

The slide features a decorative arrangement of five circles. Two circles are filled with a light purple color, while the other three are hollow with a thin purple outline. The title text is positioned across the top two filled circles and the top-left hollow circle. The authors' names are centered between the bottom two filled circles and the bottom-right hollow circle.

# Contabilidade dos fluxos de CO<sub>2</sub> em uma plantação comercial de bambu visando a produção papeleira

Luiz Ghelmandi Netto, Biagio F. Giannetti



## Resumo

- # Este trabalho quantifica as emissões e estoques de CO<sub>2</sub> em uma plantação comercial de bambu visando a produção papeleira.
- # A espécie de bambu analisada é a *Bambusa vulgaris*, principal espécie da planta cultivada no nordeste do Brasil.
- # Além da atividade principal da plantação foram estudados outros dois tipos de cenários visando um monitoramento mais eficiente dos fluxos de CO<sub>2</sub> da plantação.
- # Além determinar as quantidades de CO<sub>2</sub> liberadas e estocadas (bruta e líquida), este trabalho apresenta alternativas para diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes dos insumos empregados.
- # Este trabalho amplia e revisa os cálculos feitos por (GHELMANDI NETTO, et al., 2007).



De acordo com (GRUPO INDUSTRIAL JOÃO SANTOS, 2000), a partir do 11º ano a plantação está totalmente adaptada ao local de plantio. Para fins de estudo a plantação de bambu foi dividida em três fases, são:

- # Implantação – Corresponde aos três primeiros anos da plantação. É nesta fase que o primeiro corte dos colmos é realizado;
- # Adaptação – Esta fase se dá entre o 4º e o 10º ano da plantação. Nesta fase, mesmo gerando colheita de colmos, a plantação não está totalmente adaptada ao local de plantio;
- # Operação - Nesta fase, do 11º ao 25º ano, as manutenções na plantação são feitas somente a cada corte de colmos, que é feito de 2 em 2 anos. Vale destacar que é na fase de operação que a plantação de bambu está totalmente adaptada ao local de plantio, podendo assim atingir o ápice de sua produção anual.



CO<sub>2</sub> Liberado



## Emissões Diretas de CO<sub>2</sub>

- ▣ As emissões diretas consistem na quantidade de CO<sub>2</sub> emitido por intermédio do óleo diesel que foi utilizado no local do plantio.
- ▣ Processos como transporte de trabalhadores, caminhões utilizados para carregar o bambu cortado, preparo de mudas, entre outros foram levados em consideração.
- ▣ Para a obtenção da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada diretamente na atmosfera, todo o óleo diesel utilizado na plantação durante os seus 25 anos de vida útil foi multiplicado pelo seu potencial de emissão de CO<sub>2</sub> (3,7 kg<sub>CO2</sub>/kg<sub>diesel</sub>), encontrado em (HERENDEEN, 1998).



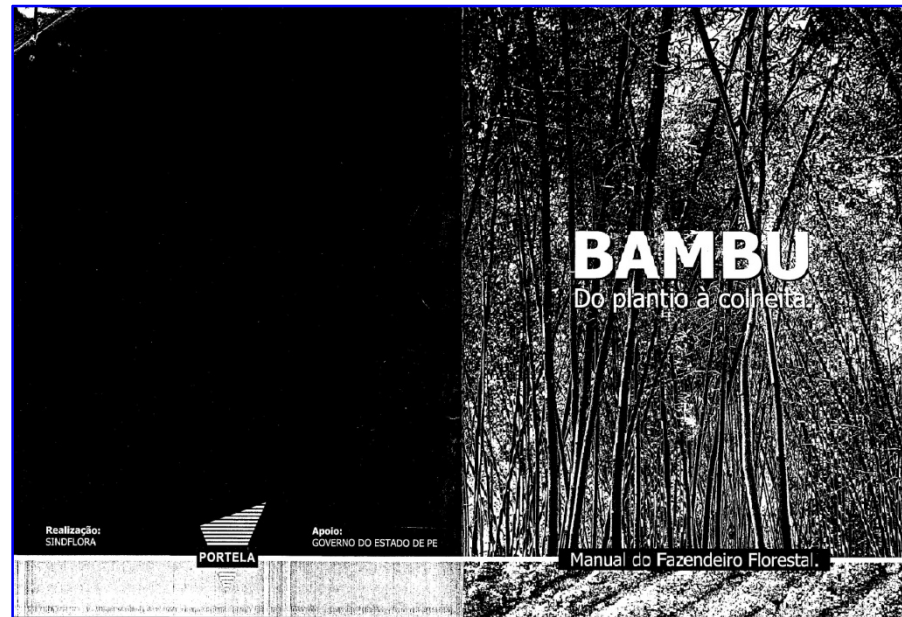
# Emissões Indiretas de CO<sub>2</sub>

■ As emissões indiretas de CO<sub>2</sub> correspondem às quantidades de CO<sub>2</sub> liberadas na atmosfera, por intermédio da combustão dos combustíveis fósseis, necessários para a obtenção dos insumos utilizados na plantação.

