

ESTOQUE DE CARBONO EM PRODUTOS MADEIREIROS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Thiago Magalhães do Nascimento, UFMG, thiagom.n@outlook.com
Adriano Olímpio de Oliveira Santos, UFMG, adriano.spc@hotmail.com
Thiago Campos Monteiro, UFMG, tcmforest@gmail.com
Edy Eime Pereira Baraúna, UFMG, ebarauna@ica.ufmg.br
Lucas de Jesus Freitas, UFMG, lujejesus@yahoo.com.br
Poliana Camila Alves de Oliveira, UFMG, poliana_oliveira_paineiras@hotmail.com

Resumo

O uso da madeira apresenta diversas vantagens ambientais quando comparado com seus substitutos como concreto, ferro, alumínio, plástico e outros. Sua produção requer baixo consumo de energia e sua utilização é uma forma de imobilizar carbono. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar e estimar o carbono presente nos produtos madeireiros utilizados na construção de um edifício residencial popular. Foi avaliado um condomínio com 424 apartamentos e área total de aproximadamente 30 mil metros quadrados. Para isso utilizou-se cálculos das relações entre o volume e a densidade básica para estimar a biomassa das peças de madeira. O carbono estocado foi considerado como 50% da massa seca. O maior estoque de carbono foi encontrado durante a construção dos prédios, nas fôrmas de concreto, com aproximadamente 98,5 toneladas. No interior de um apartamento há aproximadamente 65 kg de carbono estocado nas portas e batentes. A substituição pela madeira nos pisos resultaria no potencial de imobilizar 162 kg de carbono. A substituição por janelas de madeira adicionaria 52 kg de carbono por apartamento. Os resultados permitem observar que o carbono imobilizado ocorreu no uso temporário da madeira durante as construções. A substituição de produtos como cerâmica e alumínio pela madeira resultaria no estoque de toneladas de carbono nestes condomínios residenciais.

Palavras-chave: Construção. Densidade Básica. Condomínios. Madeira. Biomassa.

Abstract

The use of wood shows many environmental advantages when compared to its substitutes such as concrete, iron, aluminum, plastic and others. Its production requires low power consumption and its use is a way to immobilize carbon. The objective of this study was to evaluate and to estimate carbon in woody products used in the construction of a popular residential building. The building evaluated is composed by 424 apartments and a total area of 30.000m². For that, we used calculations of the relations between volume and basic density to estimate the biomass of the wooden parts. The carbon stock was considered as 50% of the dry mass. The higher amount of carbon stock found was during the construction of the buildings, in concrete formworks, with approximately 98,5 tons. There are about 65kg of carbon stock in

doors and door jambs inside in apartment. Substituting wood in the floors would result in a 163 kg carbon immobilization potential. The substitution for wood windows would add add 52 kg of carbon in each apartment. The results allow to observe that the carbon immobilized occurred in the temporary wood use during the constructions. The substitution of products such as ceramic and aluminum for wood would result in tons of carbon stock in these residential condominiums.

Keywords: Construction. Basic density. Condominiums. Wood. Biomass.

1 Introdução

A contínua emissão de gases de efeito estufa lançados pelo homem na atmosfera se soma a uma série de fatores elencados, por exemplo, por Primavesi (2007), como o aumento das superfícies sem cobertura vegetal, seja por desmatamento ou por avanço da urbanização sobre áreas naturais; redução da disponibilidade de água doce, sua qualidade e disponibilidade em reservatórios e cursos d'água; e redução das áreas verdes de modo geral. Estes fatores refletem nos crescentes índices de aquecimento local e também global, cujos efeitos têm sido mensurados o aumento dos níveis do mar, aumento das temperaturas médias em solos e das águas, aumento da intensidade e da ocorrência de fenômenos naturais como enchentes, secas, rajadas de ventos; com prejuízos naturais, humanos e socioeconômicos

Portanto, é necessário compreender e buscar alternativas que sejam eficientes e que possam suplantam o quesito da viabilidade no sentido de implantar novos paradigmas da ação do homem e sua relação com a natureza. O estudo de novas maneiras de utilizar de forma racional os recursos naturais pode gerar subsídios para esta mudança, estimulando políticas de incentivo e novas regulamentações para que sejam impulsionadas e apresentem viabilidade social e econômica (BENATTI, 2003).

