

PROJETAR NO ANTROPOCENO: arquitetura de madeira reflorestada como oportunidade de manutenção da resiliência em habitações de interesse social

Bruno Ferreira Mota (IC) e Ricardo Carvalho Lima Ramos (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

Os modelos de construção civil consolidados como os do concreto e aço contribuem com a geração de Gases do Efeito Estufa (GEEs), intensificando as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global, condições que definiram o início da era do Antropoceno. No artigo é discutido como o uso de materiais de origem biológica e renovável é uma possibilidade de redução da poluição nos termos do Desenvolvimento Sustentável, definindo os modelos predominantes da construção civil atual e como nas próximas décadas a transição por materiais renováveis pode ser decisiva para mitigação dos efeitos do aquecimento global. Em seguida, o estudo busca entender a possibilidade de implantação da madeira como modelo construtivo em ambiente urbano e a capacidade do MLC e CLT resistirem às intempéries previstas pelos órgãos e painéis responsáveis pelas análises do clima mantendo seu potencial estrutural e de estocagem de CO₂. Como parte da pesquisa é entendida a demanda habitacional das cidades brasileiras e oportunidades de desenvolvimento que combinem a sustentabilidade e adensamento urbano junto à resiliência. Finalmente, são avaliadas as propriedades físicas da matéria-prima das árvores e da madeira engenheirada e a situação atual do mercado da construção em despeito a estruturas de madeira. A maleabilidade dos programas de habitação social brasileiros e os caminhos para a maior valorização do uso do material em construções e em investigações de novas técnicas no país também são discutidos.

Palavras-chave: mudanças climáticas; estruturas em Madeira; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Consolidated civil construction models such as concrete and steel contribute to the emission of Greenhouse Gases (GHGs), intensifying climate change caused by global warming, these conditions defined the beginning of the Anthropocene era. Therefore is discussed how using materials of biological and renewable origin is a possibility of reducing pollution in terms of Sustainable Development, defining the prevailing models of current civil construction and how the transition to renewable materials can be decisive in the coming decades for the mitigation of environmental impacts and opposite effects of human action in the atmosphere. Next, the study aims to understand the possibility of implementing timber as a constructive model in an urban environment and the ability of Glulam and CLT to resist its

structural and storage potential besides the weather changes predicted by organizations responsible for climate analysis for the coming decades. The research also investigate the housing demand of Brazilian cities and its main public, as well as development opportunities that combine sustainability and urban density together with resilience. Finally, the physical properties of the raw material of the trees are evaluated together with its engineering process and the current situation of the construction market in spite of timber structures. The malleability of Brazilian social housing programs and the paths for a greater appreciation of the material in constructions and in researchs of new techniques in the country are also discussed.

Keywords: climate change; timber structures; sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

O período entre 11,5 mil anos atrás e a década de 1950 é denominado de Holoceno: uma era geológica interglacial de condições ideais de crescimento para a humanidade em um planeta estável (ROCKSTROM, 2019). No ano de 2000 o ganhador do Nobel de Química de 1995 Paul Crutzen afirmou após analisar o impacto ambientalmente destruidor causado pelo ser humano que vivemos em uma nova época: a era do Antropoceno. Iniciou-se na metade do século XX quando a atmosfera, biosfera e hidrosfera estavam sendo alteradas de forma exponencial. O cientista climático Johan Rockstrom ainda reforça que nesta nova época geológica o estado do planeta ainda é resiliente mesmo sofrendo bruscas pressões em sua biosfera.

Na década de 70 as primeiras discussões sobre os impactos ambientais tomaram rumos opostos, um extremo era composto por quem proclamava o “desenvolvimento zero” prevendo consequências mais imediatas como uma forma de anúncio de um apocalipse iminente. O segundo grupo defendia o desenvolvimento abundante para crescimento acelerado das nações emergentes, pois a preservação da natureza atrasaria a industrialização desses países em comparação com os já economicamente estabelecidos (SACHS, 2002).

Foi na Conferência de Estocolmo em 1972 quando os 113 países participantes encontraram uma resposta intermediária publicada por meio de uma Declaração que propunha o desenvolvimento econômico e social em prol da preservação de recursos naturais e disseminação de políticas ambientais de preservação.

Posteriormente, como forma de remediação das mudanças climáticas após novas previsões para o próximo século aconteceu a Rio-92, conferência entre 170 nações que gerou um acordo que alavancaria o Desenvolvimento Sustentável no século XXI conciliando proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. A Agenda 21 brasileira se dividiu em 6 eixos temáticos: agricultura sustentável, cidades sustentáveis, infraestrutura e integração regional, gestão de recursos naturais, redução das desigualdades sociais e ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável (ANDRADE, 2005). Sua implementação deficiente se relaciona possivelmente às particulares prioridades dos governos nacionais, mudanças socioculturais e problemas econômicos, entre outros.

