



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

UDIMARA ERICA MATTEI PREILIPPER

**RESÍDUOS MADEIREIRO DO MUNICÍPIO DE SINOP-MT:
EFEITOS DA ACUMULAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO
SOLO E A OPÇÃO PARA BRIQUETAGEM**

Londrina
2017

UDIMARA ERICA MATTEI PREILIPPER

**RESÍDUOS MADEIREIRO DO MUNICÍPIO DE SINOP-MT:
EFEITOS DA ACUMULAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO
SOLO E A OPÇÃO PARA BRIQUETAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Bioenergia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Bioenergia, Área de Concentração em Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch.
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Fernandes.

Londrina
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P924r Preilipper, Udimara Erica Mattei.
Resíduos madeireiro do município de Sinop-MT : efeitos da acumulação nas propriedades do solo e a opção para briquetagem / Udimara Erica Mattei Preilipper. - Londrina, 2016.
61 f.: il.

Orientador: Ricardo Ralisch.
Coorientador: Fernando Fernandes.
Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Biocombustíveis - Teses. 2. Resíduos de madeira - Teses. 3. Briquetagem - Teses. I. Ralisch, Ricardo. II. Fernandes, Fernando. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. IV. Título.

CDU 628.3

UDIMARA ERICA MATTEI PREILIPPER

**RESÍDUOS MADEIREIRO DO MUNICÍPIO DE SINOP-MT:
EFEITOS DA ACUMULAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO SOLO E A
OPÇÃO PARA BRIQUETAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Bioenergia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Bioenergia, Área de Concentração em Biocombustíveis.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Univerisdade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Dionísio Borsato
Univerisdade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
Univerisdade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de Abril de 2016.

Dedico este trabalho a Deus.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela vida, pela sabedoria e discernimento nas horas que mais necessitei.

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina (UEL), pelo fornecimento de estrutura básica necessária para à minha formação como mestre.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Ralisch pela orientação prestativa, paciente, gentil e crítica, quando necessária para a elaboração da dissertação.

Agradeço também aos professores Dr. Osmar Rodrigues Brito e Dr. Dionísio Borsato, que de várias formas me ajudaram.

Aos amigos do Curso de Bioenergia pelo carinho, atenção e disponibilidade em me ajudar sempre que precisei. Esse apoio foi indispensável para que eu estivesse aqui hoje. Mais que amigos, ganhei uma família; aprendi muito e valeu a pena.

Gostaria de agradecer a minha mãe Francisca Mattei que não mediu esforços para me ajudar. E ao meu amigo, parceiro e companheiro Wesley por me ouvir e apoiar sem julgamentos. Obrigada pela companhia, amor e conselhos nas horas de sofrimento e nervosismo.

Muito obrigada!

“Levantando-se contra ti a indignação do governador, não deixes o teu lugar, porque o ânimo sereno acalma grandes ofensores”.

Eclesiastes 10.4

PREILIPPER, Udimara Erica Mattei. **Resíduos madeireiro do município de Sinop-MT: efeitos da acumulação nas propriedades do solo e a opção para briquetagem.** 2016. 61 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

A expansão das atividades humanas na busca pelo desenvolvimento promove aumentos na geração de resíduos, que na maioria dos casos, podem ser reaproveitados como insumos em outras atividades econômicas, tornando-as mais duráveis. Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto da deposição de resíduos madeireiros nas propriedades do solo e seu valor como matéria prima para briquetagem no Município de Sinop-MT. Para tanto, foram quantificados os estoques de resíduos existentes neste município a partir de dados fornecidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Em seguida, foram analisados os teores de nutrientes do resíduo e os atributos químicos do solo, água e resíduo. Por fim, os custos e as receitas foram contabilizados com finalidade de avaliar a rentabilidade da implantação de uma usina de briquetagem. Constatou-se que, em Sinop-MT, os resíduos madeireiros gerados entre os anos de 2009 a 2014 somam 6.107.744,42 m³. Considerando, neste cenário, a forma de estocagem do resíduo madeireiro, as amostras de resíduos parcialmente decompostos, apresentaram lixiviação de nutrientes para o solo. As amostras de solo coletados abaixo do monte confirmaram o enriquecimento de nutrientes. A análise imediata do resíduo indicou baixo poder calorífico em consequência dos altos teores de umidade e cinzas. O aproveitamento dos resíduos madeireiros gerados em Sinop-MT como insumo para usina de briquetes é considerado viável, com taxa interna de retorno próxima à taxa mínima de atratividade esperada, valor presente líquido positivo e retorno do investimento a partir do sexto ano, com lucro contábil de R\$ 1.160.671,00.