Uma das possibilidades aventada pelos acordos de redução dos efeitos da ação humana sobre o aquecimento global é a de permitir aos países a implementação de mecanismos de mitigação da emissão e da regulação dos estoques de carbono a partir do sequestro ou estocagem de carbono através de programas de florestamento e reflorestamento, para utilização ou na manutenção e criação de unidades de preservação ambiental. Isso abriria novas frentes para pesquisa científica e revisão do uso de materiais que atendam neste caso a dois objetivos: a manutenção e aumento de áreas de produção de biomassa elegíveis como estoques de carbono e a possível substituição de materiais com elevado custo energético e ambiental por alternativas ecológicas, ou seja, com menor gasto energético em todas as etapas de produção, com grau equivalente de eficiência e saldo positivo para os estoques de carbono nacionais (GOULARTE, 2011).

Durante a permanência das florestas há uma grande quantidade de carbono fixado que deixa de ser emitido para a atmosfera. Dentre outras atividades políticas e comerciais que influenciam a demanda de florestas plantadas, a destinação da madeira serrada para construções se destaca, conferindo que o aumento do uso da madeira nas construções pode aumentar o fomento de florestas plantadas, cenário que se mostra favorável nesta perspectiva ambiental.

Diante da importância da análise do potencial de estoque de carbono e sua influência como base de dados para estudos e análises de planejamento urbano, objetivou-se, neste trabalho, a avaliação e estimativa do estoque de carbono presente no material madeireiro utilizado na construção civil, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

2 Revisão de literatura

2.1 Uso da Madeira na Construção Civil

O setor da construção civil é reconhecido pelo seu potencial de deflagrar intensos impactos ambientais no desenvolvimento das suas atividades principais e de apoio (VECHI et al., 2016). Toda nova edificação gera impactos, sejam estes ambientais, sociais ou econômicos, considerando-se que grandes mudanças ocasionadas pela construção interferem na sociedade em decorrência da implantação de novas edificações.

Nesse sentido, certas medidas podem ser tomadas de forma minimizar ou até mesmo evitar os impactos gerados pelas construções. Um ponto a ser considerado, de acordo com Araújo e Cardoso (2010), é o consumo de recursos mais sustentáveis, especificamente na utilização de madeira. O uso de madeiras legalizadas, por exemplo, oriundas de plantio de florestas plantadas já tem sua contribuição (BARBISAN et al., 2012).

No Brasil, de acordo com Souza e Deana (2007), a construção é responsável pelo consumo de dois terços da madeira natural extraída. A utilização de árvores originadas de áreas não manejadas gera uma complexada cadeia de impactos ambientais. Alterando a fauna, a flora e o ar. A madeira foi um dos primeiros materiais utilizados pelo homem para a construção de suas habitações e de seus primeiros meios de transporte. O material foi matéria-prima para os primeiros barcos, carros e trenós, bem como para a confecção das primeiras armas, tais como o arco e a flecha. Contudo, atualmente a madeira tem sido substituída pela utilização do aço e suas ligas e pelos plásticos. No entanto, hoje e futuramente deverá continuar sendo um material com intensidade e exclusividade por países mais desenvolvidos, no sentido tecnológico e econômico (PONCE, 1995). Na construção civil, emprega-se o uso de madeira de modo temporário, como formas para concreto, andaimes e escoramentos, e uso fixo, como estruturas de cobertura, portas, janelas, forros e pisos (ZENID, 2009).

