



**Análise de Sensibilidade do Emprego do Biodiesel em uma Plantação Comercial de Bambu, em Alternativa à Utilização do Óleo Diesel**

## Introdução

- As metodologias de avaliação de custos ambientais são divididas em duas categorias:
  - *Upstream*: Proporcionam uma preciosa visão dos custos ambientais que possam estar ocultos, além de detectarem a (in)sustentabilidade de sistemas que são tidos como “limpos”.
  - *Downstream* são geralmente mais associadas à percepção imediata dos impactos causados ao ecossistema local, além de ter a possibilidade de revelar grandes diferenças entre sistemas que possuem o mesmo desempenho (Ulgiati et al., 2006).

## Introdução

- Em alguns casos, a utilização de uma única metodologia não proporcionar uma visão global do sistema que se quer avaliar.
- A Avaliação Multi-Critério (AMC) visa superar as inerentes limitações e as possíveis imprecisões nos resultados que a utilização de uma única metodologia de avaliação de custos ambientais traz consigo (Raugei et al., 2005, Ulgiati et al., 2006).

## Introdução

- Em (Ghelmandi Netto et. al., 2012), a AMC foi utilizada em uma plantação comercial de bambu, localizada na Região Nordeste do Brasil.
- As metodologias que compuseram a AMC em (Ghelmandi Netto et. al., 2012) foram: Emissões Diretas e Indiretas de CO<sub>2</sub>, Intensidade de Fluxos de Materiais, Consumo Cumulativo de Exergia, Síntese em Emergia e Avaliação Econômica.
- Para este estudo, os dados obtidos em (Ghelmandi Netto et. al., 2012) foram re-trabalhados e atualizados a fim de melhorar a precisão deste trabalho.

## Introdução

- A plantação de bambu foi dividida em três períodos, durante seus 25 anos de vida útil: implantação, adaptação e operação.
  - Implantação corresponde aos três primeiros anos da plantação. Durante este período, o solo é preparado para receber a plantação de bambu.
  - Adaptação corresponde aos próximos sete anos da plantação (4° ao 10°). Durante o período de adaptação, a plantação está se adaptando ao local de plantio. A utilização de insumos agrícolas é intensa durante o período de adaptação e os colmos estão maduros o suficiente para serem colhidos no intervalo de dois anos.
  - O período de operação corresponde aos próximos quinze anos da plantação (11° ao 25°). É neste período que a plantação de bambu torna-se totalmente adaptada ao local de plantio (Grupo Industrial João Santos, 2000) e alcança sua máxima produção anual de 90 ton/ha.

## Introdução

- O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis que pode ser obtido por diferentes processos, tais como craqueamento, esterificação e transesterificação. Existem dezenas de espécies de plantas no Brasil que podem produzir biodiesel, tais como óleo de mamona, óleo de palma (palma), girassol, babaçu, amendoim, jatropha e soja, entre outros.”
- O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel em motores automotivos a diesel (caminhões, tratores, carros, etc.) e em motores de ciclo constante (geradores de eletricidade, calor, etc.).

## Introdução

- O biodiesel pode ser utilizado puro ou pode ser misturado com o óleo diesel em várias proporções. As misturas biodiesel/diesel são nomeadas de acordo com o percentual de biodiesel contido na mistura. Por exemplo, uma mistura biodiesel/diesel, contendo 2% de biodiesel é nomeada mistura B2.
- A lei número 13.263/2016, publicada no Diário Oficial em 23 de março de 2016 estabelece que até 2017, a proporção mínima obrigatória de adição de biodiesel no óleo diesel será de 8% (mistura B8).

## Objetivos

- No presente trabalho, uma análise de sensibilidade foi realizada, com o objetivo de atestar a viabilidade de substituição do óleo diesel pelo biodiesel em uma plantação de bambu visando a produção de papel.



## Análise de Sensibilidade

- Uma análise de sensibilidade foi desenvolvida para a substituição do óleo diesel – um dos insumos mais utilizados na plantação de bambu – pelo biodiesel, considerado um insumo “mais limpo”.
- A análise de sensibilidade foi dividida em quatro categorias de misturas biodiesel/diesel. A mistura regulamentada pelo Governo Brasileiro (mistura B8), outras duas misturas idealizadas (B20 e B50) e a total substituição do óleo diesel biodiesel (B100). A análise de sensibilidade tem como meta verificar a viabilidade da substituição do óleo diesel pelo biodiesel.

