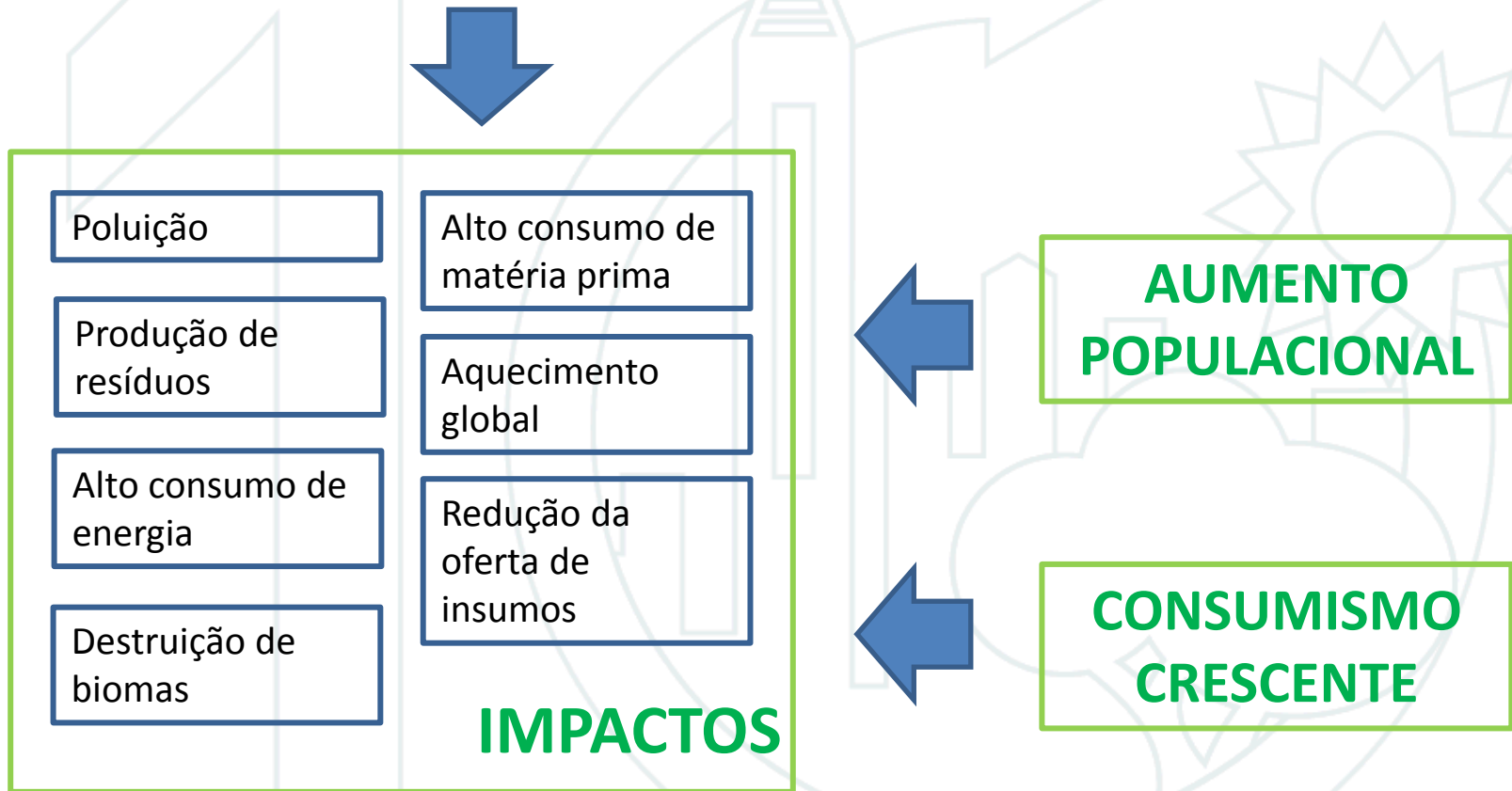




# Construção em Madeira e Edificação Circular: potencialidades para a sustentabilidade

**Autores:** Simone Fernandes Tavares – IAU USP / HABIS  
Akemi Ino – IAU USP / HABIS  
Aldo R. Ometto – DEP EESC USP

## EXTRAIR – TRANSFORMAR - DESCARTAR



## CONSTRUÇÃO CIVIL

- Consumo de **50%** dos recursos naturais (mundial)
- Consumo de **40%** da energia (mundial)
- Consumo de **16%** da água potável (mundial)
- Emissão de **6,7 %** de GEE (BR - uso)
- Alta geração de resíduos
- Alto emprego de mão de obra (2,5 milhões formais)
- Alto impacto no PIB do país



(GAUZIN-MÜLLER, 2011) (IPCC 2014)

Construção em madeira e edificação circular: potencialidades para a sustentabilidade

## ECONOMIA CIRCULAR ENQUANTO POSSIBILIDADE

A economia circular é **regenerativa** e **restaurativa** por princípio. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo. Desta maneira “(...) consiste em um **ciclo de desenvolvimento positivo contínuo** que **preserva** e **aprimora** o capital natural, **otimiza** a produção de recursos e **minimiza** riscos sistêmicos administrando estoques finitos e fluxos renováveis”

- Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis.
- Otimizar a produção de recursos evitando a geração de resíduos e fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade em diferentes etapas de uso.
- Fomentar a eficácia do sistema revelando as externalidades negativas e excluindo-as do projeto.

Ellen Macarthur Foundation, 2015.

# CONSTRUÇÃO CIVIL E DESIGN PARA A CIRCULARIDADE

- GELDERMANS, R. J., 2016. *Design for change and circularity – accommodating circular material & product flows in construction*. Energy Procedia 96, 301 – 311.
  - Trata a questão da economia circular na construção civil