2.2 Materiais Concorrentes na Construção Civil

Segundo Meirelles *et al.* (2017), o uso de biomassa na construção pode ser considerado tão antigo quanto os primeiros assentamentos do homem na natureza. A partir da implantação das ligas metálicas nas estruturas de construção e do uso do concreto armado e alvenaria, o uso de madeira foi se tornando cada vez mais restrito. Pressões sobre o uso não sustentável do material e limitações no uso estrutural e manutenção restringiram cada vez seu uso principalmente como acabamento interno e externo (moveis, portas e batentes) e material para coberturas (estrutura de telhados, por exemplo). No Brasil, diversos materiais concorrem com a madeira na construção civil, os principais destes e suas aplicações são o piso e rodapé de porcelanato, janela em alumínio e vidro, piso azulejos em cerâmica e batente das portas de gesso.

O uso da biomassa em construções civis, como alternativa ao aço e cimento, teria

então, como um dos benefícios principais o fato de que sua plantação e cultivo geram um sequestro de carbono da atmosfera, atuando como agente mitigador do efeito estufa, ao contrário dos outros materiais cuja produção gera gases de efeito estufa em maior quantidade (HUNG *et al.*, 2009).

2.3 Estudos de Estoque de Carbono e Sustentabilidade nas Construções

Atualmente, segundo Rezende (2002), uma das questões de relevância e polêmica é o aumento na concentração de dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosfera e sua consequência sobre o efeito estufa. Nesse contexto, as florestas oferecem um serviço de captura e fixação de carbono e nos demais componentes de biomassa, sendo essa medida considerada mitigatória para as mudanças climáticas (FAO, 2005).

Em seu estudo sobre o sequestro de dióxido de carbono pela utilização estrutural de madeira em instalações eco-tecnológicas e de lazer, Hung et al. (2009) conclui que o uso deste material em substituição ao uso do concreto reduziu as emissões de carbono em até trinta toneladas, o que seria equivalente ao carbono expirado por noventa e duas pessoas por ano. Ou seja, quanto maior a utilização da madeira, maior redução da emissão de carbono. 20

Da mesma forma, Gustavsson e Sathre (2005) destacam, em seu estudo de variabilidade nos balanços de energia e dióxido de carbono da madeira e materiais de construção em concreto, que o uso de material em madeira, em substituição ao concreto, poderia ser um meio efetivo na redução do uso de combustíveis fósseis e na diminuição das emissões de CO₂ para a atmosfera.

3 Materiais e métodos

3.1 Obtenção de Volume

Para obtenção do volume em metros cúbicos, foram medidas as dimensões de cada uma das estruturas de uso fixo de madeira utilizadas nos apartamentos populares de três das maiores e mais expressivas empresas de construção civil que atuam em Belo Horizonte – MG, na construção de apartamentos populares vinculados ao programa MCMV (Minha Casa Minha Vida). Nestes apartamentos, a madeira está presente tanto na parte estrutural, como fôrma e telhado, como nas portas e nos batentes. As dimensões das portas e dos batentes foram medidas e seu volume quantificado, e amostras das madeiras destas foram coletadas.

3.2 Quantificação do Carbono Estocado

Para quantificação do carbono estocado presente nas peças foram coletadas amostras de cada uma das estruturas madeireiras majoritariamente presentes no interior dos apartamentos (portas e batentes), enquanto que para a quantificação do carbono presente nas peças estruturais (fôrma e telhado), foi utilizada a memória de cálculo, fornecida pela empresa responsável, de madeira total utilizada em um condomínio em Belo Horizonte – MG, composto de 424 apartamentos populares.