■ Para a quantificação das emissões indiretas de CO<sub>2</sub>, foram necessárias quatro etapas. São elas: Inventário de insumos e equipamentos; Cálculo da Energia Primária Incorporada (EPI); Cálculo da quantidade de óleo utilizada; Cálculo da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada.

# Inventário de Insumos e Equipamentos

■ O manual de custos elaborado por (GRUPO INDUSTRIAL JOÃO SANTOS, 2000), foi a principal fonte consultada para a realização do inventário das quantidades de insumos e equipamentos utilizados ano a ano durante toda a vida útil da plantação.



# Energia Primária Incorporada (EPI)

- A Intensidade da Energia Primária Incorporada (IEPI), (expressa em MJ/kg), encontrada em (PELLIZZI, 1992), foi empregada para cada um dos recursos da plantação;
- A IEPI foi calculada com base no consumo de fontes de energia convencionais em vários processos italianos de produção agrícola (PELLIZZI, 1992);
- As quantidades de recursos foram multiplicadas pelas suas respectivas IEPI's, assim o valor da EPI (MJ/ha.ano) para cada um dos recursos foi encontrado.



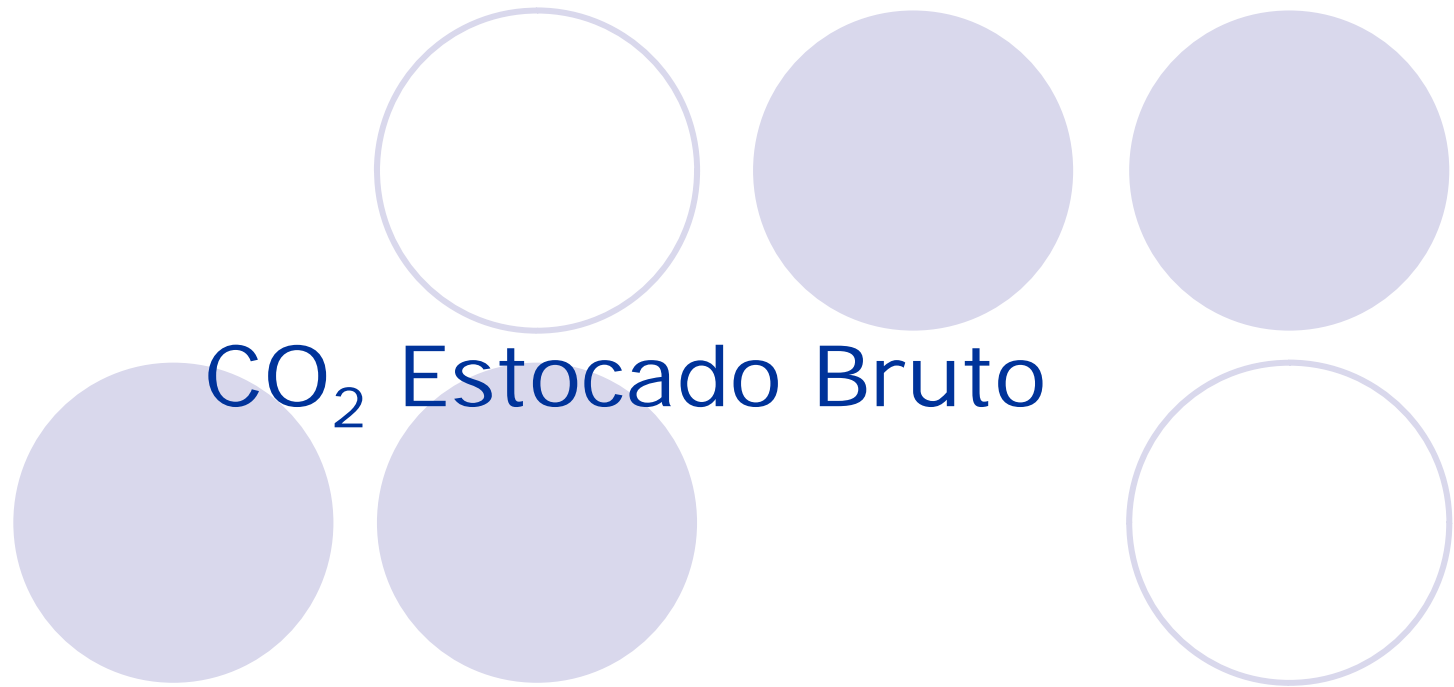
# Quantidade de Óleo Utilizada e CO<sub>2</sub> Emitido