  - Propõe o termo edificação circular, a ser alcançada através do DESIGN PARA A CIRCULARIDADE
- **DESIGN PARA A CIRCULARIDADE:**
  - Busca aumentar a durabilidade e permanência das construções, seu tempo de vida, pensando tanto em termos materiais quanto projetuais (espaço e uso), antecipando suas diferentes rotas de utilização.
  - Tem como conceitos chave o design para adaptabilidade e reciclagem, e projeto flexível. Para o autor, a flexibilidade das edificações promove a sua não obsolescência, possibilitando a sua customização de acordo com o desejo do morador, bem como adicionando valor para o investimento inicial realizado.

## DESIGN PARA A CIRCULARIDADE

### PROPRIEDADES INTRÍNSECAS MATERIAL

- alto grau de qualidade, com desempenho funcional;
- ser de origem sustentável, voltando a ser sustentável após o seu uso;
- Livre de elementos tóxicos;
- Ser consistente com o ciclo biológico e com o ciclo em cascata, ou seja, este material deve ter sua usabilidade garantida em diferentes ciclos de vida.

### PROPRIEDADES RELACIONAIS SISTEMA CONSTRUTIVO

- dimensões que possibilitem atender diferentes demandas;
- conexões secas e lógicas;
- tempo de desempenho compatível com o tempo de vida da edificação.

## DESIGN PARA A CIRCULARIDADE

### PROPRIEDADES INTRÍNSECAS + PROPRIEDADES RELACIONAIS

- Utilizar materiais com **composição conhecida**, de **alta performance** e **durabilidade**, **sustentável**, **não tóxico**;
- Ter o conceito de **projeto aberto** e **adaptável**, de maneira que possíveis mudanças evitem a perda de material e de sua qualidade, bem como a qualidade da edificação.
- Pensar em **padronização** de materiais e sistemas, de maneira a garantir a montagem e a desmontagem de sistemas e elementos construtivos. **Dimensões e conexões** são essenciais para um design adaptativo, assim como a padronização.

