



## Avaliação do ciclo de vida de emissões de CO<sub>2</sub> para produção comercial de escoras de bambu

Vitor Hugo Silva Marçal<sup>1,a</sup>, Lucas Rosse Caldas<sup>1,b</sup>, Rosa Maria Sposto<sup>1,c</sup>,

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Brasil

<sup>a</sup>vitor\_vhsm@hotmail.com, <sup>b</sup>lrc.ambiental@gmail.com, <sup>c</sup>rosasposto@gmail.com

**Palavras-chave:** Escoras de bambu, *Dendrocalamus asper*, emissões de CO<sub>2</sub>.

**Resumo.** Com o crescimento de um pensamento sustentável, a utilização de materiais não convencionais na construção civil brasileira se torna cada vez mais frequente. Um número expressivo de construções vem sendo desenvolvido com técnicas que utilizam elementos naturais com funções estruturais e arquitetônicas. Neste contexto, o uso do bambu surge como uma possível solução para o desenvolvimento de sistemas estruturais inovadores, substituindo alguns elementos no processo construtivo convencional brasileiro. No entanto, é importante saber, se de fato, a utilização de materiais e/ou sistemas não convencionais são mais vantajosos quando comparados aos convencionais, em termos de aspectos ambientais, como consumo de energia e água, e de geração de: gases de efeito estufa (GEE) e resíduos. Dentre esses aspectos ambientais, as emissões de CO<sub>2</sub> ocupam uma posição de destaque por estarem associadas ao efeito estufa e ao aquecimento global, que pode ser considerado o impacto ambiental mais discutido dos últimos anos em nível nacional e internacional. Tomando-se como base o sistema de escoramento de habitações no Brasil, o uso de escoras de bambu pode vir a ser uma boa alternativa ao escoramento com eucalipto, já que há uma previsão de haver uma geração menor de CO<sub>2</sub> na sua produção comercial. Neste sentido, se faz necessário a quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas para a produção e transporte de escoras de bambu voltadas para habitações unifamiliares. Os valores de emissões de CO<sub>2</sub> para a produção destas escoras foram estimados mediante uso de dados encontrados na literatura. Estes valores foram comparados com escoras de madeira de eucalipto, as mais utilizadas nestas habitações. Para isto, foi utilizada a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO<sub>2</sub> (ACVCO<sub>2</sub>) aplicada a um estudo de caso. Foram consideradas as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas a respiração do plantio durante os primeiros 10 anos e para o transporte das escoras até o canteiro de obras. O bambu apresentou uma maior quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> por kg de biomassa produzida no plantio. Porém, a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido para o material de bambu necessário como escoras na habitação modelo foi menor comparado ao eucalipto, 34 % inferior para produção e quase 50 % menos emissões para o transporte.

### 1. Introdução

Devido ao constante crescimento de um pensamento sustentável, a utilização de materiais não convencionais na construção civil se torna cada vez maior. Um grande número de construções vem sendo desenvolvidas com técnicas que utilizam elementos naturais com funções estruturais e arquitetônicas, sendo o bambu já utilizado em obras de pequeno, médio e grande porte. Apesar do bambu não ser utilizado com frequência, como escoras, em obras brasileiras, o seu uso pode se tornar realidade devido as potencialidades do material.

O uso do bambu surge como uma possível solução para o desenvolvimento de “novos” sistemas estruturais, substituindo alguns elementos no processo construtivo convencional. A utilização do bambu não é nenhuma ideia inovadora - o mesmo já foi utilizado por diferentes culturas antigas para produção de ferramentas, mobiliário, moradias, entre diversos usos [1]. Sua utilização atual é bastante significativa, sendo em alguns países utilizado de forma normatizada na construção civil como: Colômbia, Peru e Índia.

A utilização do bambu como escora, apesar de não ser usual, pode se tornar realidade em nosso país. Varas de bambu possuem resistência para suportar cargas interessantes e seu peso facilita o transporte e manuseio.

A especificação de materiais sustentáveis tem sido alvo de alguns projetos no cenário atual. Por este motivo a busca por materiais que possam ser tão eficientes quanto outros, mas com menor impacto, tanto na produção quanto no descarte, se torna necessário. A escolha de alguns critérios ambientais como consumo de energia, emissões de CO<sub>2</sub>, pegada hídrica, entre outros, podem ser muito úteis para comparar os diferentes tipos de materiais e seus impactos e custos ambientais.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho consistiu na quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> para a produção e transporte de escoras de bambu em comparação com escoras de eucalipto para uma habitação unifamiliar localizada em Brasília –DF.

