., 2024).

O RAPIDO se destaca por sua eficiência em reduzir o tempo entre o desastre e a entrega de uma solução habitacional inicial. Unidades habitacionais são montadas com rapidez e projetadas para permitir expansão sem que os ocupantes sejam deslocados. A modularidade das estruturas facilita a integração de melhorias e ampliações de forma econômica e sustentável. O programa também prioriza o uso de materiais de construção sustentáveis, contribuindo para a redução da pegada de carbono e o impacto ambiental associado à reconstrução pós-desastre.

A figura 1 ilustra uma aplicação do programa RAPIDO, destacando seus principais atributos:

Figura 1: Desenho esquemático de implantação do RAPIDO



Fonte: RAPIDO

Descrição da Imagem: A ilustração apresenta dois estágios da implementação do programa RAPIDO. À esquerda, é demonstrada a instalação inicial da unidade central pré-fabricada, que utiliza painéis leves e duráveis, proporcionando abrigo seguro e flexível. O telhado duplo serve como espaço de armazenamento e sombra adicional. À direita, a expansão da unidade é apresentada, com a incorporação de módulos adicionais projetados conforme as necessidades da família, mantendo as comunidades intactas e promovendo a reconstrução sustentável.

Além disso, a aplicação do RAPIDO tem demonstrado sua eficácia em mitigar o impacto de desastres em comunidades vulneráveis, oferecendo um modelo replicável para outros contextos. Programas como este poderiam ser adaptados para atender à demanda habitacional em cenários pós-desastre no Brasil, especialmente em áreas de difícil acesso ou com carência de mão de obra especializada.

3.2 ELEMENTAL: RECONSTRUÇÃO INOVADORA NO CHILE

Após o terremoto e tsunami de 2010 que devastaram a cidade de Constitución, no Chile, o escritório de arquitetura ELEMENTAL, liderado por Alejandro Aravena, foi convidado pela empresa florestal Arauco para desenvolver um plano de habitação destinado aos trabalhadores afetados. O resultado foi o projeto

"Villa Verde", uma iniciativa que exemplifica a aplicação de soluções habitacionais incrementais em contextos pós-desastre (ELEMENTAL, 2012).

Assim como o projeto RAPIDO, conceito central do projeto baseia-se na construção de "meias casas" de dois pavimentos, entregando às famílias uma estrutura inicial que atende às necessidades básicas de habitação, mas que pode ser expandida e personalizada ao longo do tempo conforme os recursos e preferências dos moradores. Essa abordagem permite que as famílias completem suas residências de acordo com suas possibilidades, promovendo um senso de propriedade e participação ativa no processo de reconstrução.

A modularidade e a flexibilidade do projeto facilitam a adaptação das unidades habitacionais às necessidades específicas de cada família, permitindo expansões horizontais e verticais sem comprometer a integridade estrutural ou a estética do conjunto. Além disso, o uso de materiais locais, como a madeira fornecida pela Arauco, contribuiu para a sustentabilidade e a economia regional, reduzindo custos e tempos de construção.

Figura 2: Habitação Vila Verde - ELEMENTAL



Fonte: ELEMENTAL, 2012

O sistema LWF, como exemplificado na imagem, destaca-se por sua rapidez de execução, leveza e eficiência no uso de materiais. Suas estruturas pré-fabricadas permitem uma montagem ágil no local da obra, com alta precisão, resultando em construções que podem ser finalizadas em poucas semanas. Além disso, o LWF facilita expansões e adaptações ao longo do tempo, oferecendo flexibilidade para necessidades futuras.

Por outro lado, a integração com o CLT poderia potencializar ainda mais essas vantagens. Com suas placas robustas de madeira lamelada cruzada, proporciona maior resistência estrutural, excelente desempenho sísmico e térmico, além de contribuir para edificações mais sustentáveis e duráveis. A combinação do LWF para a estrutura leve com o CLT para lajes, criaria um sistema híbrido otimizado, acelerando ainda mais os prazos de entrega e ampliando a capacidade de resposta em cenários pós-desastre.

O projeto Villa Verde destaca-se por sua capacidade de equilibrar eficiência construtiva, participação comunitária e sustentabilidade, servindo como modelo para intervenções em situações de emergência. A abordagem incremental adotada pelo ELEMENTAL não apenas proporcionou abrigo imediato às famílias afetadas, mas também estabeleceu as bases para o desenvolvimento de comunidades resilientes e coesas, capazes de crescer e se adaptar às futuras necessidades (ELEMENTAL, 2012).

3.3 INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS

Os avanços tecnológicos, como o Building Information Modeling (BIM), possibilitam uma maior precisão no planejamento e execução de projetos de reconstrução. Apesar de desafios como os altos custos iniciais e a falta de capacitação, o BIM combinado com CLT e LWF apresenta oportunidades para reduzir desperdícios, otimizar recursos e acelerar a entrega de soluções habitacionais resilientes e sustentáveis.