## OBJETIVO X METODOLOGIA X OBJETO DE ANÁLISE

- **Objetivo:** avaliar qual é o potencial da madeira serrada enquanto material e sistema construtivo que contribua para o Design para a Circularidade e a Edificação Circular, avaliando as características propostas por Geldermans (2016), em termos de propriedades intrínsecas e relacionais.
- **Metodologia:** Pesquisa exploratória desenvolvida através da análise sistemática da literatura;
- **Objeto de análise:** madeira serrada e sistema construtivo em pilar-viga (frame construction)



Madeira serrada. Fonte:  
<http://www.ecologflorestal.com.br/produtos.av>



<b>PROPRIEDADES</b>	<b>CRITÉRIOS ANALISADOS</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
Intrínsecas propriedades do material madeira	– Biodegradabilidade	Se facilmente absorvido e transformado pela natureza após o seu descarte;
	Reciclabilidade	Se possui diferentes tipos de uso e funções durante a sua vida útil, sem grandes transformações (energia) e perdas;
	Toxicidade	Se possui elementos tóxicos em sua composição, para o usuário e para o meio ambiente;
	Durabilidade / qualidade	Se a vida útil é longa, e se sua qualidade é mantida durante este tempo;
	Desempenho	Se o desempenho é compatível com o uso e com a vida útil do material;
	Origem (*)	Se de origem renovável ou não; natural ou artificial;
	Emissão de CO <sub>2</sub> (*)	Se há emissão de gases de efeito estufa durante sua transformação em material construtivo;
	Consumo energético (*)	Se utiliza grande quantidade de energia na sua transformação de matéria prima para material construtivo;
Relacionais propriedades do sistema construtivo pilar-viga	– Coordenação dimensional	Se existe relação entre as dimensões dos materiais e as dimensões dos ambientes projetados
	Padronização	Se os elementos, sistemas e materiais utilizados possuem um padrão, permitindo facilidade de alteração, sem grandes adaptações e perdas;
	Conexões secas	Se as conexões entre as partes da edificação podem ser separadas sem a sua destruição (conectores, parafusos);
	Durabilidade	Se a vida útil é longa, e se sua qualidade é mantida durante este tempo;
	Projeto aberto / adaptável / flexível	Se os espaços do projeto podem ser modificados com facilidade, sem obsolescência da edificação e dos materiais;
	Reciclabilidade	Se as partes da edificação podem ser reutilizadas, e se os espaços podem ser transformados facilmente;
	Facilidade de montagem e desmontagem	Se o projeto foi concebido para montagem e desmontagem através de sistemas conscientes de interfaces;
	Pré-fabricação / industrialização (*)	Se parte do processo construtivo é realizado em fábricas, ambiente de maior controle (qualidade, desperdício, etc.);

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS A SER ANALISADOS.

## PROPRIEDADES INTRÍNSECAS - MADEIRA

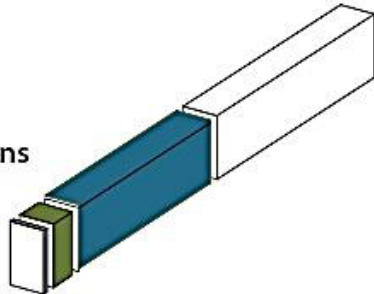
- Origem natural
- É renovável
- É reciclável
- É biodegradável
- É durável, se utilizada seguindo os parâmetros de projeto em madeira (grau de umidade, proteção contra agentes físicos biológicos, proteção contra umidade constante, classe de resistência).



- Incorpora carbono do ar, através da absorção de CO<sub>2</sub>, um dos gases responsável pelo efeito estufa, e só o devolve para a atmosfera em processo de queima ou degradação natural.

\* Ser proveniente de manejo florestal.

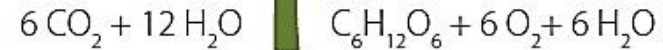
100 ft<sup>3</sup> of wood contains  
(absolutely dry)



0.65 tons of carbon  
0.55 tons oxygen  
0.1 tons of hydrogen  
minor amounts of other elements