# Para o cálculo das quantidades de óleo utilizado para cada insumo da plantação, os valores de EPI de cada um dos recursos da plantação foi utilizada a equivalência encontrada em (Pellizzi, 1992).

$$1 \text{ kg}_{\text{oe}} = 42\text{MJ}$$

# Os valores de óleo utilizado para cada insumo empregado na plantação (expressos em kg<sub>oe</sub>/ha.ano) são multiplicados pelo índice de Intensidade de Emissão de CO<sub>2</sub> (Brown & Ulgiati, 2002)

$$3,22 \text{ kgCO}_2/\text{kg}_{\text{oe}}$$





# CO<sub>2</sub> Estocado Bruto

■ Para a quantificação do CO<sub>2</sub> estocado bruto pela plantação, foi necessária a realização de três processos distintos. São eles:

- Características da Plantação;
- Percentuais e Quantidades de Biomassa;
- CO<sub>2</sub> Estocado Bruto pela Plantação.



## Características da Plantação

- Foi adotado o espaçamento de 1m x 1m, e o número inicial de colmos de 5000 colmos/ha;
- Foi estimado que a plantação inicia o processo de adaptação ao seu local de plantio a partir do 5º ano, produzindo 2000 colmos/ha;
- O corte do bambu nesta plantação foi feito de acordo com a idade dos colmos, ou seja, os colmos mais velhos eram retirados e os mais novos continuavam na plantação até atingirem idade satisfatória. A faixa etária mínima para a extração dos colmos é de três anos.



# Características da Plantação

- Em Grupo João Santos (2000) foram encontrados os valores da produção de colmos (expressa em  $10^3$  kg/ha) em todos os cortes realizados na plantação durante os seus 25 anos de vida útil;
- A estimativa do crescimento dos colmos da plantação foi feita levando em consideração as informações encontradas em Shanmughavel & Francis (1996) e Grupo João Santos (2000).
- As propriedades físicas necessárias (altura, diâmetro, espessura e densidade) para a obtenção da massa seca por colmo e por hectare para cada ano de idade dos colmos da plantação de bambu, foram obtidas em: INBAR (2008), Pereira e Beraldo (2007).

# Percentuais e Quantidades de Biomassa

■ Em Christanty et al. (1996) são encontrados os percentuais totais de biomassa para cada componente da plantação de bambu, aos 16, 24, 36, 72 meses;

■ Para os períodos não encontrados na literatura, estes valores encontrados foram utilizados obedecendo às seguintes configurações: Para o 1º ano foi utilizado o percentual de 16 meses; Para o 4º ano foi utilizado o percentual de 36 meses; Para o 5º e 7º anos foi utilizado o percentual de 72 meses.

# CO<sub>2</sub> Estocado Bruto pela Plantação

- ▣ Os valores de biomassa obtidos foram multiplicados pelo percentual de carbono no peso total da biomassa do bambu, encontrado em Anselmo Filho et al (2004) (51,58%);
- ▣ A estes resultados multiplicou-se a razão entre as massas molares do CO<sub>2</sub> e do carbono. Os valores foram totalizados e classificados em duas parcelas:
  - ✓- Subterrânea: Quantidade de CO<sub>2</sub> estocado pelos componentes subterrâneos da plantação. Corresponde às raízes e rizomas;
  - ✓- Acima do Solo: Quantidade de CO<sub>2</sub> estocado pelos componentes localizados acima do solo. Corresponde às folhas e galhos remanescentes do corte dos colmos.



# Respiração da Planta

- A respiração libera 61% do total de  $\text{CO}_2$  absorvido pela plantação (ISAGI et al., 1997).
- Os valores do  $\text{CO}_2$  emitido pela respiração foram obtidos multiplicando os valores de  $\text{CO}_2$  estocado bruto pela plantação foram multiplicados por este percentual.