No ano 2000 a Organização das Nações Unidas publicou após o evento da Cúpula do Milênio os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, o evento reuniu 191 países e definiu 8 metas relacionadas a saúde, educação, fome, meio ambiente e desenvolvimento para serem atingidas até 2015. Após os 15 anos, foi convocada outra cúpula para divulgação dos novos objetivos, agora denominados (ODS) Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, trazendo

uma expansão das metas anteriores com maior presença das preocupações com mudanças climáticas e responsabilidade ambiental para serem atingidas até 2030.

Caso a até então utopia do Desenvolvimento Sustentável seja interpretada de forma imperativa, o almejado alinhamento da pegada ecológica e capacidade biológica pode ser alcançado em nível global ainda no século XXI, segundo relatório ambientalista da WWF (VEIGA; ZATZ, 2008). O modelo atual de construção civil é responsável pela emissão de 30% dos gases do efeito estufa e consome cerca de 40% de toda a energia produzida segundo o UNEP-SBCI. O programa ainda reforça que os GEEs têm como seu principal poluente o CO₂, cujas emissões devem ser reduzidas em 50% para redução do avanço das mudanças climáticas. Desse modo, aplicando os princípios sugeridos por Veiga e Zatz, o setor tem alto potencial de transformação para ser aliado dos objetivos e metas publicadas pela ONU.

A madeira é um biomaterial de abundância e crescente comprovação de suas propriedades estruturais em edificações civis, seu processo de geração representa o ciclo do carbono em sua fase de estocagem, quando a fotossíntese converte CO₂ e H₂O na presença de energia solar, em oxigênio e energia quimicamente ligada com o crescimento da árvore, matéria-prima da madeira (WEGENER, 2011). Os biomateriais são materiais de origem biológica que tem potencial de estocar de 7 a 60 Gt de Dióxido de Carbono caso sejam aplicados de forma enfática no setor de construção (CHURKINA et al, 2020), corroborando com os ODS.

O processo de manejo florestal para a construção civil representa importância econômica para países europeus, fornecendo para construções residenciais que já somam 10% das construções na França, 20% na Alemanha e 60% na Finlândia. O governo francês segue incentivando o modelo desde o início do século, após assinar protocolo em conjunto de associações profissionais para aumento de 25% do emprego da madeira na geração de novas edificações.

No Brasil o crescimento da população e a formação de novas famílias deve gerar uma demanda para mais 30,7 milhões de novos domicílios até 2030 (GONÇALVES; ABRAINC, 2020). Desses, 42,3% são compostos pela população de baixa renda. Também foi divulgado que o ano de 2019 se fechou com 7,797 milhões de moradias em déficit habitacional, das quais 44,4% das famílias tem uma renda entre 1 e 3 salários mínimos. Sugerindo assim que essa parcela da população não tem acesso ao mercado imobiliário formal, sendo o principal público das habitações sociais.

A produção de habitação de interesse social é marcada pela má gestão, baixo orçamento e arquitetura conservadora do modelo de construção civil modernista. No caso do BNH (Banco Nacional de Habitação) e do programa Minha Casa Minha Vida, somou-se

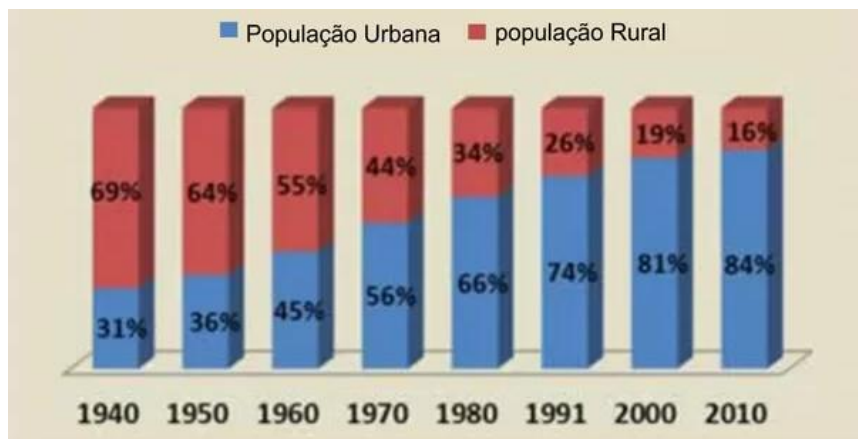
críticas pelo incentivo da periferização, reforçando o distanciamento de oportunidades de trabalho, problemas de deslocamento urbano e inserção em áreas deficientes de infraestrutura. Utilizando o Manual Técnico de Projetos do CDHU como exemplo, nota-se o baixo incentivo de estratégias e de um modelo construtivo sustentável, dando aval para a perseverança do concreto e aço em predominância.