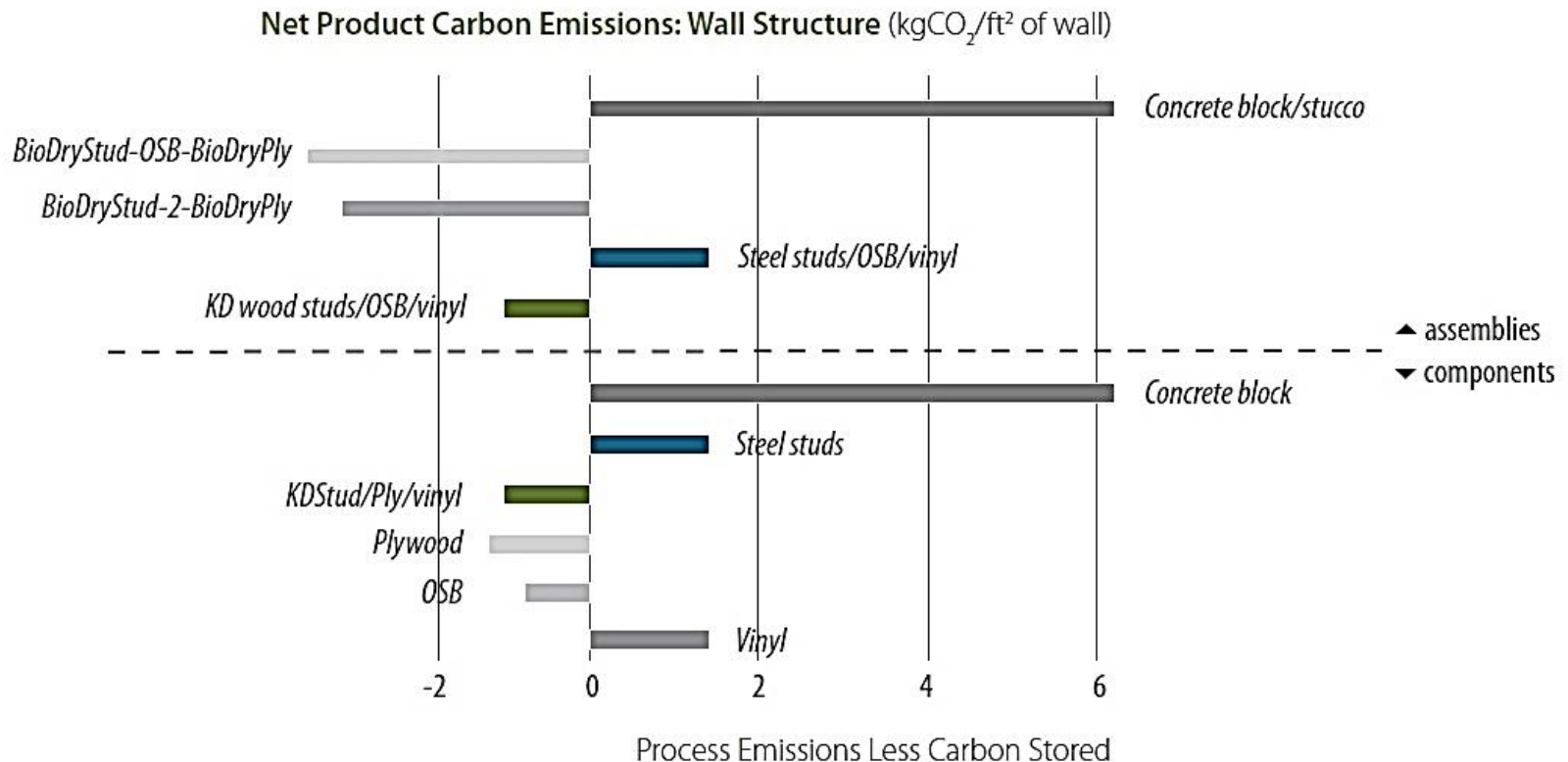
Elemento construtivo como depósitos de CO<sub>2</sub>. Fonte: Howe, 2015, p. 05

9,500 MJ solar energy  
0.9 t CO<sub>2</sub>  
0.5 t water  
Nutrient elements N, P, K, Mg, Ca



1 m<sup>3</sup> of wood = 9,500 MJ stored  
solar energy  
0.7 t oxygen  
0.3 t water