Palavras-chave: Resíduo de madeira. Estocagem. Características químicas. Viabilidade. Briquetagem.

PREILIPPER, Udimara Erica Mattei. **Wood Residues in the municipality of Sinop-MT: accumulation effects on soil and the option to briquetting.** 2016. 64 p. Dissertation (Master's degree in Bioenergy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

The expansion of human activities in the search for development promotes increases in the residue generation that in most cases can be reused as inputs in other economic activities, making them more durable. In this way, the research had with aim to evaluate the impact of the deposition of wood residues on soil properties and their value as raw material for briquetting in the municipality of Sinop-MT. Therefore, were quantified the existing residues stocks in this municipality from data provided by the Ministry of Environment. Then, were analyzed the levels of nutrients of the residue and the chemical attributes of the soil, water and residue. Finally, the costs and income were accounted with finality of evaluate the profitability of the implementation of a briquetting plant. It was found that in Sinop-MT, the woods residues generated between the years of 2009 to 2014 totaling 6.107.744,42 m³. Considering, this scenario, the form of storage of wood residue, the sample of residues partially decomposed, showed leaching of nutrients to the soil. The soil samples collected down the hill confirmed the enrichment of nutrients. The immediate analysis of the residue showed low calorific power in consequence of the high levels of moisture and ashes. The utilization of wood residues generated in Sinop-MT as input for the briquette plant is considered viable, with internal rate of return next to the minimum expected rate of attractiveness, positive net present value and return on investment from the sixth (6th) year, with net income of R\$ 1.160.671,00.

Keywords: Residue of Wood. Storage. Chemical Characteristic. Viability. Briquetting.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Esboço das relações do sistema econômico com o meio ambiente. | 15 |
| Figura 2 - Estrutura da cadeia produtiva do setor de base florestal. | 18 |
| Figura 3 - Localização do Município de Sinop-MT..... | 21 |
| Figura 4 - Área do depósito de resíduos madeireiros..... | 25 |
| Figura 5 - Esquema amostral. | 27 |
| Figura 6 - Ilustrações referentes a coleta das amostras de solo (a, b e c) e imagens da área de pastagem (d). | 28 |
| Figura 7 - Local da coleta e a amostra da água superficial do monte. | 29 |
| Figura 8 - Forno mufla (a) e dessecador (b) utilizados. | 32 |
| Figura 9 - Mufla e cadinhos com cinza. | 33 |
| Figura 10 - Gráfico da relação entre A (coeficiente variável) e MV' (matérias voláteis base úmida) com aplicação de regressão linear e R-quadrado. | 60 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Principais fórmulas utilizadas na análise financeira de projetos. | 35 |
| Tabela 2 - Produção (m ³) e classificação dos resíduos de madeira gerados no Município de Sinop-MT no período de 2009 a 2014..... | 37 |
| Tabela 3 - Teores médios de nutrientes dos resíduos avaliados. | 39 |
| Tabela 4 - Valores médios para os resultados das análises químicas do solo em função das profundidades de coleta das amostras. | 41 |
| Tabela 5 - Valores médios da análise imediata e poder calorífico inferior do resíduo de madeira. | 43 |
| Tabela 6 - Resumo dos dados financeiros referentes à implantação da usina de briquetagem. | 47 |
| Tabela 7 - Resumo dos resultados econômico-financeiro da usina de briquetagem para o município de Sinop..... | 48 |
| Tabela 8 - Valores médios para os resultados das análise física solo – textura. | 58 |
| Tabela 9 - Análise química da água lixiviada. | 58 |
| Tabela 10 - Relação entre A (coeficiente variável) e MV' (matérias voláteis base úmida). | 60 |
| Tabela 11 - Classificação do pH em água e em CaCl ₂ para solos do Mato Grosso. | 61 |
| Tabela 12 - Interpretação de análise de solo para P extraído pelo método Mehlich, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada de culturas anuais em sistemas de sequeiro. | 61 |
| Tabela 13 - Critérios de interpretação de atributos químicos para avaliação da fertilidade dos solos da região dos cerrados. | 61 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| ABIMCI | Norma Brasil Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente |
| ABRAF | Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas |
| Al | Alumínio |
| ATPFs | Autorizações de Transporte Produtos Florestais |
| C/N | Relação Carbono/ Nitrogênio |
| Ca | Cálcio |
| CF | Teor de Carbono Fixo |
| CTC | Capacidade de Troca Catiônica |
| CV | Coefficiente de Variação |
| CZ | Teor de Cinzas |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| FCO | Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste |
| GPS | Sistema de posicionamento global |
| IBAMA | Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IMAZON | Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia |
| IMEA | Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária |
| K | Potássio |
| m | Porcentagem de saturação por alumínio |
| m ² | Metro quadrado |
| m ³ | Metro cúbico |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| Mg | Magnésio |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| MO | Matéria Orgânica |
| MV | Teor de Matérias Voláteis |
| N | Nitrogênio |
| P | Fósforo |
| PCI | Poder Calorífico Inferior |