3.3 Obtenção da Densidade Básica

A densidade básica das amostras de madeira foi obtida de acordo com a NBR 11941-02 (ABNT, 2003). Cinco repetições de cada estrutura foram utilizadas. As amostras foram levadas para o Laboratório de Produtos Florestais do ICA/UFGM, onde foram obtidos seus respectivos volumes saturados e massas secas e calculadas as densidades básicas. Calculou-se, então, o volume saturado (imerso em água) de cada corpo-de-prova (Equação 1), que logo foram conduzidos para uma estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 105°C, até atingirem massa constante para obtenção da massa seca. Com a relação da massa seca sobre o volume, obteve-se a densidade básica de cada material.

$$Db = \frac{\text{Massa Seca}}{\text{Volume Saturado}} \quad 1$$

Em que: Db = Densidade básica

3.4 Cálculo do Carbono Estocado

Para determinar o carbono estocado, calculou-se a metade (50%) da massa seca, uma vez que, de acordo com Klock (2005), independente da espécie, variedade genética ou idade da planta, 50% da composição da madeira corresponde a carbono. Este valor foi multiplicado pela quantidade pelo volume da peça, que por sua vez foi multiplicado pela quantidade média de peças utilizadas em cada apartamento, obtendo-se então o estoque de carbono em material madeireiro por apartamento. Este foi extrapolado para os condomínios, o que permitiu ter uma clara noção do impacto do carbono estocado por construção padronizada pelo programa MCMV.

Para obtenção do estoque de carbono nas peças, primeiramente calculou-se a densidade e o volume total destas, representando a quantidade de biomassa por unidade de volume (Equação 2).

$$\text{Biomassa} = \text{Volume da árvore} \times \text{Densidade básica} \quad 2$$

Em que: Biomassa está em kg, Volume da árvore em m³ e Densidade Básica em kg/m³.

Para exemplificar uma breve abordagem, dimensões dos materiais concorrentes com a madeira em seu uso potencial como em pisos e janelas também foram tomadas a fim de ter-se uma noção do potencial de carbono estocado não aproveitado em uso de produtos madeireiros.

4 Resultados parciais/finais

4.1 Densidade básica dos elementos madeireiros

Para os diferentes elementos da madeira, obteve-se os seguintes resultados quanto a densidade básica, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Densidade dos materiais

Material	Repetições	CV(%)	D.Média (g/cm ³)
Madeira do compensado de coloração escura	5	6,80	0,470
Madeira do compensado de coloração clara	5	10,88	0,390
Laminado externo do compensado	5	20,77	0,357
Batente das portas	5	5,91	0,942

Fonte: Do autor, 2017

Observou-se que nas amostras do laminado externo do compensado houve um maior coeficiente de variação da densidade básica, o que provavelmente se deve ao fato de que geralmente nesta estrutura se utiliza adesivos para colagem a base de compostos fenólicos, estes que em diferentes concentrações podem ter causado uma maior variação do que o esperado dentro de uma mesma madeira.

4.2 Carbono estocado nas portas

Como as portas de compensado possuem partes de diferentes densidades, optou-se por calcular o carbono estocado por partes para uma maior precisão. A primeira parte a ser estudada foi o laminado externo (capa e contracapa), cujas dimensões e volume são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 – Dimensões do laminado externo das portas e o volume destes, por apartamento

Tipo	Altura(m)	Largura (m)	Volume	Unidades	Volume Total P/AP (m ³)
Porta Banheiro	2,1	0,6	0,0063	1	0,0063
Porta Quartos	2,1	0,7	0,0074	2	0,147
Porta Sala	2,1	0,8	0,0084	1	0,0084
Volume total por apartamento:					0,0294

Fonte: Do autor, 2017

Com a obtenção do volume e a densidade obtida em laboratório pode-se estimar o carbono estocado nos laminados das portas, por apartamento, conforme observa-se na tabela 3:

Tabela 3 - Carbono total estimado nas lâminas externas das portas

Db Média (g/cm ³)	Volume Total (cm ³)	Massa Seca (g)	Massa Seca (kg)	Carbono (kg)
0,356693307	29400	10486,78322	10,48678322	5,243391608

Fonte: Do Autor, 2017

A outra parte da porta consiste no preenchimento interno de compensados, ou seja, a

porta excluindo-se de sua capa e contracapa. De tal forma mediu-se as dimensões do compensado interno das portas e o volume destes, por apartamento, conforme a Tabela 4:

Tabela 4 – Dimensões das portas (excluindo o laminado).