Estudos apontam que a implementação do BIM pode resultar em uma redução de até 41% no tempo de entrega de projetos, além de aumentar a lucratividade dos profissionais envolvidos em até 35% (SANTIAGO et al, 2021). Esses ganhos ocorrem devido à capacidade do BIM de integrar informações multidisciplinares em um modelo digital tridimensional, facilitando a identificação precoce de incompatibilidades e melhorando a comunicação entre as equipes de trabalho. Consequentemente, há uma diminuição de retrabalhos e uma otimização dos recursos empregados, acelerando o cronograma de obras (MEIRELES et al, 2024).

Além disso, o uso de tecnologias como o BIM aliado ao CLT e ao LWF permite uma execução mais rápida e sustentável em contextos pós-desastre, oferecendo soluções que combinam velocidade e precisão construtiva. Ao automatizar processos e otimizar a logística de montagem, o BIM reduz desperdícios e promove maior eficiência em todas as etapas da construção (FERREIRA et al, 2020).

4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO PARA O CONTEXTO BRASILEIRO

O Brasil enfrenta, anualmente, severos deslizamentos de terra e enchentes, especialmente durante a temporada de chuvas em regiões serranas e urbanas. Esses desastres naturais, agravados pela ocupação desordenada do solo e pela falta de infraestrutura adequada, geram danos sociais e econômicos expressivos. Diante dessa realidade, a ampliação de tecnologias de construção em madeira, como o Light Wood Frame

(LWF) e o Cross Laminated Timber (CLT), combinada com ferramentas digitais como o BIM, apresenta-se como uma solução eficiente e sustentável para a reconstrução de habitações em áreas afetadas.

As construções em Light Wood Frame podem ser implementadas rapidamente, oferecendo moradias seguras e de baixo custo em locais que necessitam de respostas emergenciais. Sua leveza e facilidade de montagem reduzem o impacto no terreno e o tempo de construção, sendo ideais para regiões de difícil acesso. Além disso, sua modularidade permite adaptações conforme a necessidade das famílias, criando soluções flexíveis e escaláveis. O uso do CLT, por sua vez, garante maior resistência estrutural, desempenho térmico e acústico, além de contribuir para edificações resilientes em áreas vulneráveis a desastres.

Para as áreas afetadas por deslizamentos de terra, é necessário um mapeamento prévio das zonas de risco, utilizando tecnologias de monitoramento geotécnico e climático. A aplicação do CLT e do LWF nessas regiões deve priorizar terrenos estáveis, com sistemas de fundação otimizados que garantam segurança e durabilidade. A rápida montagem das estruturas pré-fabricadas minimiza a exposição das equipes de trabalho a riscos adicionais, além de agilizar a entrega de moradias para famílias desabrigadas.

Nas regiões atingidas por enchentes, o projeto das habitações deve considerar a elevação do nível das estruturas com o uso de pilotis ou fundações altas, garantindo que as áreas habitáveis fiquem acima do nível da água. Essa solução, combinada com materiais resistentes à umidade e ao apodrecimento, como os tratamentos aplicados à madeira engenheirada, pode prolongar a vida útil das construções. Além disso, o uso de painéis CLT pré-fabricados facilita o transporte e a instalação, permitindo que unidades habitacionais completas sejam entregues em questão de dias.

O uso do Building Information Modeling (BIM) desempenha um papel crucial nesse contexto, otimizando o planejamento e a execução dos projetos. Através do BIM, é possível integrar informações multidisciplinares, prever possíveis falhas no projeto e garantir a gestão eficiente dos recursos. A aplicação dessa tecnologia aliada ao CLT e ao LWF permite uma redução significativa no tempo de execução e nos custos operacionais, facilitando a reconstrução de comunidades inteiras de forma organizada e sustentável.

Para viabilizar essas propostas no Brasil, é essencial promover políticas públicas que incentivem a adoção dessas tecnologias. A inclusão do CLT e do LWF em programas de habitação popular e a atualização das normas técnicas nacionais são passos fundamentais. Além disso, investimentos em capacitação de mão de obra, parcerias entre o setor público e privado e incentivos fiscais para indústrias de madeira engenheirada podem acelerar a implementação dessas soluções no país.

Por fim, a combinação das tecnologias propostas não apenas oferece soluções rápidas e sustentáveis, mas também cria um modelo de reconstrução resiliente para enfrentar os desafios climáticos recorrentes no Brasil. A adoção dessas práticas é fundamental para mitigar os impactos das tragédias naturais, garantindo moradias seguras, duráveis e ambientalmente responsáveis para as populações afetadas.

5 CONCLUSÃO

Diante do cenário atual, marcado pelo aumento na ocorrência de desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra, a busca por soluções rápidas, eficientes e sustentáveis para reconstrução pós-desastre torna-se uma prioridade inadiável. Tecnologias inovadoras como o Light Wood Frame (LWF) e o Cross Laminated Timber (CLT), amplamente estudadas e aplicadas em casos internacionais, demonstraram ser alternativas viáveis para responder às necessidades emergenciais, oferecendo segurança estrutural, velocidade de construção e um impacto ambiental reduzido.