## 1.1 Bambu

A cultura do bambu é condizente com preceitos de sustentabilidade, já que por ser uma planta perene, de rápido crescimento e produção anual de colmos, pode ser rapidamente implementada e explorada no campo e, se adequadamente manejado, pode ser utilizado geração após geração por longos períodos de tempo num mesmo local [3]. A exploração da cultura do bambu e sua cadeia produtiva podem beneficiar o meio ambiente e gerar renda e emprego, contribuindo para fixar o homem ao campo. Por se tratar de uma planta perene, renovável e que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantio, o bambu apresenta um grande potencial agrícola [2].

O que diferencia o bambu de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade. Dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu adquire resistência mecânica estrutural. Somam-se às suas características favoráveis uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, um baixo peso específico, uma geometria circular oca, otimizada em termos da razão resistência mecânica/peso do material [3].

Colmos jovens (1 a 2 anos) são considerados imaturos, com propriedades de resistência diferentes dos maduros (3 ou mais anos), motivo pelo qual devem ser deixados na moita para que completem sua maturação. Para uso estrutural ou quando se necessita de maior resistência dos colmos, estes devem ser cortados com no mínimo três anos de idade, devido as suas melhores características de resistência, sendo um conceito geral que os bambus estão maduros com cerca de três anos, quando alcançam sua máxima resistência. A maior resistência dos colmos de bambu ocorre entre os 3 e os 7 anos, quando então começa a secar na moita e diminuir suas propriedades de resistência. A vida útil de um colmo de bambu é de, aproximadamente, 10 a 12 anos, quando seca e não tem mais utilidade para o rizoma [1,2,3].

O presente trabalho limita o estudo sobre o bambu em forma de escoras, sendo esse o mais simples elemento estrutural que pode ser desenvolvido com o bambu roliço, possuindo propriedades físico mecânicas mínimas para construção civil [7]. O uso de escoras de bambu em obras e estruturas de andaime com bambu (Fig. 1) demandam conhecimento sobre o material e técnicas de montagem específicas, mas de fácil aprendizado [1]. O bambu também pode ser empregado em outras etapas da obra, principalmente em construções rurais e de baixo custo [4].



Figura 1: Exemplos de escoras e andaimes em bambu na Colômbia. Fonte: Um dos autores, (2010)

### 1.2 Bambu *Dendrocalamus asper*

O bambu *Dendrocalamus asper* (Fig. 2) se destaca pela excelente qualidade e resistência de sua “madeira”. É uma espécie asiática, originada no Sudeste da Ásia, provavelmente natural da Malásia, introduzida e cultivada em vários países tropicais [5]. Seus colmos são altamente prezados como material de construção, apresentando parede espessa, e diâmetro de até 25 cm, e ainda, o broto dessa espécie é considerado um dos melhores para alimentação. É um bambu de porte gigante, que apresenta colmos de 15 a 25 metros de altura, comprimentos dos entrenós de 30 a 50 cm e diâmetro dos colmos entre 12 e 25 cm. É importante ressaltar que essa espécie, é algumas vezes, erroneamente classificada como *Dendrocalamus giganteus* [6].



Figura 2: Touceiras de bambu *Dendrocalamus asper*. Fonte: Um dos autores (2011)

### 1.3 Desenvolvimento (produtividade) do bambu

Para uma mesma espécie o diâmetro dos colmos é função da idade da moita e das condições locais. O diâmetro médio dos colmos de uma dada espécie é também influenciado pelo meio ambiente, principalmente pelo solo e clima [2]. A taxa de crescimento do bambu pode ser melhorada pelo uso de fertilizantes e irrigação.

O colmo do bambu completa seu crescimento poucos meses após o surgimento do broto, alcançando sua altura máxima em um máximo de 180 dias para as espécies gigantes. Os colmos brotam anualmente, geralmente na estação das chuvas e estes brotos podem se alongar continuamente de 20 cm até 1 m diários, dependendo da espécie [3]. Após este período inicial de crescimento o colmo começa o processo de amadurecimento que dura até cerca de três anos, quando suas propriedades de resistência mecânica estão desenvolvidas [7].

Dependendo da espécie e das condições locais, 5 a 10 novos colmos são formados anualmente, o que, sob condições naturais, ocorre sempre no verão ou até outono, mas, via

de regra, os novos colmos se formam na estação chuvosa seguinte a uma estação seca. Os novos colmos crescem em diâmetro e altura anualmente, até que há uma estabilização nas dimensões dos colmos após alguns anos, o que provavelmente deve significar que as moitas atingiram sua maturidade em termos de dimensões e produção [2,3].