Esse estudo propõe um olhar atento e crítico do modelo habitacional que é prejudicial ao Sistema Terra, por excluir os princípios do Desenvolvimento Sustentável e não utilizar da potencialidade dos biomateriais abundantes no planeta. Para tal, é necessário explorar a implementação da madeira na construção civil e seu impacto efetivo na redução da emissão de gases do efeito estufa para verificação de seu papel na demanda provinda do adensamento populacional nas cidades nas próximas décadas, considerando a influência das mudanças climáticas no planejamento de um objeto resiliente e a capacidade de atender a demanda social e econômica.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

O Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais (DESA), divisão criada pelas Nações Unidas para assuntos populacionais, divulgou em suas Perspectivas da Urbanização Mundial (2014) que prevê um forte adensamento nas cidades até 2050, quando mais de 65% da população mundial estará vivendo em meio urbano. Após o processo industrial de 1930 no governo Vargas, cresceu o êxodo rural por fatores como a concentração fundiária e a mecanização do campo, concentrando atualmente 80% da população brasileira em áreas urbanas, taxa equivalente ou superior à de nações desenvolvidas.

Gráfico 1: Taxa de Urbanização Brasileira a partir da década de 40.



Fonte: Censo IBGE, 2010.

O modelo de urbanização tardio brasileiro tem crescimento previsto pela ONU a 93,6% de pessoas vivendo nas cidades até 2050, correspondente a aproximadamente 230 milhões de habitantes. Para entender o padrão de adensamento das urbes do Brasil, é importante analisar o processo dado após a revolução de 1930, objeto de uma má gestão territorial as cidades brasileiras se caracterizam pela segregação social de um modelo que não induz o crescimento com equidade e sustentabilidade. Com a concentração de trabalhos formais e equipamentos de cultura e lazer na região central causando uma maior valorização, é causada a periferização, expandindo as bordas da cidade com infraestrutura deficiente (PLANMOB, 2015, s/p).

Os quase 10% de concentração adicionada aos centros urbanos no ritmo atual apenas reforçariam a ocupação de assentamentos precários pressionando essas áreas caracterizadas pela força de trabalho vítima da gentrificação, excluídas espacialmente para aglomerados de autoconstrução sem acesso qualitativo à recursos básicos de habitação e não apoiados pelas políticas urbanas e sociais. O setor da construção civil se encontra como instrumento de geração de infraestrutura e de oportunidades habitacionais para essa população de menor renda, como exemplo o Programa Casa Verde e Amarela, anteriormente denominado Minha Casa Minha Vida, que produz moradias subsidiadas e financiadas além de propor regulação fundiária, melhoria habitacional e aluguel social.

É importante entender a cicatriz deixada pelo modelo construtivo predominante pois segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (UN-IPCC, 2007) os processos envolvidos na produção e utilização do concreto são responsáveis por 5 a 8% e o aço por 4% dos poluentes potencializadores do aquecimento global. O painel ainda ressalta a quantidade de 8 milhões de toneladas métricas de CO₂ emitidas até 2004 pela geração de novas edificações (Levine et al, 2007). Entre 1971 e 2004 as emissões que incluem as geradas pelo uso de eletricidade cresceram aproximadamente 2,5% por ano para edifícios comerciais e 1,7% para edifícios residenciais, no ritmo atual a expectativa é que o valor dobre até 2030 (Levine et al, 2007). É importante ressaltar a emissão recorrente de outros gases como halocarbonos, CFCs e HCFCs (sob o acordo de Montreal) e hidrofluorcarbonos (HFCs) aplicados em refrigeração, resfriamento e materiais de isolamento.

No Brasil a siderurgia é responsável por cerca de 35% das emissões de carbono do setor industrial. O processo de produção do aço é prejudicial desde a extração do minério de ferro em minas a céu aberto, modificando a paisagem em seu entorno, destruindo florestas nativas e colaborando com a erosão do solo. Contudo, uma característica que incentiva a utilização do material independentemente de seu prejuízo ao meio ambiente é sua isotropia, ou seja, suas propriedades mecânicas e térmicas são as mesmas em todas as direções garantindo eficiência estrutural verificada. Normalmente as estruturas em aço são submetidas

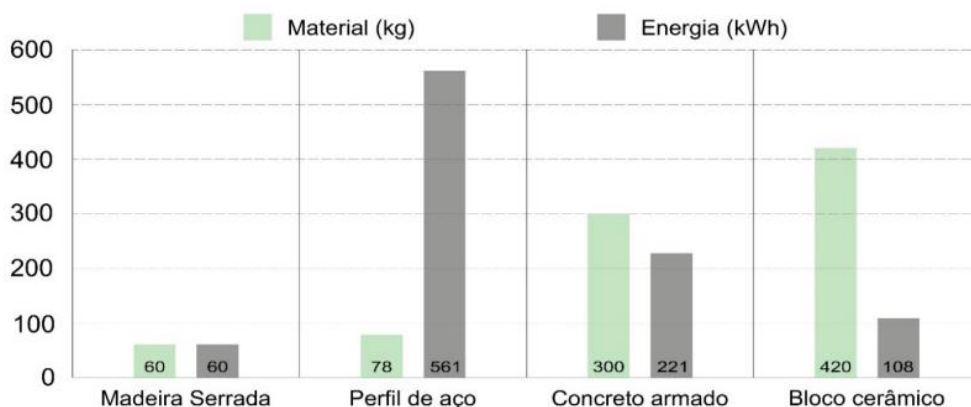
à uma manutenção preventiva na qual há a combinação do material com a proteção do concreto ou alvenaria, ou tinturas e acabamentos, evitando patologias como as causadas por contato com umidade.