A análise de exemplos como o programa RAPIDO, nos Estados Unidos, e o projeto Villa Verde, desenvolvido pelo ELEMENTAL no Chile, evidencia como soluções modulares e adaptáveis podem transformar a reconstrução de comunidades afetadas. Tais iniciativas destacam o potencial das construções em madeira não apenas para abrigar famílias em tempo recorde, mas também para promover resiliência e participação comunitária, garantindo moradias seguras e duradouras.

Além disso, a integração de tecnologias digitais como o Building Information Modeling (BIM) representa um salto qualitativo na gestão e execução de obras, possibilitando a redução de até 41% no tempo de entrega e minimizando retrabalhos e desperdícios. Essa combinação entre métodos construtivos eficientes e ferramentas tecnológicas coloca a construção em madeira como uma opção competitiva, mesmo quando comparada a métodos convencionais, especialmente em contextos onde rapidez e precisão são fundamentais.

Para o Brasil, onde desastres naturais como enchentes e deslizamentos afetam milhares de famílias anualmente, a implementação dessas soluções demanda esforços conjuntos entre setor público, privado e acadêmico. É essencial promover políticas públicas que incentivem o uso do CLT e LWF, incluindo sua regulamentação nos sistemas de custos e índices nacionais, como o SINAPI. A capacitação de mão de obra, o financiamento de plantas industriais e o estímulo a parcerias público-privadas são passos fundamentais para viabilizar a construção acessível em larga escala.

Por fim, a utilização da madeira engenheirada na reconstrução pós-desastre vai além da entrega de habitações emergenciais. Ela representa uma oportunidade de alinhar eficiência, sustentabilidade e inovação, contribuindo para a redução da pegada de carbono e oferecendo um modelo de reconstrução resiliente para o futuro. A experiência internacional e os avanços tecnológicos disponíveis fornecem um caminho claro para que o Brasil lidere iniciativas que combinem rapidez, qualidade e respeito ao meio ambiente na resposta às tragédias naturais. É hora de transformar desafios em oportunidades, adotando soluções que possam reconstruir não apenas infraestruturas, mas também a dignidade e o bem-estar das comunidades afetadas.

REFERÊNCIAS

- DIAS, Alan. Como a madeira vai se transformar no principal material de construção de edifícios de múltiplos andares. 1. ed. São Paulo: Edição do Autor, 2018.
- DUSTIN, Albright; HALL, Elly; SONG, Yongjia; PANG, Weichiang; STONER, Michael. Direct Housing for Post-Disaster Recovery: Design and Logistics for Alternative Solutions. Clemson University, 2024.
- ELEMENTAL. Habitação Villa Verde. ArchDaily, 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-156685/habitacao-villa-verde-slash-elemental>. Acesso em: 17 dez. 2024.
- KARIA, Nnakina; ALIAKBARLOU, Sadegh; SHARMA, Rashika. Improving Productivity of Construction Labour in the Republic of Kiribati. In: AUBEA Proceedings Book 2021. Unitec Institute of Technology, pp. 260-272.
- FERREIRA, Leonardo Santos Souza; MENDES, Yuri Matos; ALVES, José Humberto Gomes. Impacto do BIM na construção civil: estudo bibliográfico. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/2020/12/bim-na-construcao.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2024.
- SANTIAGO, E.; CARPANEDA, L.; MENDES, A. PAULO. Eficiência da plataforma BIM na construção civil. 2024. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3309/1/TCC%202%20-%20EFICI%20ANCIA%20DA%20PLATAFORMA%20BIM%20NA%20CONSTRU%20CIVIL.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2024.
- REIS, Isadora Santangelo. Habitação pós-desastre: uma proposta de residência unifamiliar permanente em madeira. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- MICHELE BRUNEAU; GREGOY A. MACRAE. Reconstructing Christchurch: Quantitative Findings on Shift in Building Structural Systems. Disponível em: <https://www.scientific.net/KEM.763.11>. Acesso em: 17 dez. 2024.
- TIAN, Shitong; SAMARASINGHE, Don Amila Sajeevan. Feasibility Analysis of Cross Laminated Timber (CLT) for the Christchurch Rebuild Project in New Zealand. In: 7TH NEW ZEALAND BUILT ENVIRONMENT RESEARCH SYMPOSIUM. Proceedings [...], Massey University, Auckland, New Zealand, 2022. p. 256-274.
- MEIRELES, Hygor Alves; GALVÃO, Simone Perruci; FERREIRA JUNIOR, José Temístocles. Impactos da Aplicação da Metodologia BIM no Planejamento e Gerenciamento de Empreendimentos do Mercado AEC. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/2668/1/TCC_art_HygorAlvesMeireles.pdf. Acesso em: 17 dez. 2024.
- Christchurch Central Recovery Plan. Canterbury Earthquake Recovery Authority, 2014.
- RAPIDO Recovery. The Idea. Disponível em: <https://www.rapidorecovery.org/the-idea>. Acesso em: 17 dez. 2024.