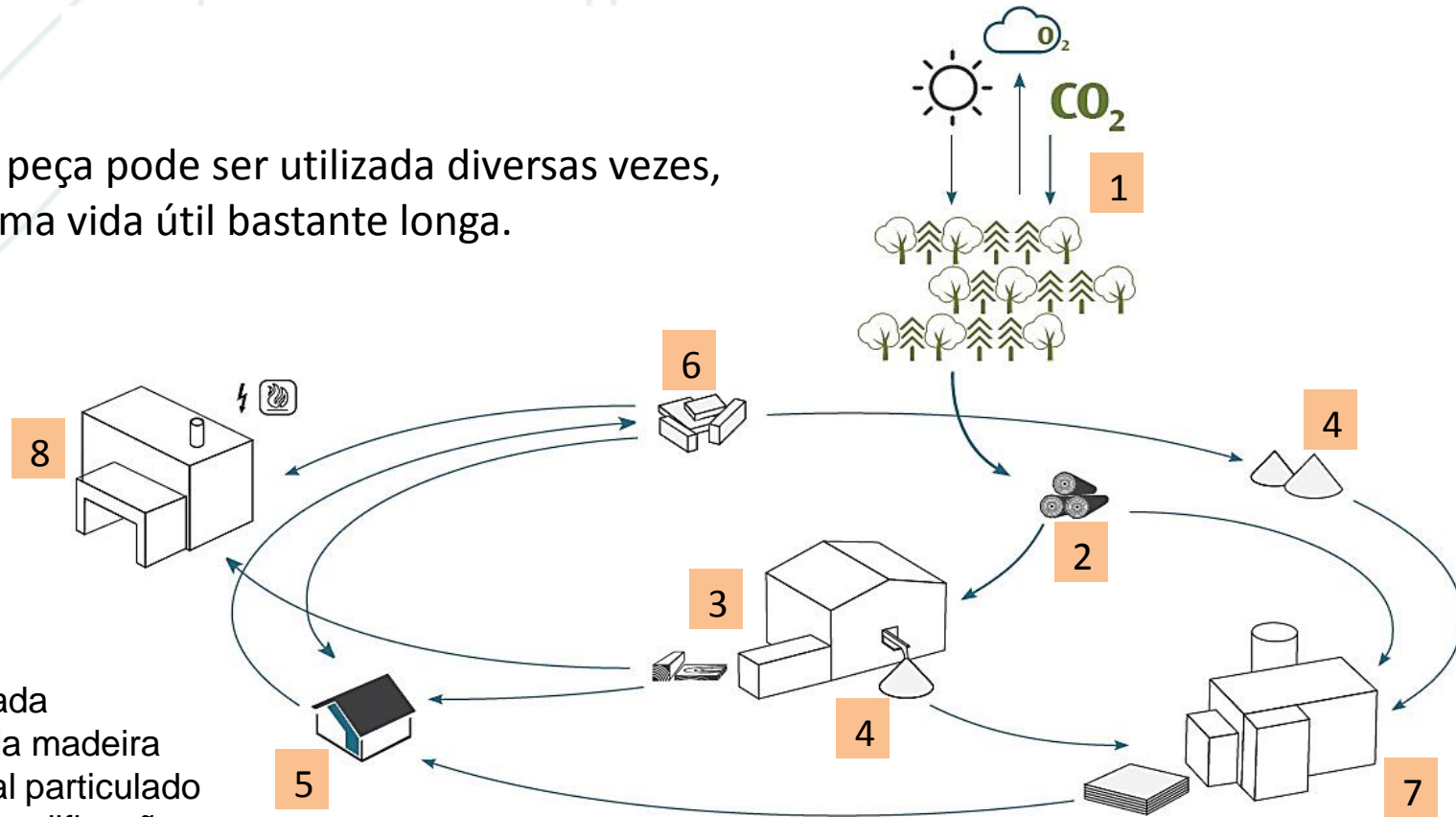
Processo de fotossíntese. Fonte: Howe,  
2015, p. 05