### 1.3.1 Produtividade do bambu *Dendrocalamus asper*

Devido as características inerentes a essa espécie de bambu, seus plantios comerciais são crescentes. Porém o acesso a informações sobre produtividade, custos e retornos econômicos ainda são pequenos. Para estimar a quantidade de biomassa produzida em um plantio comercial de bambu *Dendrocalamus asper* para produção de colmos serão utilizados dados encontrados na literatura.

Segundo pesquisas realizadas em 23 touceiras plantadas no ano de 1994 na Unesp de Bauru, com espaçamento de 8 x 8 metros, foram coletados os valores de biomassa colhidas do 4° ao 8° ano de produção, além dos valores de: produção anual de novos colmos por moita, diâmetro a altura do peito desses colmos e altura total dos colmos [3]. Com esses dados é possível visualizar o tempo necessário para adaptação da touceira, chegando a parâmetros com pouca variância depois de 10 anos de plantio.

Os valores para Biomassa produzida por touceira somente foram coletados até o 8° ano, porém para o presente trabalho serão necessários valores dos 10 primeiros anos. O valor de 11.500\* kg foi sugerido, em consenso com o pesquisador do estudo [3] para a produção anual do 9° e 10° ano.

Tabela 1: Produtividade do Bambu *Dendrocalamus asper* plantados em 1994. Fonte: [3] com adaptações.

	Ano após plantio	N° de colmos por moita	Diâmetro[cm] [DAP]	Altura [m]	Biomassa [Kg]
1998	4°	8,4	6,9	11,7	4.188
1999	5°	8,9	8,2	13,8	6.888
2000	6°	9,9	8,9	14,6	8.196
2001	7°	10,1	9,9	17,5	12.383
2002	8°	8,5	11,7	17,4	11.344
2003	9°	9,4	11,3	17,4	11.500*
2004	10°	7,6	12,1	18,6	11.500*
2005	11°	8,6	11,9	18,4	X
2006	12°	9,8	12,4	19,2	X
2007	13°	4,5	11,8	19,1	X
2008	14°	12,8	12,3	19,3	X
2009	15°	8,6	12,7	19,9	X
2010	16°	10	13,7	21,1	X
2011	17°	9,7	13,6	21	X

### 1.4 Eucalipto

O Eucalipto é o gênero muito plantado no Brasil, cobrindo milhões de hectares, intensivamente manejados para a produção de carvão, celulose, peças de madeira sólida e outros produtos derivados de madeira como: compensados, aglomerados e chapas de fibra. Em geral, verifica-se uma tendência dos plantios jovens a realizarem maiores trocas gasosas, provavelmente devido às maiores taxas de crescimento, da parte aérea e das raízes [8].

### 1.4.1 Desenvolvimento (produtividade) do Eucalipto.

Para estimar a quantidade de biomassa produzida em um plantio comercial de eucalipto foram utilizados dados de literatura [9], para produção de madeira de eucalipto, apresentada em m<sup>3</sup> por hectare. Os valores foram adaptados para maximizar a produção no tempo e espaço considerado para o presente estudo.

Tabela 2: Produtividade de um plantio de 1 hectare de eucalipto e árvores nativas. Fonte: [9]

Ano	Desbastes (N° de árvores colhidas)	Volume produzido (m <sup>3</sup> )	Eucaliptos	Nativas
Ano 0	-	-	1261	405
Ano 5	613 eucaliptos	99	500	-
Ano 10	198 eucaliptos	88,9	300	-
Ano 15	99 eucaliptos	62,6	200	-
Ano 20	200 eucaliptos	228	0	-
Total	1110	478	0	-

### 1.5 Avaliação do ciclo de vida (ACV)

Todo produto causa algum tipo de impacto no meio ambiente, não apenas quando ocorre seu descarte, mas durante todo seu ciclo de vida. Começando pela extração da matéria prima, transmitindo ao meio ambiente: poluições, resíduos e emissões [10].

Avaliação do Ciclo de Vida – **ACV** – é uma metodologia desenvolvida para definir o perfil ambiental de um produto ou um processo. Nela são definidos os objetivos e escopo, determinando assim as fronteiras do estudo (temporal e geográfica), a quem se destinam os resultados, os critérios de qualidade, as regras de corte e as categorias de impacto a serem consideradas [11]. No entanto, devido à complexidade desta ferramenta, em alguns casos, alguns estudos têm tido como foco a avaliação das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo denominada por Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO<sub>2</sub> (ACVCO<sub>2</sub>).