Um exemplo de material anisotrópico que pode ter propriedades estruturais dependentes de suas variações e ainda sim pode garantir estabilidade suficiente em construções civis é a madeira. Heterogênea e complexa, a matéria-prima das árvores possui propriedades químicas, físicas e mecânicas que variam entre suas espécies em resistência e estabilidade dependendo da orientação de suas fibras e do teor de umidade (GREEN; TAGGART, 2017).

A utilização da madeira na construção civil incentiva o manejo responsável de florestas que, no processo de fotossíntese retém gás carbônico transforma-o em gás oxigênio e glicose quando há a presença de água e energia solar (KOLB, 2008). Garantindo que o número de árvores retiradas não ultrapasse o número de árvores plantadas, as florestas obtêm um papel importante no armazenamento de gás carbônico presente na atmosfera sem prejuízo de florestas nativas (GIORGI, 2020).

Outro aspecto de importante análise é a energia incorporada, que se trata da energia utilizada desde sua extração em fontes primárias até a manufatura e transporte, além da usada durante a construção. O aço e o concreto, como dito anteriormente, são materiais de alta emissão de GEEs do início ao fim da sua aplicação na execução de edifícios, é possível verificar por meio de comparação em gráfico a seguir (GREEN; TAGGART, 2017).

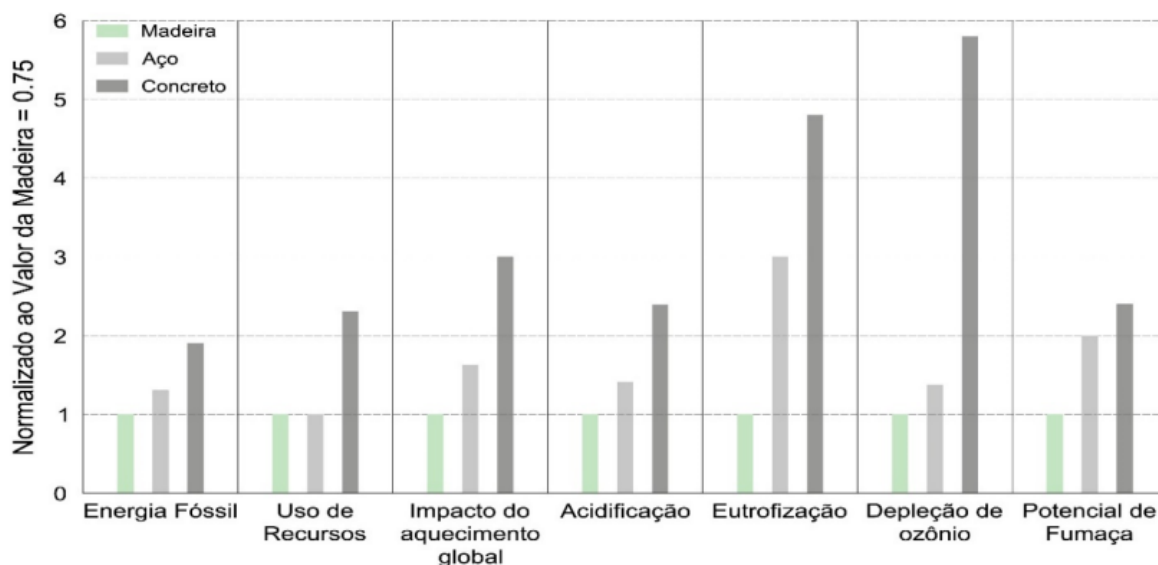
Gráfico 2: Comparativo de consumo de material e energia na produção de pilares de 3 metros de altura recebendo carga de 20 kN.



Fonte: GIORGI, R. – Adaptação de gráfico presente em “Systems in Timber Engineering” pág. 29 (KLOB, J. 2008).

Caso aconteça a consolidação da indústria madeireira atendendo a demanda da construção civil e cumprindo as normas de desempenho de energia incorporada, a utilização da madeira possui menor impacto ambiental que concreto e aço em todos os pontos analisados, como demonstrado no gráfico 3 (GREEN, 2017).

Gráfico 3: Comparativo do impacto ambiental por ciclo de vida de edifício por material de construção.



Fonte: GIORGI, R. – Adaptação de gráfico presente em “Tall Wooden Buildings: Design, Construction and Performance” pág. 18 (GREEN, M. 2017).

No continente europeu a reintrodução da madeira como elemento estrutural verificado se deu em 1902 quando Friederich Otto Hetzer patenteou o uso de vigas retas em madeira laminada colada e em 1906, o uso de arcos. Entretanto, a prática apenas foi impulsionada nos anos 70 após o reflorestamento em massa do pós guerra, gerando matéria-prima para o arquiteto alemão Thomas Herzog e os franceses Roland Schweitzer e Pierre Lajus consolidarem técnicas construtivas em madeira nos seus projetos.