## Análise de Sensibilidade

**Tabela 1.** AMC realizada na plantação de bambu, por período, em seus 25 anos de vida útil

	<b>Emissões Indiretas de CO<sub>2</sub></b> (kg CO <sub>2</sub> /ha)	<b>Emissões Diretas de CO<sub>2</sub></b> (kg CO <sub>2</sub> /ha)	<b>Intensidade de Materiais</b> (kg/ha)	<b>Consumo Cumulativo de Exergia</b> (MJ/ha)	<b>Síntese em Emergia</b> (10 <sup>16</sup> sej/ha)	<b>Avaliação econômica</b> (US\$/ha)
<b>Implantação</b>	2.461,24	2.080,79	60.958,81	33.402,75	6,66	1.306,21
<b>Adaptação</b>	4.679,72	3.749,81	96.297,90	64.732,02	6,59	3.685,64
<b>Operação</b>	9.921,71	8.804,34	46.111,59	139.243,89	15,5	11.299,96
<b>TOTAL</b>	<b>17.062,67</b>	<b>14.634,94</b>	<b>203.368,30</b>	<b>237.378,66</b>	<b>28,8</b>	<b>16.291,81</b>

As emissões diretas de CO<sub>2</sub> não foram consideradas na análise de sensibilidade. Neste trabalho adotou-se que a plantação que dá origem ao biodiesel remove completamente o CO<sub>2</sub> emitido na atmosfera, quando o biodiesel é utilizado na plantação de bambu.

## Análise de Sensibilidade

**Tabela 1.** AMC realizada na plantação de bambu, por período, em seus 25 anos de vida útil

Mistura Biodiesel / Diesel	B8	B50	B75	B100
<b>Emissões Indiretas de CO<sub>2</sub></b>	-5%	-12%	-29%	-58%
<b>Avaliação de Custos</b>	1%	1%	3%	7%
<b>Intensidade dos Fluxos de Materiais</b>				
<i>Abiótico</i>	11%	27%	66%	133%
<i>Biótico(*)</i>	0,1%	0,3%	0,6%	1,3%
<i>Água</i>	2,310%	5,775%	14,438%	28,876%
<i>Ar</i>	4%	11%	28%	56%
<b>Consumo Cumulativo de Exergia</b>	2%	4%	11%	22%
<b>Síntese em Emergia (Recursos Econômicos)</b>	2%	5%	12%	24%

(\*) O aumento no percentual de material biótico encontrado na tabela, mostra como a quantidade de material biótico aumentou em relação à quantidade total de materiais utilizados para a produção do óleo diesel

## Análise de Sensibilidade

- No que se diz respeito às emissões indiretas de CO<sub>2</sub>, a substituição é totalmente benéfica ao meio ambiente, diminuindo o total de emissões indiretas de CO<sub>2</sub> em 58%.
- A avaliação de custos apresenta um aumento de, no máximo 7%, na mistura B100. Na mistura B8, este percentual sobe 1%. Caso seja levado em consideração somente o aspecto monetário, este aumento pode representar números consideráveis. O preço do biodiesel encontrado em (Meirelles, 2003) (R\$ 1,25 por litro) – preço próximo do encontrado no manual do Grupo João Santos – visa o consumidor final. Caso haja por parte do governo um incentivo tributário, para o estímulo da utilização do biodiesel, a análise de custos poderia trazer resultados mais satisfatórios

## Análise de Sensibilidade

- A Análise de Fluxos de Materiais não apresentou resultados satisfatórios na substituição do biodiesel. Diferentemente do biodiesel, a utilização do óleo diesel não necessita de material biótico em sua produção. 1 kg de biodiesel necessita de 2.585,23 kg de material biótico para ser produzido.
- No Consumo Cumulativo de Exergia, a substituição do óleo diesel pelo biodiesel aumenta o consumo de Exergia entre 2% e 22%. De acordo com (Talens Peiró et. al., 2010), a quantidade de materiais, energia e óleo diesel necessárias para a obtenção do biodiesel contribuem para este aumento de percentual.
- O aumento do percentual de recursos provenientes da economia, utilizados na Síntese em Emergia quando o biodiesel é utilizado (de 2% a 24%), se deve à quantidade de água utilizada para a produção do biodiesel.

## Conclusões

- A análise de sensibilidade utilizada neste trabalho permitiu a comparação dos impactos que a substituição do óleo diesel pelo biodiesel pode gerar no sistema analisado. A análise de sensibilidade mostrou que, em algumas metodologias, especialmente na intensidade de fluxos dos materiais, o emprego do biodiesel acarretou no aumento do consumo de recursos, principalmente de água. Em contraste ao aumento da quantidade de água necessária para a produção do biodiesel, a análise de sensibilidade também mostrou resultados satisfatórios no que se diz respeito às reduções das emissões de CO<sub>2</sub> diretas e indiretas.
- Em termos monetários, a análise de sensibilidade mostrou que a substituição do óleo diesel pelo biodiesel não apresentou resultados extremamente ruins. No caso de o governo optar pelo uso de políticas de incentivo à utilização do biodiesel, com isenções tributárias, estes percentuais encontrados poderiam ser facilmente diminuídos.

6<sup>th</sup> International Workshop - Advances in Cleaner Production

São Paulo - Brazil - 24<sup>th</sup> to 26<sup>th</sup>, May - 2017

**Obrigado!**

E-mail: [luiznetto@unip.br](mailto:luiznetto@unip.br)

Academic Work