#### 1.5.1 ACVCO<sub>2</sub>

A ACVCO<sub>2</sub> é baseada na ACV priorizando nos dados as reações químicas e os consumos diretos e indiretos para emissões de CO<sub>2</sub> durante o processo [12].

A Análise de Inventários consiste na coleta dos dados que representam os fluxos de emissões de CO<sub>2</sub> que saem das diversas etapas do ciclo de vida do produto, dentro das fronteiras estabelecidas. Ao final, na fase de Interpretação busca-se identificar as questões significativas do estudo, checar a integridade, a sensibilidade e a consistência dos resultados e definir as conclusões, as limitações e as recomendações do estudo [10].

#### 1.5.2 ACVCO<sub>2</sub> Bambu

A avaliação do ciclo de vida de emissões de CO<sub>2</sub> considera as emissões relacionadas as diferentes partes inerentes ao estudo a ser desenvolvido [13], no caso do presente trabalho, as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas a respiração da planta. Essa avaliação permite que as quantidades de emissões de CO<sub>2</sub> para a implantação de um plantio comercial de bambu, possam ser estimadas e comparadas com outras culturas de plantio e produção de madeira [14]. Podendo assim permitir a verificação de qual a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> é menos poluente quando comparadas a quantidade de material necessário para a obra.

Durante o crescimento do bambu, um dos mais rápidos do reino vegetal [1], existe uma absorção de carbono pela planta. Esse carbono estocado pode auxiliar na diminuição do aquecimento global e na quantidade de carbono existente na atmosfera [15]. Porém esse

carbono presente no bambu, eventualmente, retornará para o meio ambiente quando o material for decomposto ou queimado [12]. O tempo necessário para esse retorno é difícil de ser mensurado. De qualquer forma, a respiração da planta também é um fator de devolução de CO<sub>2</sub> para a atmosfera [8].

A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pelo bambu em relação a massa produzida pode ser mensurada por dados encontrados na literatura. A respiração libera 61% do total de CO<sub>2</sub> absorvido pela plantação de bambu [16]. Diversas espécies de bambu apresentaram valor médio de 52,00% de carbono no peso total de sua biomassa [17].

## 2. Metodologia

### 2.1 Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> do Bambu e Eucalipto

Para avaliar a quantidade de CO<sub>2</sub> emitido para a produção de escoras de bambu, é necessário limitar as fronteiras do estudo. A área utilizada é de 1 hectare plantado. O tempo necessário para a adequação das touceiras, produzindo assim indivíduos com características adultas e produção comercial, é de 10 anos, com produção anual de colmos de bambu maduros e selecionados para uso como escoras, e possivelmente outros elementos estruturais, a partir do 10º ano.

Foram calculadas as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas a respiração do plantio pelo tempo e espaço determinado (Fig 3).