Source: Lippke & Edmonds, 2009

Comparativo de Produto Líquido de Emissões de Carbono: Estrutura de Parede. Fonte: Howe, 2015, p. 08

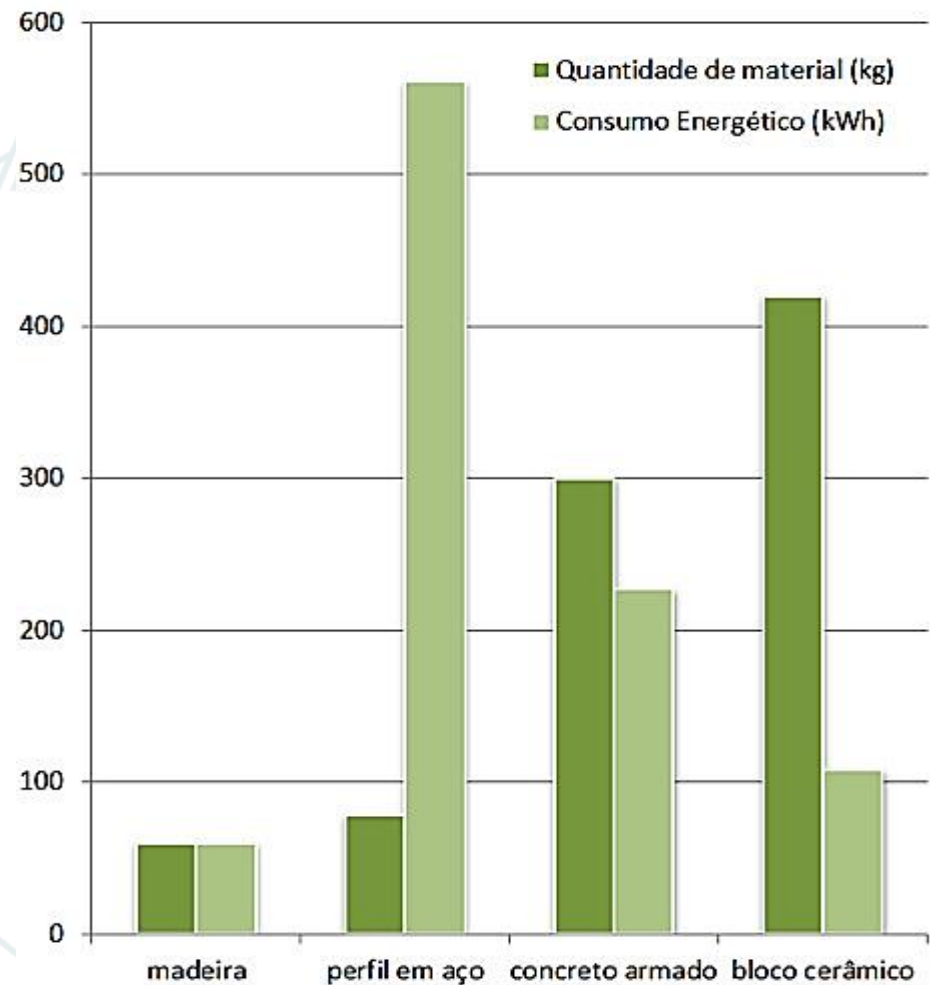
- Uma mesma peça pode ser utilizada diversas vezes, assumindo uma vida útil bastante longa.



1. Reserva florestal
2. Madeira desbastada
3. Processamento da madeira
4. Resíduo - material particulado
5. Uso da madeira – edificação
6. Recuperação da madeira – reuso / reciclagem
7. Processamento material particulado - chapas
8. Queima da madeira – produção de energia

Ciclo de vida da madeira = conservação, eficiência energética e reciclagem. Fonte: Howe, 2015, p. 12