A partir dos anos 80 a parceria do Engº Helio Olga Jr. e Marcos Acayaba se inicia quando Hélio adquire um terreno em declive de mais de 30 metros, motivando-o a construir sua própria residência. Chegando a ser uma das obras brasileiras mais publicadas fora do Brasil, o projeto acabou descortinando novas possibilidades formais e construtivas para o material (WISNIK, 20XX). O sucesso da aplicação do sistema misto entre madeira e aço utilizado pela Ita foi o responsável pela transformação da mesma para uma empresa de produção estrutural exclusivamente da matéria-prima das árvores. A partir da iniciativa de empresas madeireiras da região Norte em manejo florestal, a construtora de Hélio Olga e seu pai impulsionou no início dos anos 2000 o processo que tornaria as obras da empresa consumidoras de matéria 100% provinda de áreas de manejo.

Figura 1: Fotografia da Casa Hélio Olga, projeto de Marcos Acayaba para o engenheiro.



Fonte: © Nelson Kon

O manejo florestal é uma estratégia que corrobora com o Desenvolvimento Sustentável, visto que seus objetivos englobam princípios que mesclam a preocupação econômica, social e do meio ambiente:

- a) ambientalmente sustentável — uma área de manejo explorada só volta a ser objeto de corte num prazo de 25 anos, para dar tempo à natureza de recuperar o seu estoque;
- b) socialmente justa — as necessidades das comunidades tradicionais têm prioridade sobre quaisquer outras atividades econômicas; simultaneamente, a empresa é obrigada a coibir qualquer forma de trabalho ilegal, cumprir todas as normas de segurança no trabalho e providenciar cursos de educação e formação técnica para os funcionários e suas famílias;
- c) economicamente viável — a exploração da madeira deve ser legal e não-predatória; deve gerar renda, remunerando adequadamente o trabalhador e fixando a população local com emprego estável e qualificado.

Nacionalmente a construção em madeira se concentrava nas residências da região sul, onde o pinho do Paraná era abundante, isso mudou quando em 1905 o governo proibiu a matéria-prima em casas da zona central da cidade. Ocasão que contribuiu para a geração do preconceito com estruturas em madeira no meio técnico brasileiro (MEIRELLES, 2005). Soma-se ao descaso o fato de que o país tem feito ao longo de sua história o uso de técnicas construtivas inadequadas, possivelmente relacionadas à falta de suporte técnico, fazendo com que a construções em madeira sejam sinônimas de sub-habitação ou de pouca durabilidade, exemplificado pelo uso da mesma em ocupações irregulares. No Brasil existe

uma tradição perseverante consequente da colonização portuguesa, a construção em tijolos de barro, que possui uma relação peso/resistência pouco vantajosas em comparação com a madeira.

Em contrapartida, existe no país um aumento da utilização de estruturas de madeira certificada, o uso do MLC e do CLT se popularizou após acontecimentos como o da casa de Hélio Olga e novos ensaios de geometria propostos por Acayaba na década de 80.

A Madeira Laminada Colada, conhecida popularmente por MLC é composta por lâminas de madeira coladas por um adesivo à prova d'água, de uso estrutural certificado. A matéria-prima é provinda de florestas de manejo em uso racional, utilizando pequenos pedaços para formar uma peça maior. A ITA segmenta o processo de produção em 10 partes, tendo como principais: o primeiro passo que consiste no desdobro e classificação mecânica, refilando a madeira em pedaços que são separados em tamanho e resistência; a emenda dentada que une as régua em comprimento com utilização de cola e prensagem; a coladeira despeja linhas de cola do tipo poliuretano monocomponente, que após prensagem, possibilita a confecção de peças de até 18cm x 120cm x 12m, ou 18cm x 200cm x 21m no caso de vigas curvas; as peças recebem tratamento por meio de produtos que previnem as principais patologias causadas por organismos e água, por exemplo. Por meio de ensaios realizados com o suporte do LaMEM – Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira da USP São Carlos, são aferidas as propriedades físicas e mecânicas das peças produzidas. O controle da umidade é fundamental para garantir a estabilidade dimensional e eficiência da colagem, portanto as madeiras de eucalipto fornecidas são secas em estufa até um teor entre 8 a 12%.

A Madeira Laminada Cruzada ou CLT (*Cross Laminated Timber*), é produzida a partir da colagem de camadas de madeira maciça em sentido oposto e alternado com adesivo estrutural, sendo submetidas à grande pressão. O resultado é um painel à prova d'água que permite a distribuição de força ao longo das fibras da madeira em ambos os sentidos, eliminando as retrações significativas e deformações dos painéis. Todo o processo garante que uma estrutura que suporta grandes cargas, possibilitando a construção de vários pavimentos, substituindo materiais tradicionais não renováveis, como o concreto e aço. A CrossLam, pioneira no mercado brasileiro de CLT, disponibiliza o passo a passo da fabricação e tecnologia dos painéis, sendo os principais: controle de umidade da madeira serrada, entre 10 e 14%; colagem de topo por *finger-joints* de comprimento 10-20mm com adesivos como MUF (Melamina-Ureia-Formol), PUR (Poliuretano Monocomponente) e EPI (Emulsificante-Polímero-Isocianato); prensagem dos painéis em prensa hidráulica, prensa à vácuo ou ligação por parafusos, pregos e sargentos; cortes e encaixes das placas, furos e usinagens numa router CNC ou manualmente.