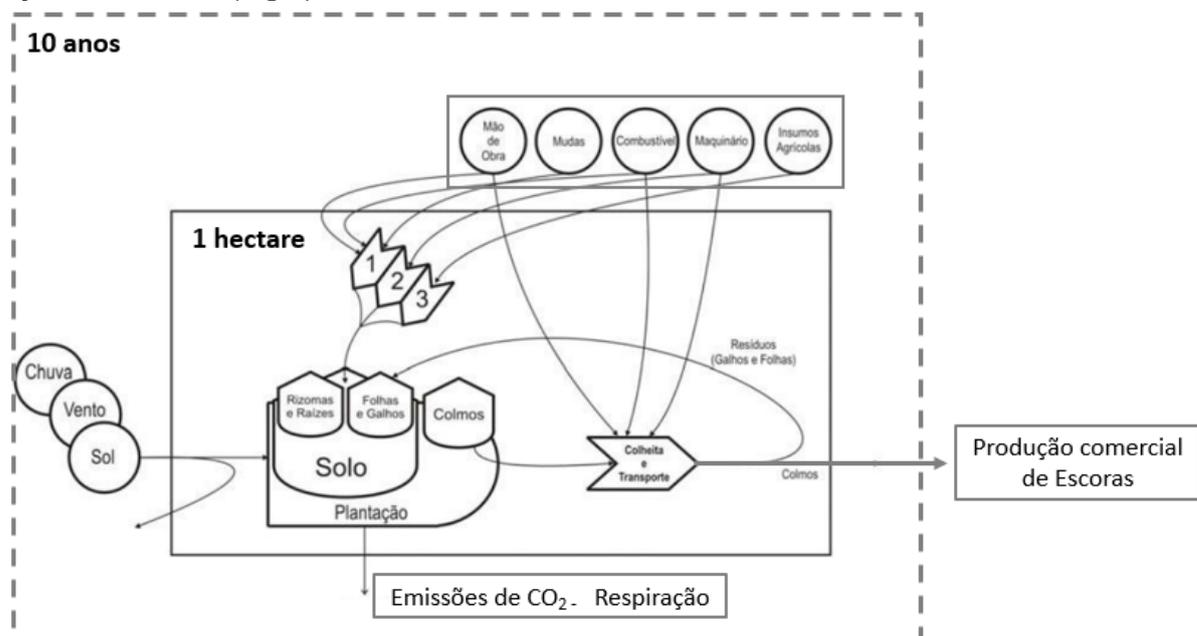


Figura 3: Diagrama de ACVCO<sub>2</sub> para produção comercial de escoras. Legenda: 1 – Plantio e manejo, 2 – Cuidados com o solo, 3 – Aplicação de insumos. Fonte: [14] adaptado.

Para o cálculo da biomassa produzida durante os 10 anos de implantação de um plantio comercial de 1 hectare de bambu, foram utilizados dados de literatura [3]. Seguindo o espaçamento de 8 x 8 metros entre touceiras, foi proposto o número de 150 touceiras por hectare. O valor total de biomassa foi calculado da seguinte forma (Tabela 3):

- Soma do peso das biomassas colhidas nos 10 primeiros anos = 66.000 kg
- Divisão desse valor pelo número de touceiras =  $66.000 \text{ Kg} \div 23 = 2.869,75 \text{ kg}$
- Multiplicação do peso produzido por touceira pelo total de touceiras em 1 hectare =  $2.869,75 \text{ Kg} \times 150 = 430.434,78 \text{ kg}$
- Divisão do peso total produzido em 1 Hectare pela densidade média da madeira de bambu [3] =  $430.434,78 \text{ Kg} \div 800 \text{ kg/m}^3 = 538,04 \text{ m}^3 \text{ madeira de bambu}$ .

Tabela 3: Valores de produção de biomassa para o bambu.

Densidade do bambu (Kg/m <sup>3</sup> )	10 anos				1 Ano
	Biomassa de 23 touceiras (Kg)	Biomassa por touceira (Kg)	Biomassa por Hectare (Kg/Ha)	Metros cúbicos de Biomassa produzidas (m <sup>3</sup> /ha)	Biomassa por ano (Kg/ha)
800	66.000,00	2.869,57	430.434,78	538,04	43.043,48

Para o cálculo da biomassa produzida durante os 10 anos de implantação de um plantio comercial de 1 hectare de eucalipto, foram utilizados dados de literatura [9]. O valor total de biomassa foi calculado da seguinte forma:

- As árvores nativas foram substituídas por eucaliptos aumentando a produtividade em 32%.
- As 300 árvores que seriam colhidas no 15° e 20 ° anos foram adicionadas aos cortes do 5° e 10° anos em 150 árvores por colheita.
- O volume produzido foi multiplicado pela densidade da madeira de eucalipto para encontrar os valores em kg (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de produção de biomassa para o eucalipto. Fonte: [9] adaptado.

Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Ano	M <sup>3</sup>	Biomassa (Kg)
500	5°	164	82.000,00
	10°	207	103.500,00
	Total	371	185.500,00

Para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> foram utilizados dados de diversas referências. A biomassa total produzida durante os primeiros 10 anos foi multiplicada pelo fator de correção que estima a quantidade de carbono presente nessa biomassa. Esse valor foi multiplicado pelo fator de correção que relaciona o carbono estocado com a quantidade de CO<sub>2</sub> estocada. Por fim, o valor encontrado é multiplicado pelo fator de correção que relaciona a quantidade de CO<sub>2</sub> estocada com a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pela respiração da planta (Tabela 5).