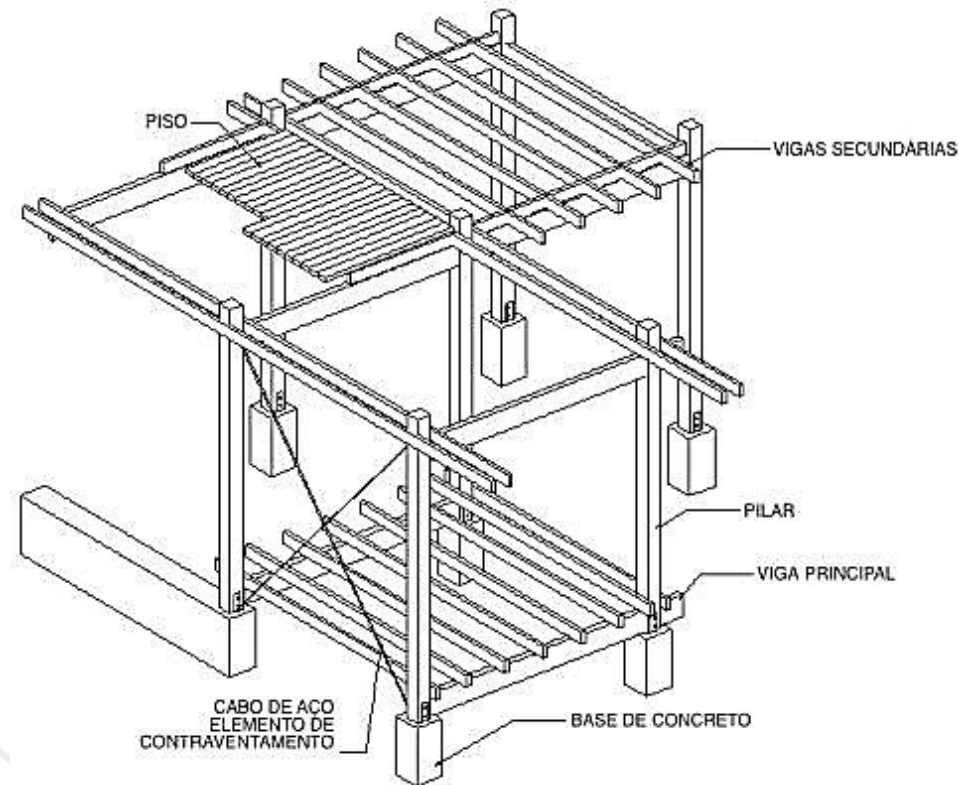
- É leve, o que favorece economia de materiais, processos de pré-fabricação e de transporte.
- Tem baixo consumo energético em sua transformação em elemento construtivo.



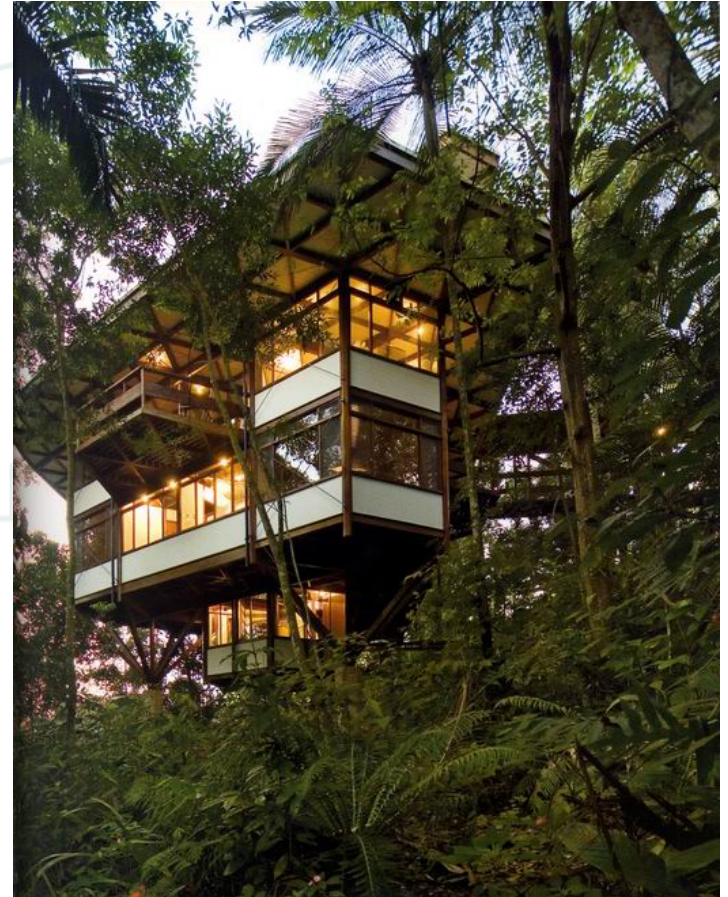
Comparação quantidade de material e consumo energético para um pilar de 3m de altura. Fonte: Kolb, 2008.