Para comprovação final da eficiência da substituição de materiais derivados da matéria das árvores, podem ser avaliados os critérios de desempenho. Os resultados esperados são uma boa performance estrutural, segurança contra incêndios, eficiência térmica e acústica e estanqueidade a água. Tais aspectos colaboram com a resiliência dos edifícios que usam dos materiais em predominância em seus projetos e somados com outras estratégias, podem garantir a longevidade dos mesmos. A resiliência na arquitetura se dá pela capacidade de recuperação de sua funcionalidade após eventos extremos, exemplificados aqui anteriormente como os efeitos das mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global, dado o acúmulo dos GEEs na atmosfera.

Retomando a reflexão de Rockstrom, o Antropoceno é a era em que o ser humano está lidando com as mudanças no Sistema Terra causadas após a revolução industrial, enquanto deve se preocupar com a mitigação das consequências da intensificação do efeito estufa e as questões socioeconômicas de países emergentes. Sendo questões interdependentes, urge a necessidade de soluções globais que abrangem todas, ou a maioria, de suas problemáticas. A hipótese que rege essa pesquisa é a da possibilidade da arquitetura como suporte de resiliência, por meio da utilização de matéria-prima de manejos florestais controlados sendo um motor do desenvolvimento sustentável e atendendo a demanda de habitação crescente no adensamento das cidades brasileiras.

Existe um revés à essa possibilidade, pois a arquitetura social que atenderá uma grande parcela das migrações às urbes tem como critério a redução de custos, representando o interesse de setores da construção civil e suas técnicas construtivas prejudiciais, como a do concreto armado (TRAMONTANO; ATIQUÊ, 1998). É importante então, ressaltar como o ciclo do manejo florestal controlado que gera matéria-prima para as construtoras produzirem estruturas que possibilitam uma construção limpa, veloz e benigna ao meio ambiente pode potencializar um desenvolvimento econômico em prol da sociedade e do Sistema Terra ao mesmo tempo que é atraente para o mercado imobiliário.

Entendendo a transição recente e ainda tímida para uma arquitetura mais sustentável e a inserção do MLC E CLT por construtoras, existe a possibilidade do uso misto de técnicas tradicionais dessas novas tecnologias até a consolidação de construções que se beneficiem completamente das estruturas em madeira. A hipótese consiste em reduzir consecutivamente o uso de concreto e aço enquanto a experiência de arquiteturas resilientes em projetos de orçamento limitado explora a transição para o uso de biomateriais na produção de habitações. A estratégia já é considerada regra e não exceção em edifícios de múltiplos pavimentos em madeira (Kaufmann et al, 2018), a mescla de elementos construtivos ainda garante a

otimização do tempo de obra e otimiza a distribuição de cargas na estrutura. Além disso, a combinação de materiais pode solucionar as desvantagens inerentes aos biomateriais, ainda garantindo a edificação em madeira (MAYO, 2015).

Desde o início do processo de produção, as estruturas em madeira engenheirada passam por uma sequência minuciosa de melhoramentos que evitam as patologias de possível desenvolvimento quando em situação de estresse, seja exposição direta à diferentes condições meteorológicas, incêndios ou exposição à água. Entretanto, diversos projetos utilizam das vantagens isotrópicas do concreto ou aço em sua execução, principalmente em consideração à sua quantidade de pavimentos ou resiliência. Um exemplo de projeto que se beneficia da resistência do concreto em contato com a água é a Instituição Educativa Embera Atrato Medio, do escritório colombiano Plan B Arquitectos, onde a estrutura de pilotis de 15mts de profundidade suportam uma laje de concreto acima de pilotis que afastam o edifício da água. Situada em Vigía del Forte, Colômbia, a região recebe inundações em épocas de chuva que fazem com que o nível Rio Atrato suba, fazendo com que tradicionalmente as construções do povo indígena *embera* sejam palafíticas e se comuniquem por meio de passarelas elevadas. Isso protege todos os fechamentos e divisórias internas em madeira, material escolhido em combinação com o aço pela leveza que o solo de baixa capacidade portante demanda.

Figura 2: Fotografia da Instituição Embera, destacando as fundações em concreto.