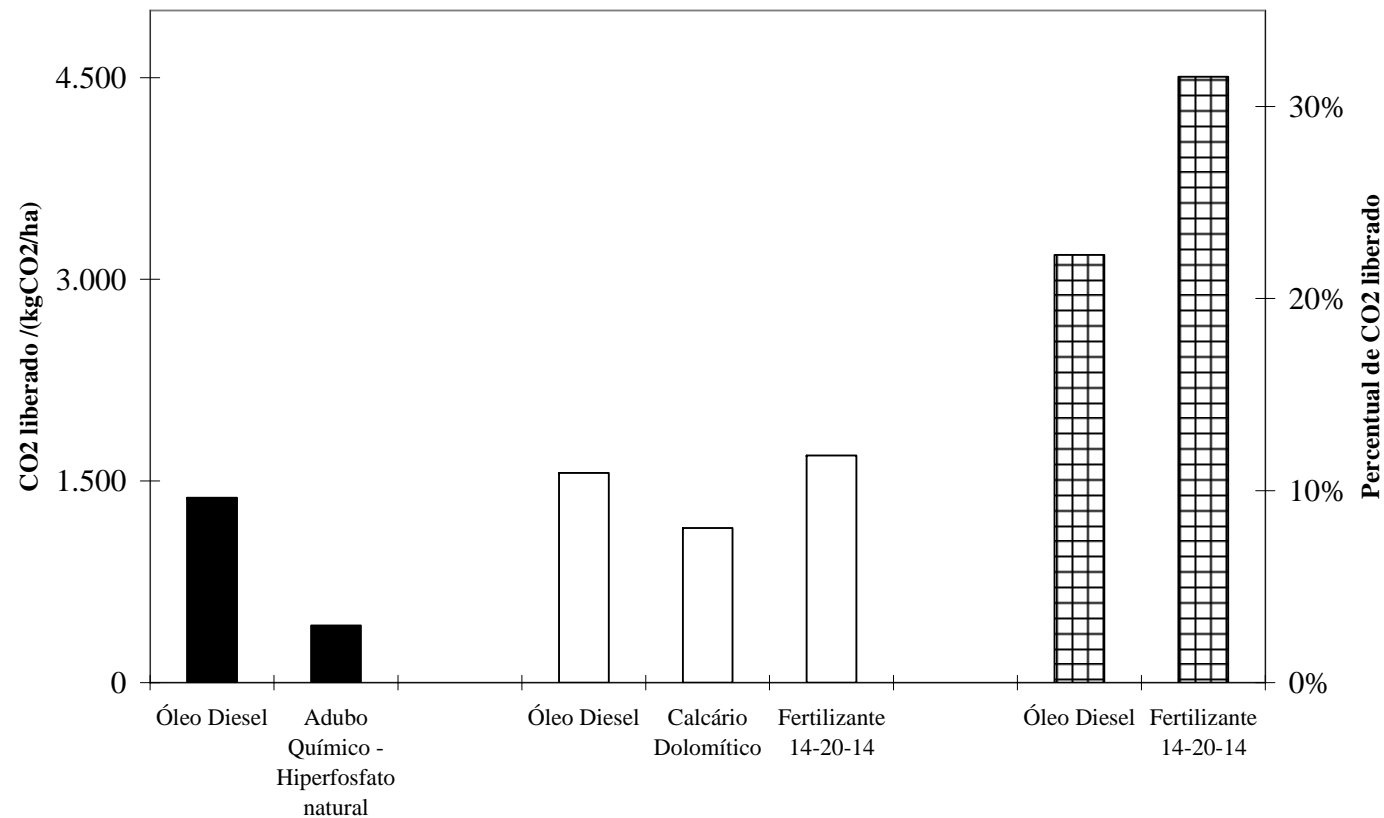


## Cenários Estudados

▣ Visando uma melhor aplicação da ferramenta para monitoramento dos fluxos de CO<sub>2</sub>, além da atividade principal da plantação (fornecimento de matéria-prima para a produção de celulose e papel), dois outros cenários de produção foram considerados:

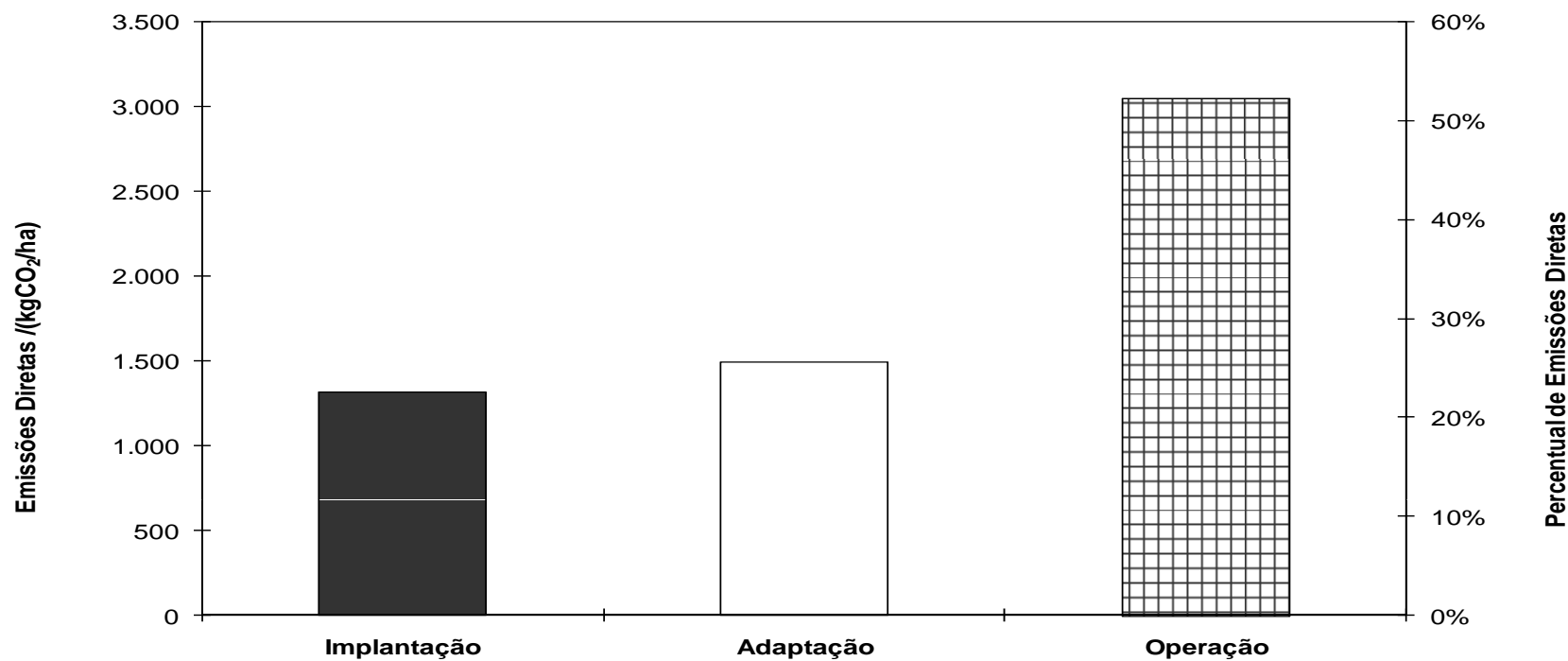
- ✓ Cenário 1 – Comportamento Florestal: O sistema adota um comportamento semelhante a uma floresta de bambu, ou seja, não há cultivo. O valor total de CO<sub>2</sub> estocado pelos colmos é contabilizado;
- ✓ Cenário 2 - Indústria Papeleira + Geração de Energia: Além do destino dos colmos para a produção de celulose e papel, as folhas e galhos restantes após a colheita destes colmos são destinados a usinas de geração de energia elétrica.

# Resultados e Discussão



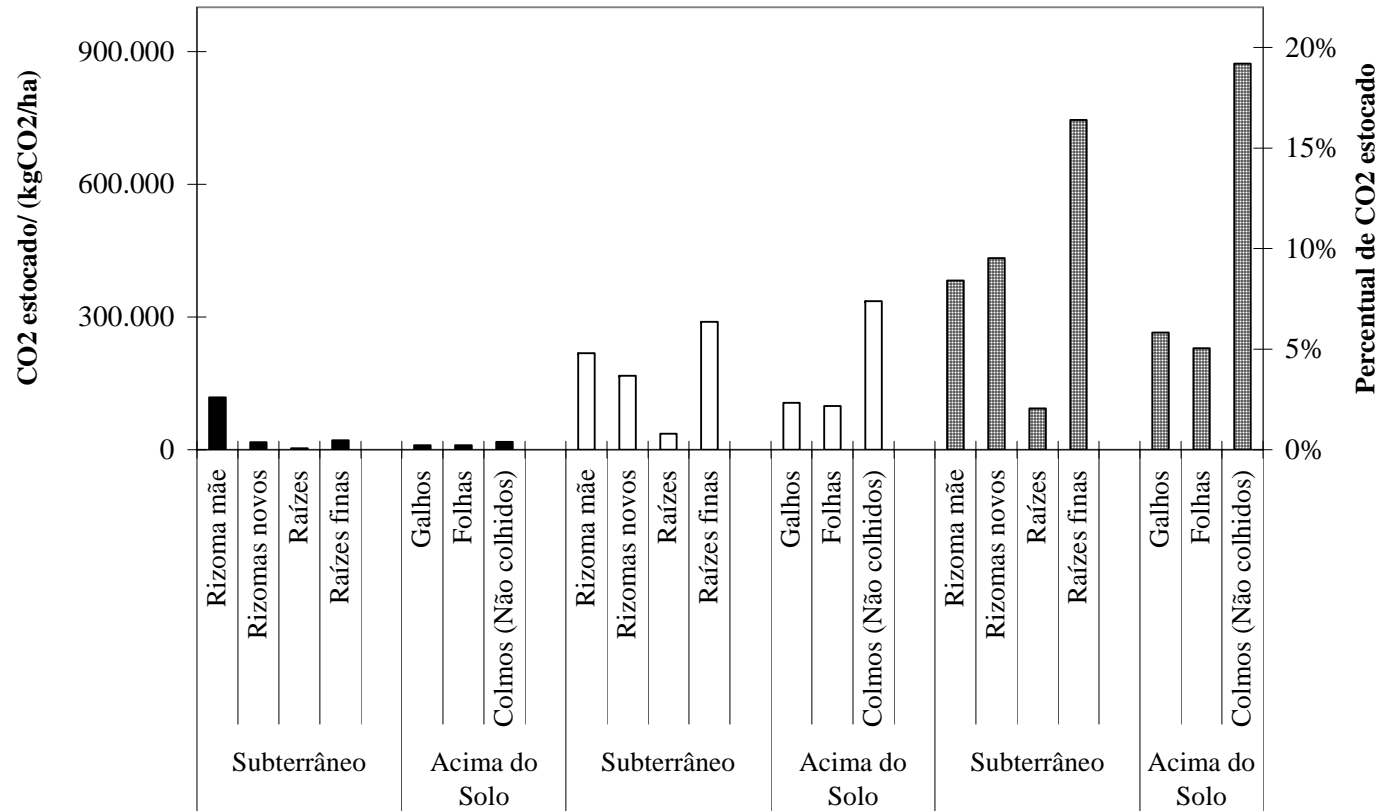
Quantidade e percentual das emissões indiretas de CO<sub>2</sub> por período na vida útil da plantação de bambu. Em preto: Período de Implantação; Em branco: Período de Adaptação; Quadrado: Período de Operação.