Tipo	Altura (m)	Largura (m)	Espessura (mm)	Volume Porta (m ³)	Unidades	Volume total P/AP (m ³)
Porta Banheiro	2,1	0,6	30	0,0378	1	0,0378
Porta Quartos	2,1	0,7	30	0,0441	2	0,0882
Porta Salas	2,1	0,8	30	0,0504	1	0,0504
Volume total por apartamento:						0,01764

Fonte: Do autor, 2017.

Com a obtenção do volume e a densidade obtida em laboratório pode-se estimar o carbono estocado nos compensados internos das portas, por apartamento, conforme observa-se na Tabela 5:

Tabela 5 – Carbono estocado no compensado interno das portas por apartamento

Intervalo	Densidade Básica (g/cm ³)	Massa Seca (kg)	Carbono (kg)
Inferior	0,391	68,963	34,481
Superior	0,470	82,838	41,419
Volume Total (cm ³)			176400

Fonte: Do autor, 2017

Somando o valor das duas estruturas das portas, obteve-se o carbono total em portas por apartamento, conforme a Tabela 6:

Tabela 6 – Carbono total de portas por apartamento em quilogramas.

Intervalo	Laminado externo	Compensado Interno	Carbono Total (kg)
Inferior	5,243	34,481	39,725
Superior	-	41,419	46,663

Fonte: Do autor, 2017

4.3 Carbono estocado nos batentes das portas

Assim como nas portas, realizou-se o mesmo procedimento nos batentes de madeira que acompanham cada porta, cujas dimensões e o volume destes por apartamento são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Dimensões e volume dos batentes das portas

Batente	Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (mm)	Volume (m ³)	Unidades	Volume total P/AP (m ³)
Banheiro	4,8	0,085	28	0,0114	1	0,0114
Quartos	4,9	0,085	28	0,0117	2	0,0233
Sala	5	0,085	28	0,0119	1	0,0119
Volume total por apartamento						0,0466

Fonte: Do autor, 2017

A partir do volume, pode-se, então, também extrapolar o carbono total estocado nos batentes das portas, por apartamento, conforme a Tabela 8:

Tabela 8 – Carbono total estocado nos batentes das portas.

Db média (g/cm ³)	Volume total (cm ³)	Massa seca (g)	Massa seca (kg)	Carbono (kg)
0,942	46648	43932,200	43,932	21,966

Fonte: Do autor, 2017

4.4 Carbono estocado em peças estruturais de madeira por condomínio

A tabela 9 abaixo foi feita a partir da memória de cálculo de madeira total utilizada na parte estrutural de um condomínio em Belo Horizonte – MG, contabilizando as peças de madeira utilizadas para as fôrmas e telhados.