Tabela 5: Valores para as emissões de CO<sub>2</sub>

	Bambu			Eucalipto		
	Quantidade (Kg)	Dados	Fonte	Quantidade (Kg)	Dados	Fonte
Biomassa produzida	430.434,00	100,00% da biomassa	[3] (adaptado)	185.500,00	100,00% da biomassa	[9] (adaptado)
Carbono X Biomassa	223.825,68	52,00% da biomassa	[17]	78.281,00	42,20% da biomassa	[18]
CO <sub>2</sub> relacionado ao carbono	820.544,94	3,666 X Carbono	[18]	286.978,15	3,666 X Carbono	[18]
Emissões de CO <sub>2</sub> respiração	500.532,42	61,00% X CO <sub>2</sub>	[16]	165.586,39	57,70% X CO <sub>2</sub>	[8]



Para quantificar o peso de material para cada tipo de escora a ser utilizada na obra é necessário calcular o volume útil de material presente em cada escora a ser utilizada (Tabela 8).

Tabela 8: Valores calculados para os 2 tipos de escoras.

Bambu		Eucalipto	
Diâmetro externo (cm)	9	Diâmetro (cm)	9
Diâmetro interno (cm)	7,5	Comprimento (cm)	250
Comprimento (cm)	250	Área (cm <sup>2</sup> )	63,58
Área externa (cm <sup>2</sup> )	63,59	Volume da escora (cm <sup>3</sup> )	15.896,25
Área Interna (cm <sup>2</sup> )	44,16	Nº de escoras (unidade)	70
Área útil (cm <sup>2</sup> )	25,12	Volume total de escoras (m <sup>3</sup> )	1,113
Volume da escora (cm <sup>3</sup> )	15.896,25	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	500
Volume útil da escora (cm <sup>3</sup> )	4.857,19	Peso Total (Kg)	556,37
Nº de escoras (unidade)	70		
Volume total de escoras (m <sup>3</sup> )	1,113		
Volume total útil de escoras (m <sup>3</sup> )	0,340		
Densidade Bambu "madeira" (Kg/m <sup>3</sup> )	800		
Peso Total Roliço (Kg)	272,00		

Calculados os pesos de material referente as escoras a serem utilizadas, é necessário quantificar as emissões de CO<sub>2</sub> para a produção dessas escoras (Tabela 9).

Tabela 9: Cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> para as escoras utilizadas na obra.

Escoras	Emissões de CO <sub>2</sub> (KgCO <sub>2</sub> /Kg/Ha/10 anos)	Peso total das escoras (Kg)	Emissões de CO <sub>2</sub> para as escoras (Kg CO <sub>2</sub> / habitação)	Varição (%)
Bambu	1,16	272,00	315,52	65,94
Eucalipto	0,86	556,37	478,48	151,65

### 2.3 Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> para o transporte das escoras

As emissões para o transporte do material até o canteiro de obra podem ser calculadas pela equação (Eq. 1).

$$0,043 \times D \times m/A = \text{ECO}_2 \text{ T} \quad (1)$$

Onde: m = massa (t); A = Habitação; D = distância de transporte (Km); ECO<sub>2</sub>T = emissões de CO<sub>2</sub> no transporte (KgCO<sub>2</sub>/habitação).

Nesta equação foi considerado que as escoras são transportadas pelo modal rodoviário, com combustível a diesel. A distância utilizada foi de 150 km, sendo esta a distância média dos polos produtores de bambu e distribuidores de escoras de eucalipto até o cento do Distrito Federal. E os valores de emissões de CO<sub>2</sub> (transporte) para cada tipo de escora podem ser calculada da seguinte forma:

$$\text{ECO}_2\text{T- Bambu} = 0,043 \times 150 \times (0,272/ 1) = 1,75 \text{ KgCO}_2/ \text{ habitação}$$

$$\text{ECO}_2\text{T- Eucalipto} = 0,043 \times 150 \times (0,556/ 1) = 3,59 \text{ KgCO}_2/ \text{ habitação}$$

### 3. Resultados e Discussão

Para o estudo de caso analisado, o uso de escoras, dos dois materiais, foram relacionados as emissões geradas no processo de produção e transporte dessas escoras até o canteiro de obras. Os valores encontrados para as emissões de CO<sub>2</sub> relacionada a respiração das duas culturas comparadas (Fig. 5.a), mostram que o plantio de bambu emite 1,16 kg de CO<sub>2</sub> por kg de biomassa produzida, enquanto o eucalipto emite 0,86 Kg de CO<sub>2</sub> por kg de biomassa produzida. A produtividade é maior no plantio de bambu, que produz um pouco mais de 430 toneladas de biomassa por hectare em 10 anos, enquanto o eucalipto produz um pouco mais de 185 toneladas de biomassa por hectare em 10 anos (Fig. 5.b).

