

## INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE (LCA) E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA PARA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

***Aline Lopes Gonçalves Porto<sup>1</sup>, Gisele Melo Delgado<sup>2</sup>, Francisca Julia Ferreira de Melo<sup>3</sup>, José Francisco Meireles Aleixo Junior<sup>4</sup>, Mauro Augusto Demarzo<sup>5</sup>***

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo -UNICAMP /Pós-graduação em Engenharia Civil/ Cidade Universitária Zeferino Vaz, Av. Albert Einstein, nº951, CEP 13.083-852, Campinas, SP, Brasil  
[alineporto@hotmail.com](mailto:alineporto@hotmail.com)

<sup>2</sup> Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo -UNICAMP /Pós-graduação em Engenharia Civil/ Cidade Universitária Zeferino Vaz, Av. Albert Einstein, nº951, CEP 13.083-852, Campinas, SP, Brasil  
[gisele.melo@gmail.com](mailto:gisele.melo@gmail.com)

<sup>3</sup> Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo -UNICAMP /Pós-graduação em Engenharia Civil/ Cidade Universitária Zeferino Vaz, Av. Albert Einstein, nº951, CEP 13.083-852, Campinas, SP, Brasil  
[juliafferreira@yahoo.com.br](mailto:juliafferreira@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Faculdade de Engenharia Elétrica -UNICAMP /Pós-graduação em Engenharia Elétrica/ Cidade Universitária Zeferino Vaz, Av. Albert Einstein, nº 951, CEP 13.083-852, Campinas, SP, Brasil  
[Aleixo\\_telecom@hotmail.com](mailto:Aleixo_telecom@hotmail.com)

<sup>5</sup> Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo -UNICAMP / Cidade Universitária Zeferino Vaz, Av. Albert Einstein, nº951, CEP 13.083-852, Campinas, SP, Brasil  
[demarzo@fec.unicamp.br](mailto:demarzo@fec.unicamp.br)

**Resumo-** A indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais e conseqüentemente grande geradora de poluição (resíduos e emissão de CO<sub>2</sub>). Este trabalho visa estabelecer indicadores de sustentabilidade do uso da madeira de reflorestamento na construção civil (Dando maior ênfase na análise da energia consumida), baseando-se no método "LCA" (Life Cycle Analysis), que avalia diferentemente aspectos em cada etapa do processo: floresta; processamento; pré-fabricação de componentes; montagem; uso e manutenção. Estabelece-se comparação entre sistemas construtivos utilizando outros materiais.

**Palavras-chave:** Indicadores de sustentabilidade, LCA, habitação em madeira, madeira de reflorestamento.  
**Área do Conhecimento:** Ciências Sociais Aplicadas

### Introdução

A exploração ambiental se intensificou muito nos últimos anos, sendo cada vez mais urgente a mudança de atitudes e de alguns conceitos em relação ao meio ambiente. Nos grandes centros urbanos, onde os problemas ecológicos são mais intensos do que no meio rural, constata-se uma deterioração da qualidade de vida, em parte devido às mudanças ambientais sofridas no planeta.

Desta forma é de grande importância estudos na área da construção civil, para avaliar materiais que causem menor impacto ao meio ambiente. Considerando que um produto deve ser avaliado por todo seu ciclo de vida, desde sua fonte de matéria-prima, sua produção, distribuição, utilização e despejo

A madeira ainda desempenha um importante papel na construção civil, incorpora um conjunto de características técnicas, econômicas e estéticas que dificilmente se encontram em outro material. Requer menor consumo energético em

seu processamento, colabora para reduzir a emissão de gases que contribuem ao efeito estufa (CO<sub>2</sub>) – indicador importante para classificação dos materiais em relação ao impacto ao meio ambiente. Outro aspecto relevante é a possibilidade de reutilização ou reciclagem do material, no final do processo de produção ou mesmo em cada uma das etapas da cadeia produtiva, resultando na menor quantidade de resíduos sólidos produzidos.

### Metodologia

A metodologia do presente trabalho é fundamentada no método LCA "Life Cycle Analysis" (Análise de Ciclo de Vida) – compreendendo cada uma das etapas da cadeia do uso da madeira, permitindo verificar os aspectos ambientais e os impactos potenciais associados a este material.