# Resultados e Discussão



Quantidade e percentual das emissões diretas de CO<sub>2</sub> por período na vida útil da plantação de bambu. Em preto: Período de Implantação; Em branco: Período de Adaptação; Quadriculado: Período de Operação.

# Resultados e Discussão



Quantidade e percentual de CO<sub>2</sub> estocado pela plantação de bambu. Em preto: Período de Implantação; Em branco: Período de Adaptação; Quadriculado: Período de Operação.

# Resultados e Discussão

Item	Descrição	CO <sub>2</sub> estocado/ (kgCO <sub>2</sub> /ha)
1	Indústria de Celulose e Papel (Atividade Principal)	1.515.194
2	Cenário 1 (Comportamento Florestal)	1.925.999
3	Cenário 2 (Indústria de Celulose e Papel + Usina de Geração de Energia)	796.496

1. Valor calculado a partir da equação: ((Estoque bruto de CO<sub>2</sub> da plantação) - (respiração da plantação + emissão direta de CO<sub>2</sub> + emissão indireta de CO<sub>2</sub>))

2. Valor calculado a partir da equação: (Estoque bruto de CO<sub>2</sub> da plantação + estoque líquido de CO<sub>2</sub> dos colmos colhidos) - (emissão direta de CO<sub>2</sub> + emissão indireta de CO<sub>2</sub> + respiração da plantação))

3. Valor calculado a partir da equação: "Industria de Celulose e Papel" - estoque bruto de CO<sub>2</sub> dos galhos e folhas



## Alternativas para a Diminuição da Emissão de CO<sub>2</sub>

- ▣ Os maiores índices de emissão de CO<sub>2</sub> são provenientes do fertilizante 14-20-14 e do óleo diesel, que juntos constituem 88% do total de emissões;
- ▣ Para minimizar estas emissões de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, o impacto que causam ao meio ambiente foram propostas duas alternativas: a substituição do óleo diesel e do fertilizante 14-20-14 por biodiesel e adubo orgânico (esterco bovino curtido), respectivamente;
- ▣ No Brasil a lei 11.097/2005, publicada no Diário Oficial da União no dia 14 de janeiro de 2005, estabelece a obrigatoriedade de adição do biodiesel ao óleo diesel nos percentuais mínimos de 2% (mistura denominada B2) e 5% (mistura denominada B5) a serem cumpridos a partir de 2008 e 2013 (CAVALETT, 2008);

## Alternativas para a Diminuição da Emissão de CO<sub>2</sub>

▣ Devido a pouca influência que a substituição por B2 ou B5 produz na emissão de CO<sub>2</sub>, para fins de estudo foi considerada uma situação em condições ideais extremas. Neste caso o óleo diesel utilizado na plantação seria substituído totalmente por biodiesel (B100), este sendo gerado sem a utilização de combustíveis fósseis;

▣ Foi obtido um índice de redução na emissão de CO<sub>2</sub> na plantação de bambu de 90%. Desta maneira o óleo diesel representaria somente 18% - ao invés dos 43% iniciais - do total de emissões de CO<sub>2</sub> na plantação de bambu em toda a sua vida útil.