Tabela 9 – Carbono estocado em peças estruturais

Descrição do material	Volume (m ³)	Aplicação	Db (kg/m ³)	Massa seca (kg)	Carbono (kg)
Pinus - PONTALETE 65X65MM	184,17	Fôrma	400	73.668,00	558,23
Pinus - PONTALETE 70X70MM	29,39	Fôrma	400	51.756,00	25878
Pinus - SARRAFO 70x20MM	74,26737	Fôrma	400	29.706,90	14853,47
Escora <i>Eucalyptus urograndis</i>	53,76218	Fôrma	470	25.268,20	12634,11
Escora de <i>Eucalyptys urograndis</i>	19,32412	Fôrma	470	9.082,34	4541,169
PINUS -TABUA 250X20MM	12,3975	Fôrma	400	4.959,00	2479,5
PINUS -TABUA 300X20MM	3,08676	Fôrma	400	1.234,70	617,352
PINUS -TABUA 150X20MM	2,68476	Fôrma	400	1.073,90	536,952
PINUS - TABUA 200X20MM	0,5396	Fôrma	400	215,84	107,92
PINUS - PONTALETE 50X50MM	0,005	Fôrma	400	14.080,20	7040,1
EUCALYPTUS SALIGMA - PECA 200X 200MM	30,28	Telhado	465	10.749,00	5374,991
EUCALYPTUS SALIGMA - TABUA 300 X20MM	23,11824	Telhado	465	558,23	279,1163
<i>Eucalyptus saligma</i> - TABUA 250 X20MM	1,2005	Telhado	465		
TOTAL - Condomínio de 29.715,72 m ²	534,226				111.177,70

Fonte: Do autor, 2017

A obra possui apartamentos de tipologia padrão do programa MCMV, de uma das maiores construtoras filiadas ao programa. De acordo com a literatura, densidades básicas encontradas para as espécies destes materiais são de 470kg/m³ para clones de *E. urophylla* x *E. grandis* (MAURI et al., 2015), 400kg/m³ para *Pinus sp.* (IPT, 1089) e 465 kg/m³ para *Eucalyptus Saligma* (RIBEIRO, ZANI FILHO, 1993). Utilizando estes valores, encontrou-se o valor estimado de 111,2 toneladas de carbono estocado em peças estruturais de madeira, sendo 95,8 toneladas (88,58%) nas fôrmas e 127 toneladas (12,42%) nos telhados, para um condomínio popular de aproximadamente 30 mil metros quadrados, composto de 424 apartamentos.

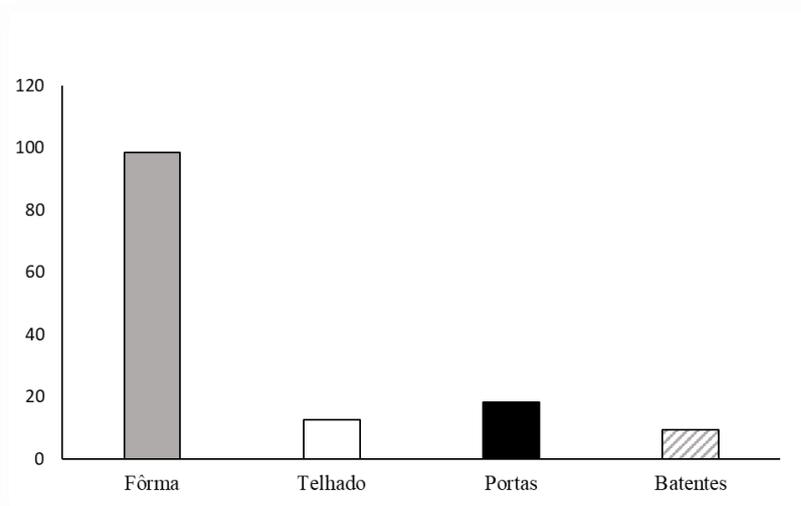
4.5 Carbono total estocado em uma construção

Extrapolando os valores de carbono estocado encontrados nas portas e batentes nos apartamentos, para um condomínio amostrado de 424 apartamentos, e somados ao valor de carbono estocado nas peças estruturais deste mesmo, obteve-se o carbono total utilizado na construção, conforme Tabela 13. Mesmo que haja variações nas tipologias e áreas internas dos apartamentos entre 36 e 50 metros quadrados, não há variação significativa no estoque de carbono do interior das residências, pois o número de portas e batentes, na maioria absoluta dos casos, não é alterada, compreendendo o conjunto de 4 unidades por apartamento.

Desta maneira, encontrou-se um valor médio estimado de, aproximadamente, 139 toneladas de carbono estocado em uma construção popular padrão MCMV, em Belo Horizonte MG.