Como exemplo do LCA, LAWSON (1996) afirma que cerca de 75% da energia consumida na produção de madeira serrada localiza-se na etapa

de secagem. Já, na fase de tratamento, a energia consumida chega a aproximadamente 15%. Em muitos casos, a energia pode ser gerada nas etapas de produção pelo próprio resíduo resultante da madeira.

Na fase de construção, comparando três edifícios em Melbourne, Austrália, MCARDLE citado por LAWSON (1996) afirma que a energia embutida foi basicamente distribuída em: assoalhos/forro (43 - 52%); paredes internas e externas (20 - 30%) e telhados (2 - 8%). Em um dos casos, as colunas foram responsáveis por mais de 20% da energia da construção (figura 01).

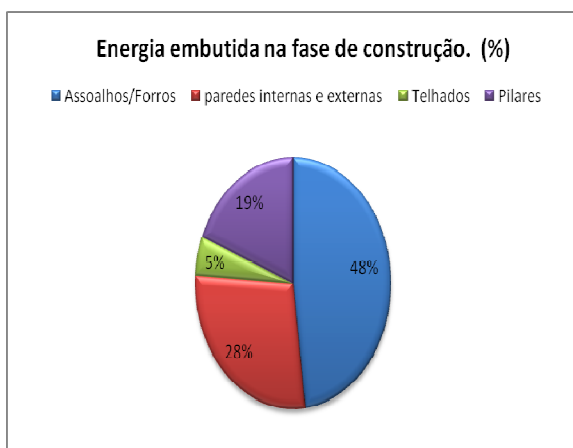


Figura 01- Energia embutida na fase de construção.

Segundo RICHTER (1998) citado por BARBOSA et al (2000), o LCA quando aplicado em materiais de construção, demonstra que a madeira apresenta consideráveis benefícios ambientais (Tabela 01). Estes aspectos positivos podem ser usados fortemente para a competitividade no uso deste material e derivados na construção. O método LCA coloca o foco no ponto de real importância, podendo ser utilizado para informar profissionais, construtores e autoridades administrativas públicas e privadas sobre qualidades ambientais no uso dos materiais.

Tabela 1- Comparação na fabricação da madeira, aço e concreto.

Material	Consumo de energia	Emissão de CO <sub>2</sub>	Impacto ambiental
Madeira	X	X	X
Aço	2,4X	1,45X	1,16X
Concreto	1,7X	1,81X	1,97X

## Resultados

## O Uso da madeira na construção civil

Na construção civil, a madeira é utilizada de diversas formas, em usos temporários, como: fôrmas para concreto, andaimes e escoramentos. De forma definitiva, é utilizada nas estruturas de cobertura, nas esquadrias (portas e janelas), nos forros e pisos.

### Madeira de Reflorestamento

A utilização da madeira de reflorestamento na construção civil enfrenta obstáculos e preconceitos maiores do que aqueles enfrentados pela madeira em geral.

As espécies mais utilizadas e conhecidas para reflorestamento são o eucalipto e o Pinus. Estas espécies têm rápido crescimento, seu plantio se concentra principalmente nas regiões sul e sudeste. Entretanto para regiões, como as florestas tropicais, o plantio dessas espécies não é indicado, por serem espécies que não fazem parte da flora local, e em consequência disso, muitas vezes, causam desequilíbrio ambiental.

Em decorrência destes fatores, o reflorestamento praticado na Amazônia, tornou-se um desafio, visto que são incipientes os estudos e pesquisas capazes de subsidiar a adoção de procedimentos técnicos adaptados às condições regionais. O comportamento de algumas espécies nativas às condições a que foram expostas, como plantio, solo, clima e tratamentos silviculturais, não foi satisfatório. Muitas delas sofreram severos ataques de pragas e fitomoléstias, outras não resistiram às podas em épocas e formas inadequadas.

A Teca (*Tectona grandis*) (figura 03) - apesar de não ser uma espécie nativa, também é uma madeira de florestas tropicais - é uma opção de madeira de reflorestamento dura e de alta qualidade, entretanto com poucos estudos em relação a plantios com ciclos de corte mais curtos.



Figura 03 – Plantação de Teca

A madeira da Teca é procurada no mercado internacional, por suas características, como o peso

de cerca de 650 quilos por metro cúbico, situando-se entre o cedro e o mogno. Possui boa resistência em relação ao peso, quanto à tração, flexão e outros esforços mecânicos, e é semelhante ao mogno brasileiro.