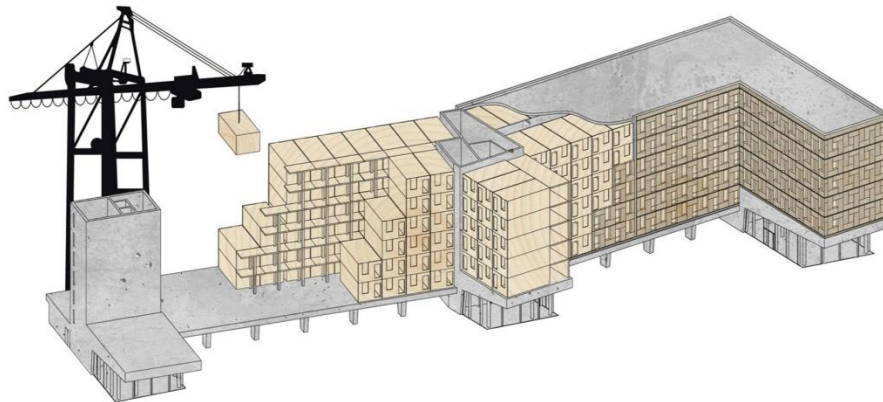


Fonte: © Julian Castro

Também é comum o pavimento térreo ser projetado em concreto como estratégia de proteção da estrutura ao contato da água que se acumula das chuvas. Os núcleos verticais de circulação são outro elemento de comum utilização do concreto, tanto por cooperar com

medidas especiais de combate ao incêndio quanto para melhoria da estabilidade global do edifício. No caso do edifício habitacional estudantil Woodie, do escritório alemão Sauerbruch Hutton, foi criada uma base de concreto no primeiro pavimento em conjunto com a circulação vertical que abrange os outros 6 pavimentos de apartamentos modulares em madeira sólida, somando 371 habitações.

Figura 3: Ilustração da construção do edifício modular Woodie.



Fonte: © Sauerbruch Hutton Architekten

A resposta arquitetônica mais efetiva para a projeção de adensamento urbano brasileiro é a construção em múltiplos pavimentos, resistentes às condições climáticas atuais e às projeções de mudanças decorrentes do aquecimento global nas próximas décadas. A madeira se torna uma aliada ao adensamento alinhado aos termos do Desenvolvimento Sustentável dado que com o desenvolvimento da indústria de componentes e produtos florestais de manejo controlado, incentiva-se a valorização e criação das escolas técnicas ligadas ao ofício da carpintaria (MEIRELLES *et al*, 2017). A possibilidade de uma aplicação gradual da madeira em habitações para a população de baixa renda se beneficiaria do valor que volta a ser agregado ao biomaterial, garantindo a eficiência socioambiental proposta para um modelo que segue padrões que desatendem parte dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e não colaboram com as metas pactuadas nos encontros como o Rio+20 e anteriores.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contar do momento em que as ações do ser humano no planeta e suas consequências tomaram a atenção das organizações internacionais, foram distribuídos metas e objetivos de prevenção e remediação das intempéries climáticas cada vez mais presentes. Após a Conferência de Estocolmo notou-se como a construção civil poderia colaborar com as medidas de redução de emissão de GEEs. A era do Antropoceno demanda por estratégias que conciliem a preservação do meio ambiente ao mesmo tempo que sejam resilientes às

condições atuais e futuras do planeta. É imprescindível a necessidade de se adaptar e preservar os bens naturais existentes, enquanto se preserva as condições socioeconômicas, como reforçado pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável divulgados pela ONU em 2000.

Após a década de 70 as técnicas em construções em madeira começaram a ser investigadas, aprimoradas e comprovadas em diversos termos como uma resposta eficiente de edificação que corrobora com a preservação do meio ambiente. O processo é positivo desde o seu início, quando por meio do manejo florestal é estocado CO₂ pelo processo da fotossíntese, pelo baixo consumo de energia para transformação em madeira engenheirada, geração reduzida de resíduos durante a obra entre outros. Entretanto, o modelo ainda não se mostra atrativo o suficiente para a construção de edifícios no Brasil, as referências e fontes de pesquisa são majoritariamente estrangeiras, andando em conjunto, a fundamentação teórica ainda não é expressiva no país.

A desvalorização das construções em madeira ainda se reflete na construção de edificações em geral, especialmente em habitações e em interesse social, onde não há utilização expressiva do MLC e CLT, estruturas de critérios de desempenho comprovados. Existe pouco incentivo científico e comercial das construções com o biomaterial abundante que é a madeira no Brasil, que recentemente foi impulsionado por projetos em parceria com construtoras como a ITA e a Crosslam, cujas fontes de matéria são os manejos que colaboram com a preservação de matas nativas e da fauna local.

A estratégia que tem o potencial de consolidar a introdução do MLC e CLT e ainda cumprir com as questões de resiliência conforme a demanda crescente é a utilização de estruturas mistas, como foi exemplificado com a Instituição Embera e o edifício Woodie, ambos se beneficiam das vantagens isotrópicas do concreto e do aço, enquanto utiliza das propriedades físicas e estruturais da madeira, principalmente em leveza/rigidez. Tais estratégias colaboram com a implantação de edifícios em áreas vulneráveis e protege a estrutura de possíveis patologias. Destaca-se ainda a capacidade modular da madeira, que possibilita a produção de elementos pré-moldados que garantem uma construção limpa, veloz e prática.