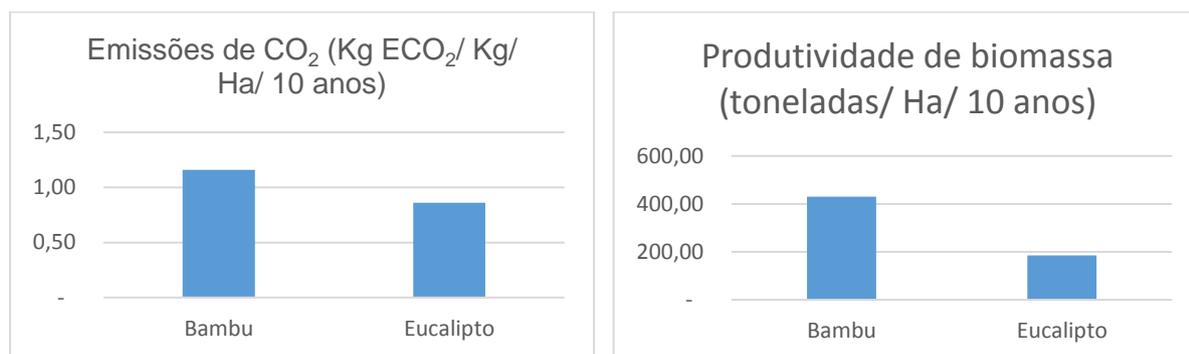


Figura 5 : (a) Emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas a respiração, e (b) produtividade para cada tipo de plantio.

Para as emissões de CO<sub>2</sub> oriundas do transporte é possível verificar que o eucalipto emite 3,58 kg CO<sub>2</sub> para 150 km de distância até o canteiro de obras. Enquanto o bambu emite 1,27 kg de CO<sub>2</sub> para o mesmo trajeto (Fig 6.a). Apesar dos dois materiais ocuparem o mesmo volume necessário para o transporte, o peso total da carga de bambu é inferior, uma vez que o bambu possui o interior oco. Para as emissões relacionadas a respiração, necessárias para a produção das escoras utilizadas na habitação estudada, o bambu emitiu 315,52 Kg de CO<sub>2</sub>, enquanto o eucalipto emitiu 478,48 kg de CO<sub>2</sub> (Fig 6.b).

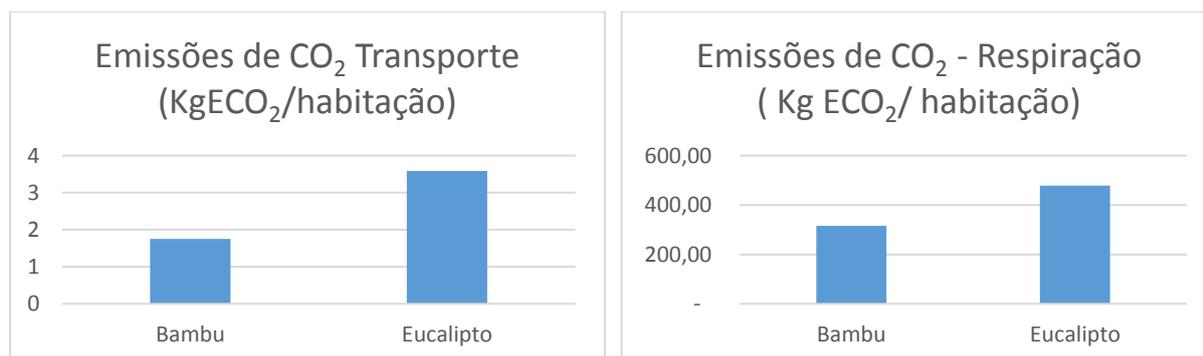


Figura 6: (a) Emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas ao transporte e (b) emissões pela respiração para cada tipo de plantio.

Observa-se que a etapa de transporte teve pequena participação para ambos tipos de escoras, menor que 0,8%.

### 4. Conclusões

É possível concluir que o bambu, como material de construção, possui uma maior eficiência em relação as emissões de CO<sub>2</sub> para a produção de elemento estrutural no mesmo espaço e

tempo se comparado com o eucalipto. As escoras de bambu emitiram 316,70kgCO<sub>2</sub>/habitação, enquanto as escoras de eucalipto emitiram 478,06 kgCO<sub>2</sub>/habitação. Dessa forma é necessário voltarmos os olhos para o uso do bambu na construção civil, tanto por sua sustentabilidade, quanto por suas resistências físico mecânicas. Podendo, sem prejuízo ambiental (tendo até um possível ganho), quanto pela eficiência do material, substituir outros elementos estruturais nas obras realizadas no Brasil.