O reflorestamento com espécies nativas da Amazônia está ainda engatinhando e é bastante importante, pois poderá suprir de matéria-prima as indústrias madeireiras, e, assim, reduzir o desmatamento das florestas nativas.

A espécie *Shizolobium amazonicum* (Paricá), por apresentar rápido crescimento, fuste reto e madeira com elevada cotação no mercado interno e externo, vem sendo bastante cultivada pelas empresas madeireiras da região norte e nordeste do país. A casca é cinza com tonalidade bastante clara. A espécie pode alcançar de 20 a 30 metros de altura, e atingir até um metro de diâmetro.

Para garantir que a madeira de reflorestamento com qualidade seja utilizada na construção civil a custos acessíveis à maioria da população, são necessários esforços e ações conjuntas de pesquisadores, empresários e principalmente administradores públicos, no sentido de conscientizar os usuários quanto às vantagens desse material definindo parâmetros para aumentar a produtividade e durabilidade dos componentes, e propor procedimentos de controle nas várias etapas do processo de produção (RAMPAZZO e SPONCHIADO, 2000).

A madeira de reflorestamento representa inegavelmente aspectos que contribuem para o equilíbrio do meio ambiente: permite a proteção ao uso das florestas nativas, protege os solos, as nascentes e cursos d'água quando corretamente manejadas; contribui para o efeito estufa com retenção de CO<sub>2</sub> da atmosfera; contribui para renda através de impostos; além de representar um produto competitivo na economia globalizada (BRANDÃO, 1997).

### Indicadores de Sustentabilidade

Em cada uma das etapas envolvidas no processamento da madeira podem ser analisados diversos indicadores que sinalizam possíveis impactos ao meio ambiente, seja em nível global, local ou em relação aos próprios usuários.

Alguns indicadores de sustentabilidade no processo produtivo podem ser citados, como: consumo de energia; produção de resíduos; emissão de substâncias nocivas ao meio ambiente; consumo de recursos renováveis; uso de combustíveis fósseis; grau de reciclagem e reutilização dos materiais; durabilidade dos materiais ou da própria edificação; aproveitamento de recursos locais, assim como da cultura local, no sentido de contribuir para o desenvolvimento regional, entre outros.

Consumir madeira significa cultivar a floresta: madeira cresce com o auxílio de energia solar, água e de nutrientes do solo, sem consumo de energia secundária. A floresta acumula dióxido de carbono e produz oxigênio, melhora o clima, filtra o ar, purifica a água, previne enchentes e erosão. O cultivo racional da floresta e o uso da madeira trazem resultados. Usar madeira é armazenar a longo prazo CO<sub>2</sub> (STUMPP, 1997).

### Consumo de Energia

Na quantificação do consumo de energia nas construções, em geral, era considerado somente o processo básico da produção dos materiais e dos componentes construtivos e o uso do edifício (aquecimento, refrigeração e iluminação). Porém, em recentes pesquisas, revela-se a importância de quantificar a energia embutida no material desde a extração, passando pela transformação da matéria-prima, até chegar ao componente acabado, uso e demolição, classificando, assim, os materiais de menores gastos energéticos dentro de um processo cíclico de produção.

O maior consumo de energia está empregado na extração e transporte de matéria prima, em especial pela dispersão espacial e da distância das jazidas aos centros de produção e/ou consumo.

A energia necessária para derrubar cortar e transportar madeira tem sido estimada, segundo Pearson (1989, p. 128) citado por Barbosa (2000), em 580 kWh/ton.

Tomando este dado como guia, temos os seguintes custos energéticos para produção dos respectivos materiais (figura 04):

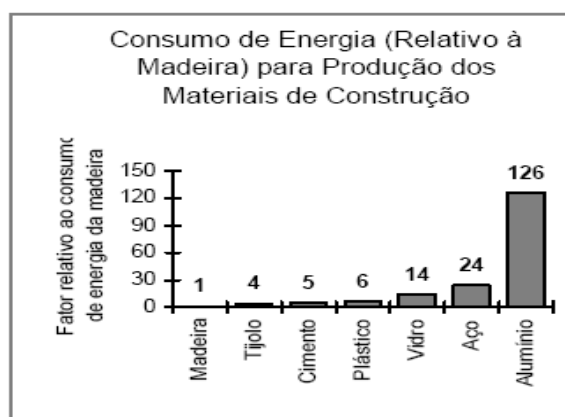


Figura 04 – Consumo de energia de materiais da construção.