Para detalhar de onde e quanto carbono está estocado nas construções, encontra-se no Gráfico 1 o estoque de carbono por estrutura:

Gráfico 1 - Estoque de Carbono na Construção por Estrutura



Fonte: Do autor, 2017

Mesmo sem muitos estudos específicos que quantifiquem o estoque de carbono na construção civil em diferentes regiões e que possibilitassem um comparativo direto, pela literatura é possível afirmar que o Brasil utiliza expressivamente menor quantidade de

madeira na construção civil em suas construções populares do que a maioria dos países desenvolvidos. Isso se configura uma desvantagem energética e ambiental do setor no país. Logo, também inferindo em um estoque de carbono relativamente abaixo do seu potencial.

4.7. Materiais concorrentes

A área interna das residências, que varia entre 36 e 50 metros quadrados, é majoritariamente revestida por porcelanato e/ou cerâmica nos pisos e rodapés. Enquanto o gesso é utilizado para o revestimento das paredes e tetos.

Para fins de reflexão, no caso dos pisos, descontando a área do banheiro e área de serviço, temos 30m² de área interna que poderiam ser revestidos de madeira. Considerando que as madeiras do mercado possuem 9mm de espessura e uma densidade empírica de 600 kg/m³, teríamos 162 kg de carbono estocado nos pisos em um apartamento. O que no caso não ocorre e avalia-se nesta parte um potencial importante para o estoque de carbono.

A tipologia dos apartamentos padronizados possui o conjunto de 4 janelas de alumínio com placas de vidro, das seguintes dimensões:

Janela da cozinha:

- Placa de vidro de 1,20m X 1,00 m
- Volume da borda de alumínio: 0,020 m³

Janela da sala de estar:

- Placa de vidro de 1,80m x 1,20m
- Volume da borda de alumínio: 0,027 m³

Janelas dos quartos (2 unidades):

- Placa de vidro de 1,20m X 1,00 m
- Volume da borda de alumínio por peça: 0,020 m³

Analisando estes valores, considerando outra possibilidade de aumento no estoque de carbono, apenas nas bordas das janelas, temos 0,087 metros cúbicos que poderiam ser substituídos por madeira, que com uma densidade empírica de 600 kg/m³, geraria 52,2 kg de carbono estocado em potencial por apartamento.

Constatou-se desta forma que os materiais concorrentes como porcelanato e cerâmica são expressivamente majoritários na construção de pisos e rodapés. O mesmo ocorre com vidro e alumínio para as janelas e com o gesso no revestimento de paredes e tetos. Ainda, o concreto, pode ser em boa parte substituído pela madeira na parte estrutural. Tudo isso infere a possibilidade de um enorme ganho de potencial de estoque de carbono nas construções, com o aumento do uso via substituição da madeira por estes materiais concorrentes.

Nestes usos de materiais concorrentes tem-se desvantagens energéticas, como o maior consumo para produção destes materiais, e ambientais, como o menor potencial de estoque de carbono. Sem contar o consumo posterior de energia residencial, devido ao menor conforto térmico, já não possuem as mesmas propriedades de isolamento térmico da madeira ou são inferiores neste quesito.

5 Considerações parciais/finais

É possível afirmar que o Brasil utiliza expressivamente menos madeira na construção civil do que poderia, inferindo em um estoque de carbono abaixo do seu potencial.

Os materiais concorrentes como porcelanato e cerâmica são expressivamente majoritários na construção de pisos e rodapés. O mesmo acontece com vidro e alumínio para as janelas e com o gesso no revestimento de paredes e tetos. O que se estima e exemplifica-se que nos pisos há um potencial de se estocar 162kg de carbono a mais por apartamento se caso fosse feito o uso de madeira para estes, enquanto que nas janelas há o potencial estimado de se estocar 52 kg de carbono por apartamento caso as esquadrias destas fossem de produtos madeireiros.