Os valores encontrados são influenciados pelos valores utilizados encontrados na literatura. É recomendado uma maior quantidade de pesquisas sobre a produtividade e emissões de gases pelos plantios comerciais de bambu, gerando dados cada vez mais confiáveis e condizentes com a realidade.

## 5. Referências Bibliográficas

- [1] López, O. H. Bamboo: The gift of the gods. Bogotá: Bamboscar, 2003. 553 p.
- [2] Beraldo, A.L; Pereira, M. A. R. Bambu de corpo e alma. Bauru – SP: Canal 6 Editora. 2008. 240 p.
- [3] Pereira, M.A.R: Introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. (Tese de livre docência apresentada à faculdade de engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Bauru/SP) – São Paulo, 2012.
- [4] Ghavami K. Bambu: madeira ecológica para habitações de baixo custo. Seminário Nacional de Bambu: estruturação da rede de pesquisa e desenvolvimento, 2006, Brasília. Anais, p. 111-126. Brasília, 2006.
- [5] Montiel, M.; Sánchez E. Ultraestructura de bambúes del género *Dendrocalamus* (*poaceae: bambusoideae*) cultivados em costa rica. Revista biol. trop. vol. 54 (suppl. 2): 59-63, dec.2006.
- [6] Prates E. M. B. Morfologia externa e anatomia do colmo de *Dendrocalamus asper* (Poaceae: Bambusoideae) em duas localidades no Distrito Federal, Brasil. Mestrado em ciências florestais, departamento de engenharia florestal, faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília, 2013.
- [7] Marçal V. S. H.; Aqueire A. L.; Bezerra L. M. Uso do bambu na construção civil: testes de compressão em corpos de prova cilíndricos da espécie *Dendrocalamus giganteus*. 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia – Moçambique, 2011.
- [8] Rody Y.P. Balanço de carbono e trocas gasosas nos diferentes compartimentos em plantios de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa, Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, título de Doctor Scientiae. 2013.
- [9] Schaitza E. G. *et al* - Implantação e Manejo de Florestas em Pequenas Propriedades no Estado do Paraná: Um Modelo para a Conservação Ambiental, com Inclusão Social e Viabilidade Econômica. Embrapa Florestas, 2008.
- [10] Edison S. C; Edson T. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio - Uma revisão de literatura. Campina Grande, 2012. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.1, p.77–85, 2013.
- [11] Associação Brasileira de normas técnicas (ABNT). NBR ISO-14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- [12] Joost G. V; Natascha M. V.; Pablo V. L. Carbon sequestration in LCA, a proposal for a new approach based on the global carbon cycle; cases on wood and on bamboo. The International Journal of Life Cycle Assessment January 2014, Volume 19, pp 13-23.

- [13] Chau C. K; Leung T. M; Ng W. Y. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. *Applied Energy* 143, pg 395–413, 2015.
- [14] Ghelmandi L. N. Avaliação de carga e custos ambientais em uma plantação comercial de bambu: estudo de alternativas de produto final e substituição de recursos. Dissertação de mestrado apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia de Universidade Paulista. São Paulo, 2009.  
[https://www.unip.br/ensino/pos\\_graduacao/strictosensu/eng\\_producao/download/eng\\_luizghelmandineto.swf](https://www.unip.br/ensino/pos_graduacao/strictosensu/eng_producao/download/eng_luizghelmandineto.swf)
- [15] Düking R.; Gielis J.; Liese W. Carbon Flux and Carbon Stock in a Bamboo Stand and their Relevance for Mitigating Climate Change. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 24(1): 1-6. São Paulo, 2008.
- [16] Isagi Y.; Kawahara T.; Kamo K.; Ito H. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecology* 130,p. 41-52.1997.
- [17] Anselmo P. F. Biomass resources for energy in north-eastern Brazil. *Applied Energy*, Volume 77, Pages 51- 67. 2004.
- [18] Péllico S. N. *et al.* Estimativa do potencial de neutralização de dióxido de carbono no programa vivat neutracarbo em tijucas do sul, agudos do sul e São José dos Pinhais, PR. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba*, v. 6, n. 2, p. 293-306, abr./jun. 2008
- [19] Sposto R; Paulsen J. S. M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. *Energy and Buildings* 57, pg 95–102, 2013.