## Alternativas para a Diminuição da Emissão de CO<sub>2</sub>

# Em VAN RAIJ et al. (1997) foi constatado que para a substituição de 1 kg de fertilizante 14-20-14 são utilizados de 10 a 14 kg de esterco bovino curtido. Neste caso foi atribuído o maior valor para a substituição, ou seja 14 kg.

# Após a determinação da quantidade (em kg) necessária para a substituição do fertilizante 14-20-14 pelo esterco bovino curtido, a emissão de CO<sub>2</sub> atribuída ao novo insumo empregado foi calculada. Constatou-se que a substituição por esterco bovino curtido reduz a emissão de CO<sub>2</sub> em 82%.



# Alternativas para a Diminuição da Emissão de CO<sub>2</sub>

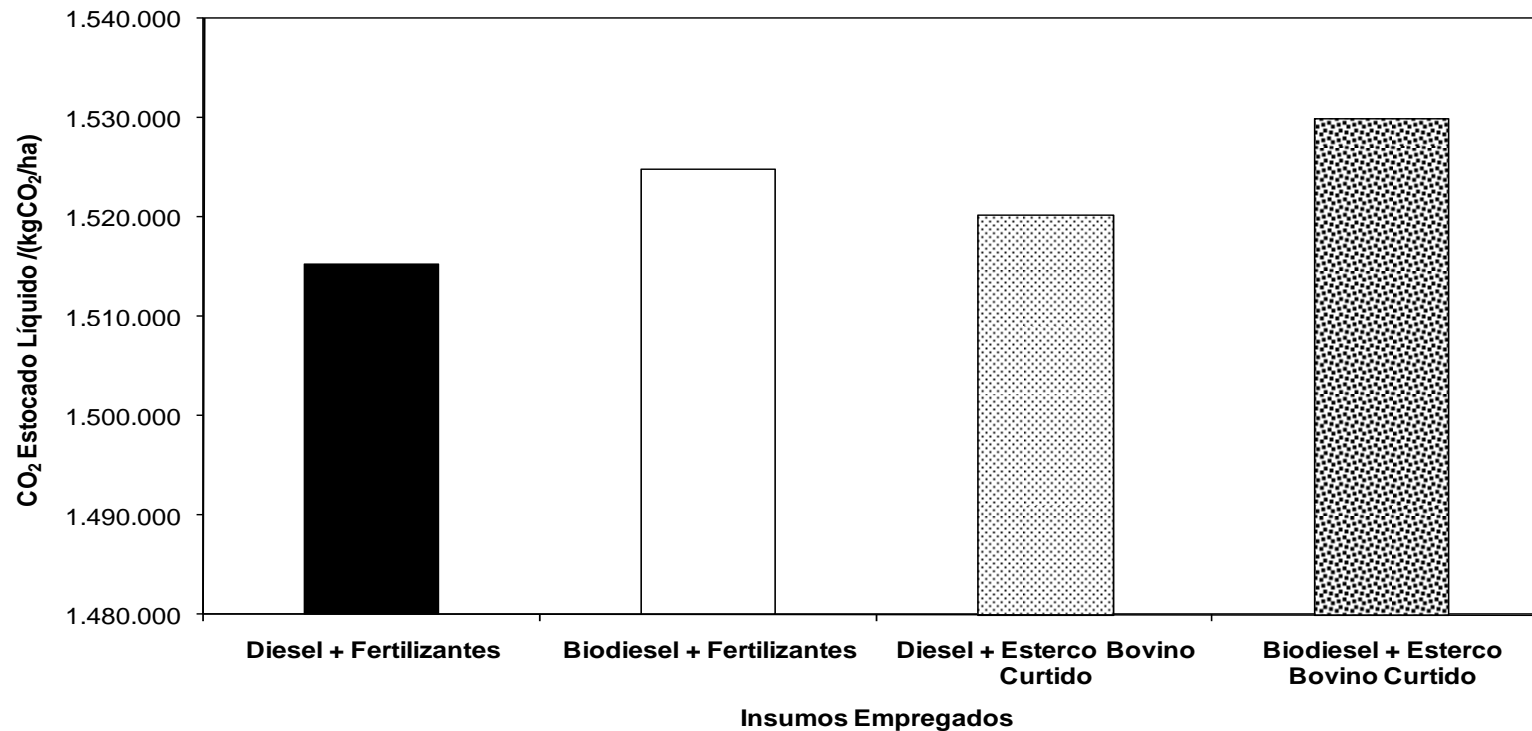


Gráfico comparativo da emissão de CO<sub>2</sub> nos 25 anos de vida útil da plantação utilizando diferentes tipos de insumos agrícolas.