| | |
|----------|--|
| PIB | Produto Interno Bruto |
| REMADE | Revista da Madeira |
| SEMA | Secretaria de Estado de Meio Ambiente |
| SEPLAN | Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso |
| SINOP | Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná |
| SISFLORA | Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais |
| sp | Espécie |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |
| t | Toneladas |
| U | Teor de Umidade |
| V | Porcentagem de saturação por bases |
| VBPF | Valor Bruto da Produção Florestal |
| VPL | Valor Presente Líquido |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|---|----|
| Equação 1 - Teor de umidade | 31 |
| Equação 2 - Teor de materiais voláteis | 31 |
| Equação 3 - Teor de cinzas..... | 32 |
| Equação 4 - Poder calorífico | 33 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 3.1 | ENERGIA E BIOMASSA | 14 |
| 3.1.1 | Biomassa como Fonte Energética..... | 16 |
| 3.1.2 | Cadeia Produtiva Madeireira | 17 |
| 3.1.2.1 | Resíduos da indústria madeireira | 19 |
| 3.2 | MUNICÍPIO DE SINOP-MT | 21 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 24 |
| 4.1 | COLETA DOS DADOS | 24 |
| 4.2 | DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 24 |
| 4.2.1 | Amostragem do Solo | 26 |
| 4.2.2 | Coleta da Água..... | 29 |
| 4.2.3 | Coleta das Amostras dos Resíduos de Madeira | 30 |
| 4.4 | VIABILIDADE ECONÔMICA..... | 34 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 5.1 | ATIVIDADE MADEIREIRA | 36 |
| 5.2 | AVALIAÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS MADEIREIROS | 38 |
| 5.3 | AVALIAÇÃO DO SOLO LOCAL | 40 |
| 5.4 | ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA DO RESÍDUO MADEIREIRO..... | 42 |
| 5.5 | VIABILIDADE ECONÔMICA..... | 45 |
| | CONCLUSÕES | 49 |
| | REFERÊNCIAS | 50 |

APÊNDICES58

ANEXOS59

1 INTRODUÇÃO

O setor madeireiro no Estado do Mato Grosso é responsável por uma parcela significativa do PIB Estadual, contribuindo para a geração de emprego e renda, através da produção, corte, beneficiamento e industrialização da madeira. Entre os municípios do Estado, Sinop se destaca por apresentar um número expressivo de indústrias madeireiras extrativistas.

Na maioria dos casos, essas empresas apresentam baixo aproveitamento de matéria-prima, gerando enormes estoques de resíduos, que são simplesmente empilhados e encontram-se hoje em diversos estágios de degradação, devido ao tempo em que ficaram expostos a céu aberto. Muitas vezes, esses resíduos são queimados, de forma proposital ou não, com liberação de particulados finos para a atmosfera.

Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência dos resíduos madeireiros nas propriedades do solo, e seu valor como matéria-prima para briquetagem.

Desta forma, o aproveitamento dos resíduos madeireiros, pode contribuir para a geração de empregos e renda, além de fomentar o desenvolvimento local em cidades que antes tinham na monocultura, criação de gado de corte e beneficiamento de madeira, ou apenas uma cultura agrícola, suas principais atividades econômicas.