Portanto, somando as previsões de alta demanda habitacional nas cidades nas próximas décadas e de aumento da temperatura média do ar no planeta Terra, intensificando as mudanças climáticas com o aumento do Efeito Estufa, urge a necessidade de renovação de estratégias utilizadas para construção no Brasil. A utilização da madeira de reflorestamento engenheirada pode colaborar com a resiliência em diversas escalas, do planeta ao edifício. A prática já é recorrente em países desenvolvidos e necessita de incentivo para que seja

disseminada pelo país, principalmente por iniciativas públicas de habitação e outros setores da construção civil.

4. REFERÊNCIAS

A AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 22/05/2022.

AFLALO, M. et al. Madeira como Estrutura: A história da Ita. São Paulo, Parallaxe: 2005.

ATIQUÊ, F.; INO, Akemi; TRAMONTANO, Marcelo Cláudio. Critérios para a concepção espacial da habitação social contemporânea. Anais.. São Paulo: USP, 1998.

CLT: Cross Laminated Timber. Disponível em <<https://www.crosslam.com.br/site/clt/>>. Acesso em: 20/06/2022.

CRUTZEN, Paul J; STOERMER, Eugene F. O antropoceno. PISEAGRAMA, Belo Horizonte, sem número, 06 nov. 2015.

DESA-ONU. Perspectivas da População Mundial: Revisão de 2019. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, 2019.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIORGI, R S N. Edifícios de múltiplos pavimentos em estrutura de madeira: processos construtivos e diretrizes para projeto. 2020. Dissertação de Pós-graduação (Projeto de Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020.

GREEN, Michael; TAGGART, Jim. Tall Wood Buildings: Design, Construction and Performance. Basileia: Birkhäuser, 2017.

GREEN, Michael. The Case for Tall Wood Buildings: How Mass Timber Offers a Safe, Economical, and Environmentally Friendly Alternative for Tall Building Structures. Vancouver: MGA - Michael Green Architecture, 2012.

GUTDEUTSCH, Götz. Building in Wood: Construction and Details. Munique: Birkhäuser, 1996.

HAFNER, Annette; KÖNIG, Holger. Life-cycle Assessment. In: KAUFMANN, Hermann; KRÖTSCH, Stefan; WINTER, Stefan. Manual of Multistorey Timber Construction. Munique: Birkhäuser, 2018.

HELLMEISTER, João César et al. I Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Anais.. São Carlos, SP: IAU-USP, 1983.

IBGE. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em 11/04/2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, Ibá. Relatório Ibá 2019. São Paulo, 2019.

INSTITUIÇÃO EDUCATIVA EMBERA ATRATO MÉDIO. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/756302/instituicao-educativa-embera-atrato-medio-plan-b-arquitectos>>. Acesso em 02/08/2022.

KAUFMANN, Hermann; KRÖTSCH, Stefan; WINTER, Stefan. Manual of Multistorey Timber Construction. Munique: Birkhäuser, 2018.

KLABIN, Israel (org.). Vinte e cinco mais vinte e cinco – Sustentabilidade: o estado da arte. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2019.

MAYO, Joseph. *Solid Wood: Case Studies in Mass Timber Architecture, Technology and Design*. Seattle: Routledge, 2015.

MEIRELLES, C. R. M; DINIS, Henrique; LASAR SEGALL, Mario; SANT'ANNA, Silvio. Considerações Sobre o Uso da Madeira no Brasil em Construções Habitacionais. São Paulo, FAU.Mackenzie, 2007.

MEIRELLES, C. R. M et al. Processo Construtivo em Madeira. São Paulo: FAU Mackenzie, 2010.

MLC DA ITA. Disponível em <<https://www.itaconstrutora.com.br>>. Acesso em: 15/07/2022.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ENERGIA. Disponível em <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/>. Acesso em: 02/06/2022.

NAHUZ, Augusto et al. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013.

PROGRAMME, United Nations Environment. INICIATIVE, Sustainable Buildings & Climate. *Buildings and Climate Change – Summary for Decision-Makers*. Paris, 2009.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Organização: Paula Yone Stroh - Garamond. Rio de Janeiro, 2002.

TAKANO, Atsushi, HAFNER, Annette; LINKOSALMI, Lauri; et al. Life cycle assessment of wood construction according to the normative standards. Presente em: *European Journal of Wood and Wood Products*, 2015.

UN IPCC. Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change. Report of the International Panel on Climate Change 2007.

UNEP – SBCI. Buildings and Climate Change - Summary for Decision-Makers. Sustainable Buildings and Climate Initiative, 2009.

UNIVERSAL DESIGN QUARTER IN HAMBURG. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/944258/universal-design-quarter-in-hamburg-sauerbruch-hutton>>. Acesso em 03/08/2022.

VEIGA, José Eli da. Desenvolvimento sustentável, que bicho é esse? Campinas, SP: Autores Associados, 2008. – (Armazém do Ipê).

ZENID, Geraldo et al. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009.

Contatos: 31895344@mackenzista.com.br e ricardo.ramos@mackenzie.br