## Conclusões

# Para que a exatidão dos valores encontrados neste trabalho possa ser melhorada recomenda-se:

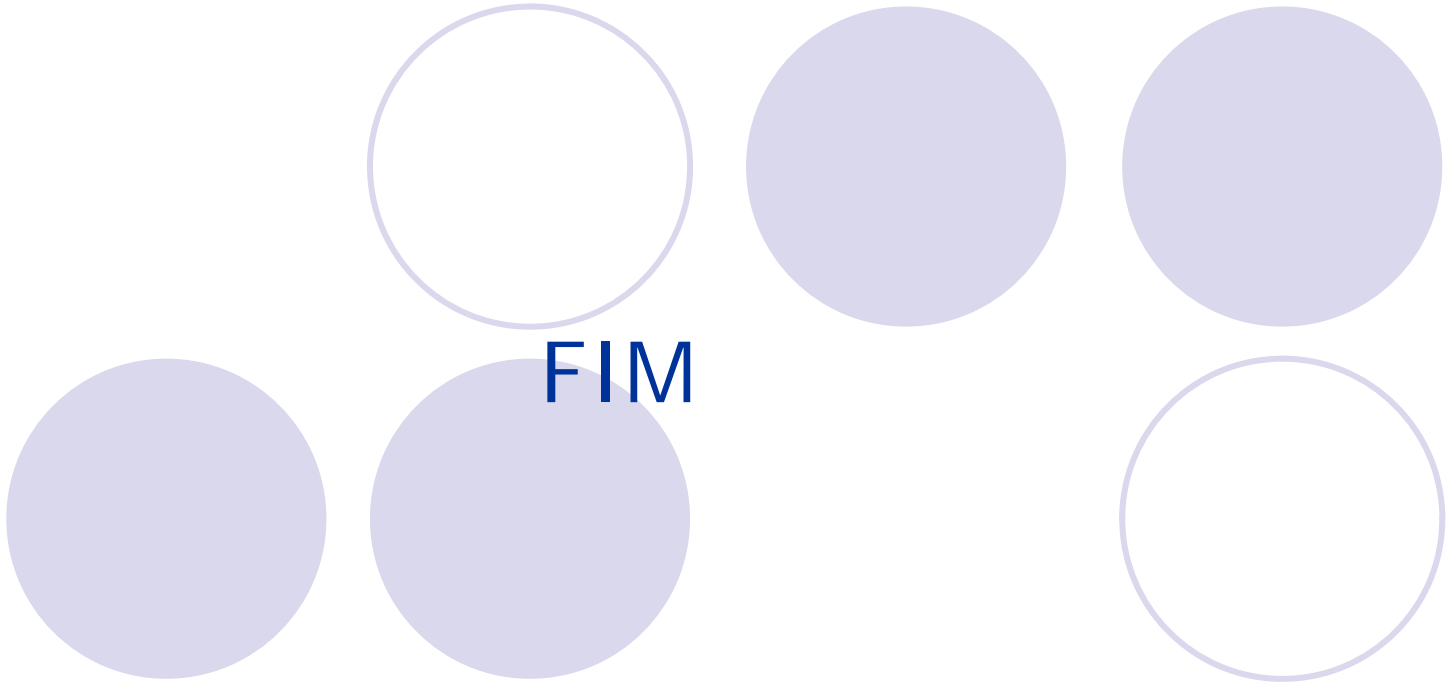
- A utilização dos dados da Energia Primária Incorporada de acordo com os padrões da rede elétrica brasileira, ao invés dos padrões italianos;
- Uma maior exatidão nos dados do comportamento da plantação e das características físicas do bambu. Muitos dados utilizados no trabalho foram estimados devido à falta parcial ou total destes dados.



## Conclusões

✦ Além do inventário das quantidades de CO<sub>2</sub> liberadas e estocadas (e conseqüentemente a real possibilidade de estoque de CO<sub>2</sub>) em toda a vida útil da plantaçõ em estudo, outro item que merece destaque é a contribuição para a geraçõ de créditos de carbono que este trabalho pode vir a proporcionar. Os valores de estoque de CO<sub>2</sub> encontrados na plantaçõ podem ser aplicados visando esta finalidade.

✦ Medidas para a diminuiçõ destes podem ser extremamente importantes para diminuiçõ da quantidade de CO<sub>2</sub> emitido na atmosfera, conseqüentemente aumentando o estoque líquido de CO<sub>2</sub> nas plantações de bambu.



FIM