Outra possibilidade a ser considerada, com a geração de energia renovável, é que esta atividade contribuirá temporariamente para a expansão e diversificação da economia local.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto da deposição de resíduos madeireiros nas propriedades do solo e a potencialidade econômica da sua conversão em energia térmica no Município de Sinop-MT.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mapear a produção e industrialização da madeira no Município de Sinop-MT, no período de 2009 a 2014;

Fazer o levantamento dos estoques de resíduos madeireiros no Município de Sinop-MT, bem como suas formas de acondicionamento/estocagem;

Caracterizar quimicamente os resíduos madeireiros, a água e o solo, encontrados no pátio da madeireira;

Analisar indicadores financeiros, relacionando à viabilidade econômica para a implantação de uma indústria de briquetes em Sinop-MT.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ENERGIA E BIOMASSA

Uma das questões mais debatidas atualmente é a relação existente entre economia e meio ambiente, pelo fato de envolver a exploração econômica dos recursos naturais e a geração de impactos ambientais.

Para Thomas e Callan (2010) “a contribuição das ciências econômicas para o processo de aprendizado é fornecer ferramentas analíticas que ajudem a explicar as interações entre mercado e meio ambiente, as implicações dessas relações e as oportunidades de soluções efetivas”.

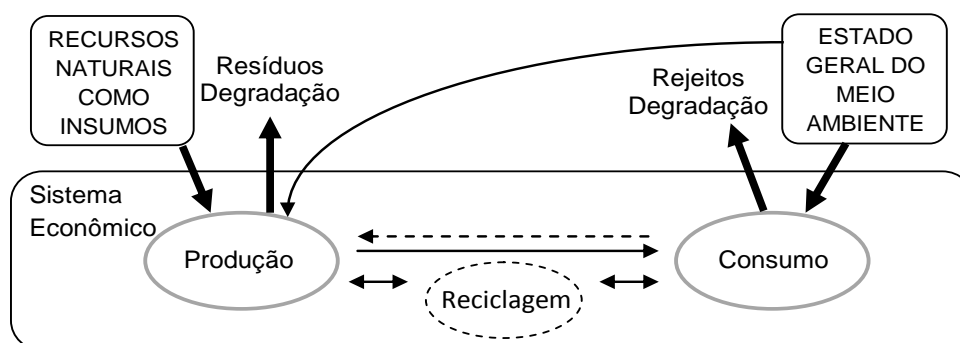
Ramos destaca que (2010) “a teoria econômica vem buscando, através de seu arcabouço, determinar formas eficientes e sustentáveis para a utilização dos recursos ambientais”.

Andrade (2008, p. 4) complementa que:

[...] o sistema econômico atua num determinado espaço, alterando-o consideravelmente devido a sua expansão. Assim, pode-se dizer que a economia apresenta impactos sobre o meio ambiente, os quais são função da escala (tamanho, dimensão) do sistema econômico e do estilo dominante de crescimento econômico (modo pelo qual o sistema econômico se expande).

Mueller (2007) destaca que o sistema econômico, não atua independentemente do sistema natural que lhe sustenta. O mesmo se relaciona com o meio ambiente, de forma a extrair recursos naturais e devolver resíduos. Na Figura 1, apresenta-se um esquema que indica as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente.

Figura 1 - Esboço das relações do sistema econômico com o meio ambiente.



Fonte: Mueller (2007).

Como pode ser observada, na Figura 1, a relação entre meio ambiente e o sistema econômico, indica que tanto a produção, quanto o consumo, fazem uso de recursos naturais como fonte de insumos. Em contrapartida, devolvem-se ao meio ambiente os resíduos, por parte da produção, e rejeitos, por parte do consumo.

Mesmo quando recuperados, a conversão de resíduos em bens reciclados ou reutilizados é apenas temporária. E, mais cedo ou mais tarde, esses também se transformarão em resíduos.

Portanto, percebe-se que uma das consequências que pode influenciar o aumento da geração de resíduos poluentes (externalidade negativa) é a modernização do sistema econômico, com relação à expansão das atividades humanas, promovidas pela busca do bem-estar.

Para Amazonas (2012), as externalidades são causadas pelas inúmeras condições de ineficiência de mercado, devido ao caráter de bem público dos recursos naturais, ou seja, não exclusividade de uso. Assim as empresas, tornam-se poluidoras devido ao uso superior a quantidade considerada socialmente “ótima”. E os cidadãos, atingidos pelo efeito da poluição defendem seus direitos de terem água limpa e ar puro, dentre outros recursos disponibilizados pela natureza.