Na Austrália, as edificações são responsáveis por cerca de 25% de todo o consumo de energia no país, nos Estados Unidos em torno de 40% e no



Reino Unido cerca de 45%. (SZO-KOLAY, 1997). Atualmente as decisões no modo de produção devem considerar a energia embutida e o peso que representa para o meio ambiente.

Para arquitetos e engenheiros, de acordo com o código alemão, devem ser considerados também: planejamento urbano; design; funcionalidade; tecnologia; características físicas das construções; economia; gastos com energia e a ecologia da paisagem. Em relação a exigências no uso da energia, ela deve ser diferenciada em: eficiência do uso e o uso de energias renováveis. A madeira, no código alemão, foi classificada como um dos materiais de construção que satisfaz a todas estas exigências (VOLZ, 1998).

Na construção de 100 000 casas na Austrália, se fossem de estrutura de aço, haveria uma adição no consumo de energia de  $12 \times 10^9$  MJ e seriam liberados milhões de toneladas a mais de CO<sub>2</sub>. Esta energia adicional poderia abastecer o consumo de energia de 6500 casas por 50 anos.

Materiais como o cimento e o aço consomem grande energia na sua fabricação. Neste caso, a madeira é usada em forma de combustível (carvão), com uma constante liberação de dióxido de carbono na atmosfera

## Discussão

A energia usada durante o tempo de vida de uma construção é um dos itens mais importantes para a análise do impacto ambiental neste setor.

Por esta razão, na escolha dos materiais de construção e na elaboração do projeto, deve ser necessariamente considerado o consumo de energia, tanto para a fabricação quanto para a eficiência no uso da edificação.

Segundo WINTER (1998), usando a madeira para construção economiza-se em duas etapas a quantidade de energia: uma na formação da matéria-prima que se faz através da absorção da energia solar (fotossíntese) e a outra com o consumo de energia necessária para a usinagem da madeira. Apresenta ainda vantagem em relação ao consumo de energia para o processamento e montagem da construção e, sobretudo, quanto ao aproveitamento de seus resíduos como energia calorífica.

## Conclusão

O LCA permite a análise do impacto ambiental em todos os estágios da vida dos materiais, possibilitando ainda fazer comparações entre o desempenho de diferentes materiais.

A madeira possui um potencial altamente favorável ao meio ambiente para utilização como material de construção, por representar um recurso

renovável, não fóssil, de baixa demanda energética em seu processo de produção e com grandes possibilidades de aproveitamento do poder calorífico dos resíduos produzidos. Não se pode esquecer o fato de que tem um importante papel como medida estratégica na diminuição da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, incentivando o reflorestamento (manejo florestal adequado à região) e uso desta matéria-prima para produção habitacional.

## Referências

- BARBOSA, J.C; INO, A; SHIMBO, I. (2000) Sustainable indicators in the productive cycle of reforested wood housing. In: World Conference on Timber Engineering, WCTE'00, 2000, British Columbia. World Conference on Timber Engineering, WCTE'00,
- BRANDÃO, L.G. (1997). *Desafio Florestal Brasileiro*. In: SBS - Silvicultura, Ano XVIII, n.73, Set./Dez, 23-29P.
- LAWSON, Bill (1996). Building Materials Energy and Environment – towards ecologically development, University of New South Wales, Australia, 123p.
- PRESCO (1999). Energy, Environmental and Sustainable Development – European Thematic Network on Practical Recommendations for Sustainable Construction, EC 5th Framework Programme, 46p.
- STUMPP, Eugen. (1997). Madeira. Estudos Tecnológicos Unisinos – Engenharia. Gráfica UNISINOS.
- SZOKOLAY, Steven (1997). The Environmental Imperative, Anais: PLEA – passive and Low Energy Architecture, Kushiro, Japão.
- RAMPAZZO, S. E. e SPONCHIADO, M. O. (2000). O uso da madeira de reflorestamento na construção civil com enfoque na habitação. Erechim.
- VOLZ, Michael (1998). The ecological challenge in architecture and urban planning. in: 5th World Conference of Timber Engineering, August 17-20, V.I, Montreux, Switzerland, 649-645p.
- WINTER, Wolfgang (1998). Economical and ecological aspects os multistory timber building in Europe. in: 5th World Conference of Timber Engineering, August 17-20, V.I, Montreux, Switzerland, 664-668p.