Atualmente, nas construções populares brasileiras, o maior potencial de estoque de carbono se encontra na parte estrutural das obras, especificamente na forma, com cerca de 98 toneladas e meia, em uma construção de um condomínio popular padrão, de 424 apartamentos e área total de aproximadamente 30 mil metros quadrados.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941-02 - Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6 p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/2363959/nbr-11941---densidade-basica-da-madeira>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

ARAÚJO, V. M.; CARDOSO, F. F. C. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**, 2010. Boletim Técnico. Universidade de São Paulo.

BARBISAN, A. O., SPADOTTO, A., DALLA NORA, D., TURELLA, E. C. L., & de Wergenes, T. N. (2012). **Impactos ambientais causados pela construção civil**. *Unoesc & Ciência-ACSA*, 2(2), 173-180.

BENATTI, J. H.; MCGRATH, D. G.; OLIVEIRA, A.C.M. Políticas públicas e manejo comunitário de recursos naturais na Amazônia. **Ambiente & sociedade**, v. 6, n. 2, p. 137-154, 2003.

FAO - Food and Agriculture Organization. Global Forest Resources Assessment Update 2005, Terms and Definitions. Roma, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/7797-0f7ba44a281b061b9c964d3633d8bf325.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

GOULARTE, B.S.; ALVIM, A.M. A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social. **Análise-Revista de Administração da PUCRS**, v. 22, n. 1, 2011.

GUSTAVSSON, L.; SATHRE, R. Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. **Building and Environment**, Duisburg, v.41, p. 940-951, 2006.

HUNG, C.; WEI C.; WANG, S, Y. LIN, F. The study on the carbon dioxide sequestration by applying wooden structure on eco-technological and leisure facilities. **Renewable Energy** v. 34, n. 8, p. 1896-1901, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/245189788_The_study_on_the_carbon_dioxide_sequestration_by_applying_wooden_structure_on_eco-technological_and_leisure_facilities>. Acesso em: 12 maio de 2017.

IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT Sistema de Informações de Madeiras Brasileiras. São Paulo: IPT, 1989b. 291p. (Relatório No 27 078). Disponível em < http://www.ipt.br/informacoes_madeiras2.php >. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras2.php>. Acesso: 18 jun. 2017.

KLOCK, U. MUÑIS, G. I. B., HERNANDEZ, J. A., DE ANDRADE, A. S. Química da Madeira. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Universidade Federal Do Paraná. 2005.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v.1, p.214.

MEIRELLES, C. R. M.; DINIZ, H.; SEGALL, M. L.; SANT'ANNA, S. S.: Considerações sobre o uso da madeira no Brasil em construções habitacionais in III Forum de Pesquisa FAO .MAKENZIE. São Paulo: 2007. Pesquisas Tecnológicas, 2009.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. dos S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/mudancas_climaticas_visao_tropical_integrada_das_ausas_dos_impactos_e_de_possiveis_solucoes_para_.pdf>. Acesso em: 02 maio 2017.

PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: **Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria**, 1995. Disponível em: < <http://www.estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/02/MADEIRA-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVI.pdf> >. Acesso em: 20 mar. 2017.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de Eucalyptus spp. **IPEF**, n. 26, p. 76 – 85, dez. 1993. Disponível em: <<https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/15cdae0411767d75?projector=1>>. Acesso em: 3 abr. 2017.

SOUZA, U.E.L.; DEANA, D.F. **Levantamento do estado da arte: Consumo de materiais**. Projeto Finep 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo, 2007.

VECHI, N.G.; GALLARDO, A. L.C.F.; TEIXEIRA, C.E. Aspectos ambientais do setor da construção civil: uma contribuição para a adoção de sistema de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços. **Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 1, p. 17-30, 2016.

ZENID, G.J. Madeira: uso sustentável na construção civil. **São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, v. 2, n. 1, p. 1-103, 2009.