Portanto, para haver correção dessa falha, Andrade (2008) ressalta que é necessária a criação de mecanismos institucionais de controle, ou seja, taxaço e licença, “capazes de promover a internalização das externalidades no cálculo econômico dos agentes”, fazendo com que apenas o nível socialmente “aceito” de poluição seja atingido.

Com relação à economia dos recursos naturais, esta engloba a racionalidade de maximização das utilidades individuais com a resultante determinação do uso ótimo ou eficiente dos recursos em equilíbrio, ou seja, lida com os aspectos da extração ou exaustão dos recursos ao longo do tempo, sejam eles: solo, minerais, água, recursos florestais madeireiros e não madeireiros, enfim, todos os recursos renováveis ou não renováveis (MAY, 2010).

Segundo Amazonas (2012) a taxa ótima de extração de um recurso está resumida na chamada Regra de Hotelling, a qual parte do entendimento que:

[...] uma vez que um estoque de recurso natural pode ser extraído hoje ou preservado para extração futura, a questão da utilização dos recursos naturais é um problema de alocação intertemporal de sua extração. E esta alocação seria obtida através da maximização de utilidade com a inclusão do conceito de custo de oportunidade e do procedimento de desconto dos valores ambientais futuros a valor presente, determinando-se assim o nível "ótimo" ou taxa "ótima" de extração.

Neste contexto, a preocupação com relação à utilização dos recursos naturais e os impactos causados sobre a natureza com a expansão da produção, fazem com que haja mudanças nos conceitos e ações por parte dos consumidores. O que acaba acarretando em modificação, tanto nos processos, quanto nos produtos, no sentido de minimizar os impactos causados pela extração dos recursos naturais, produzindo-se assim, produtos com selo sustentável.

3.1.1 Biomassa como Fonte Energética

Biomassa pode ser considerada como toda matéria orgânica de origem animal e vegetal (lenhoso ou não lenhoso), bem como os resíduos agrícolas, urbanos e industriais, voltados para fins energéticos (CORTEZ, 2008). A forma mais abundante encontrada na natureza, a madeira, permite sua utilização como fonte de energia (luz e calor) desde os primórdios das civilizações humanas (PRETO e MORTOZA, 2010).

No Brasil, do total de energia elétrica ofertada internamente, 7,3% é proveniente da biomassa, o que inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outros resíduos, representando a terceira maior fonte energética do país (BRASIL, 2015).

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL,

2012), até junho de 2012, o Brasil apresentava 436 usinas termoelétricas movidas a biomassa, o que corresponde a um total de 9.289.937 kW (quilowatts) instalados. Do total destas usinas, 14 eram abastecidas por licor negro (resíduo da celulose), com capacidade de geração de 1.245.198 kW; 43 por madeira (376.535 kW); 19 por biogás (77.308 kW); oito por casca de arroz (32.608 kW) e 352 por bagaço de cana (7.558.288 kW). Tais empreendimentos são na maioria de pequeno porte, o que facilita a instalação nas proximidades dos centros de consumo e de suprimento.

O interesse por fontes energéticas, como a biomassa ganhou espaço, pelo fato desta fonte ser considerada limpa e renovável, além de ser uma alternativa ambientalmente correta que apresenta vantagem tanto ambiental, como econômica, pois a energia gerada advém de insumos produzidos pela natureza ou decorrente de processos que utilizam recursos naturais (PRETO e MORTOZA, 2010).