## PROPRIEDADES RELACIONAIS – SISTEMA PILAR-VIGA

- Um dos sistemas construtivos mais antigo e ainda empregado.
- Fechamento é independente da vedação;
- Segue uma malha modular – contribui para padronização de elementos construtivos;
- Segue modulação dimensional – pode potencializar o máximo aproveitamento dos materiais;



- Uso de conectores facilitam o processo de montagem e desmontagem.
- Como seguem um padrão, os elementos podem ser pré-fabricados.
- Elementos construtivos permitem diferentes arranjos;
- Ampla liberdade de projeto: fachadas, divisões espaciais.
- Maior flexibilidade e adaptabilidade dos ambientes.



Casa Marcos Acayaba. Fonte:  
<http://casaecia.clicrbs.com.br/eleoneprestes/2010/11/>



## POTENCIAL DO SISTEMA PILAR-VIGA EM MADEIRA MACIÇA

PROPRIEDADES	CRITÉRIOS ANALISADOS	POTENCIAL
Intrínsecas – propriedades do material madeira	Biodegradabilidade	médio
	Reciclabilidade	alto
	Toxidade	médio
	Durabilidade / qualidade	alto
	Desempenho	alto
	Origem (*)	-
	Emissão de CO2 (*)	baixo
	Consumo energético (*)	baixo
Relacionais – propriedades dos sistema construtivo em madeira serrada	Coordenação dimensional	alto
	Padronização	alto
	Conexões secas	alto
	Durabilidade	alto
	Projeto aberto / adaptável / flexível	alto
	Reciclabilidade	alto
	Facilidade de montagem e desmontagem	alto
	Pré-fabricação / industrialização (*)	alto

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Sistema construtivo pilar-viga em madeira maciça possui alto potencial para o Design para a Circularidade, atendendo de maneira efetiva todos os critérios relacionados às propriedades intrínsecas e relacionais destacadas por Geldermans (2016).
- Tem potencial para a sustentabilidade dentro do setor da construção civil. Cabe destacar que estes pontos positivos são válidos mediante o emprego de madeira de reflorestamento ou de manejo adequado, com áreas de exploração próximas aos centros consumidores.
- O design de produtos para a circularidade é um dos pontos fundamentais para a viabilidade da Economia Circular, em busca de modos mais sustentáveis de interação homem – natureza.
- Necessidade de analisar os aspectos sociais e econômico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ellen Macarthur Foundation, 2015. Rumo à economia circular. Ellen Macarthur Foundation. [www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-à-economia-circular\\_Updated\\_08-12-15.pdf](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-à-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf), acessado em dezembro de 2016.
- GAUZIN-MÜLLER, Dominique. *Arquitetura Ecológica*. SENAC: São Paulo, 2011.
- Geldermans, R. J., 2016. Design for change and circularity – accommodating circular material & product flows in construction. *Energy Procedia* 96, 301 – 311.
- HOWE, J. *Building with Wood: Proactive Climate Protection*. Dovetail Partners, Inc., 2015. Disponível em:  
<[http://www.dovetailinc.org/reports/Building+with+Wood+Proactive+Climate+Protection\\_n656?prefix=%2Freports](http://www.dovetailinc.org/reports/Building+with+Wood+Proactive+Climate+Protection_n656?prefix=%2Freports)>. Acessado em janeiro de 2017.
- IPCC. *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2014.
- Kolb, J., 2008. *Systems in timber engineering*. Birkhauser, Germany.