3.1.2 Cadeia Produtiva Madeireira

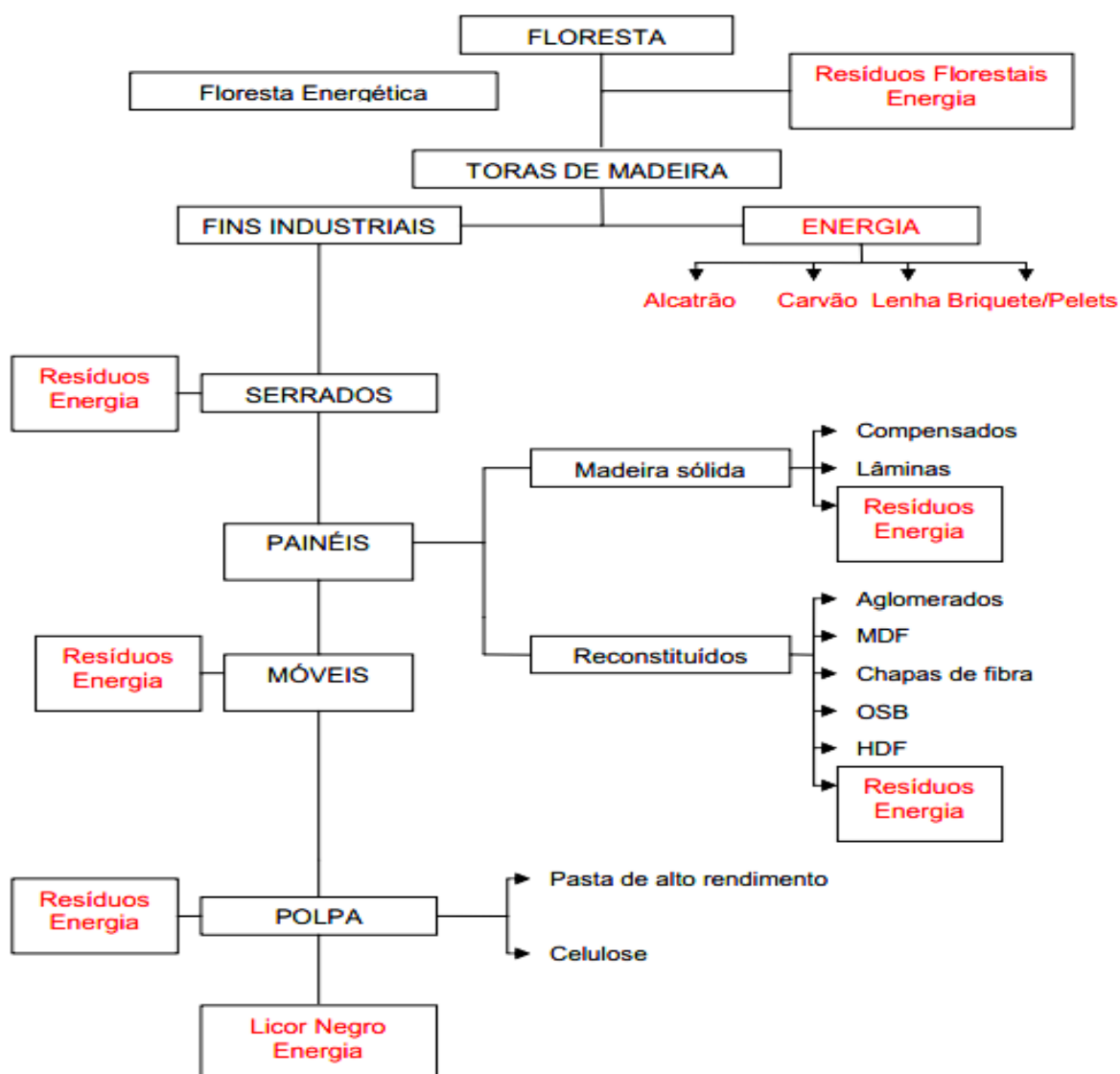
A cadeia produtiva da madeira é caracterizada, segundo Selmany (1993), pelo conjunto de atividades relacionadas desde a colheita até o processo de transformação da madeira e seus derivados.

Neste sentido, Polzl *et al.* (2003) destaca que a cadeia produtiva da madeira é dividida em três categorias: industrial (papel, painéis de alta densidade, aglomerados, Medium Density Fibreboard – MDF e Oriented Strand Board – OSB); energética (lenha e carvão) e processamento mecânico (serrados, compensados e laminados).

O setor florestal contempla diversas atividades econômicas importantes, como o fornecimento de matéria-prima para a indústria da construção civil, moveleira, de transformação (indústria de papel e celulose, serrados, chapas de madeira) e energética (resíduos de madeira, carvão vegetal), entre outras.

Desta forma, a Figura 2, indica as várias etapas da cadeia produtiva do setor de base florestal.

Figura 2 - Estrutura da cadeia produtiva do setor de base florestal.



Fonte: Teixeira (2009).

A Figura 2 indica ainda que os resíduos gerados durante o processo de beneficiamento da madeira podem ser usados alternativamente da produção de energia elétrica, a produção de adubos orgânicos, dentre outros fins, agregando valor a um produto sem destinação correta, na visão dos empresários do setor madeireiro.

Para o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010) existem no Brasil duas fontes de madeira: as florestas nativas, com aproximadamente 509 milhões de

hectares, representando 98,7% do total das florestas; e as florestas plantadas, com cerca de 6,8 milhões de hectares, sobretudo com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que correspondem a 1,3% do total das florestas no país.

O MMA (2010) destaca ainda que o valor total da extração de madeira em toras de florestas nativas e plantadas, usadas na indústria e como combustível, gerou recursos financeiros da ordem de R\$ 12.797.000,00 no ano de 2009, o que equivale a uma quantidade de 245.156.000 m³, ou seja, aproximadamente 2% menor que no ano de 2008.

Ademais, o setor florestal brasileiro é considerado estratégico, principalmente no que diz respeito ao fornecimento de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria nacional de base florestal e importante contribuinte no crescimento da economia brasileira (ABIMCI, 2007; ABRAF, 2011).

Desta forma, este setor contribui de forma econômica, social e ambiental, promovendo a geração de empregos e renda, melhorando a qualidade de vida no campo e o equilíbrio ambiental.

A ABRAF (2012) apresenta ainda a contribuição econômica, social e ambiental, das florestas plantadas em 2011, através de indicadores como o Valor Bruto da Produção Florestal (VBPF), estimada em R\$ 53,9 bilhões, valor 4% superior em relação ao ano de 2010, e a geração de empregos, manteve 4,7 milhões de postos de trabalho, incluindo empregos indiretos (1,5 milhões), empregos diretos (0,6 milhões) e empregos resultantes do efeito renda (2,61 milhões).

O Brasil possui um dos maiores remanescentes de florestas nativas no mundo, com cerca de 5,1 milhões de quilômetros quadrados. Segundo o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2013) o setor de base florestal representa a quarta economia do Estado de Mato Grosso, com um PIB de R\$57.294.192, que representa 15% do PIB industrial do Estado.

O setor de base florestal e de extração de madeira apresenta uma dinâmica específica que é “determinada pela oferta de madeira e produtividade das florestas” e pelo crescimento do consumo dos diversos produtos à base de madeira (JUVENAL E MATTO, 2002; VITAL, 2009).

3.1.2.1 Resíduos da indústria madeireira

São considerados resíduos florestais, tanto aquele material deixado no campo após a colheita da madeira (folhas, galhos, cascas e tocos), como também a serragem e aparas produzidas durante o processamento da madeira (CORTEZ, 2008).

Teixeira e César (2006) destacam que as indústrias madeireiras aproveitam apenas de 30% a 60% das árvores processadas, ou seja, “apenas cerca de 1/3 da madeira extraída é transformada em produtos finais”.

A geração de resíduos ocorre durante as fases do beneficiamento da madeira. Estas sobras, como refilos de madeira, serragem, cascas, maravalha e cavaco quando não são utilizadas, acabam sendo na maioria das vezes armazenadas de forma inadequada.

Com relação à geração de resíduos por parte da indústria madeireira, Farra (2004) destaca ainda que os principais pontos de geração de resíduos ocorrem durante a colheita e no processamento da madeira como nas indústrias de serraria, de painéis e de papel e celulose, e que uma das possíveis destinações para o reaproveitamento desses resíduos está na geração de energia. Sendo assim, “estima-se que a indústria de celulose e papel brasileira, gere aproximadamente 05 mil toneladas de resíduos sem aproveitamento energético” (BIODIESELBR, 2012).

Por falta de uma destinação imediata, grandes quantidades desses resíduos são simplesmente empilhadas e encontram-se hoje em diversos estágios de decomposição. Muitas vezes, os resíduos são queimados em céu aberto, ou sofrem combustão espontânea com emissão de particulados finos para a atmosfera (FARRA, 2004).

Segundo Teixeira e César (2006) o processo de transformação da madeira gera uma grande quantidade de resíduos que não têm uma destinação correta e “tudo que não serve para o comércio regular vai para o lixo ou é queimado. Quando estes são queimados, contribuem com aumento da poluição do ar, provocando danos ao meio ambiente e às populações existentes próximas a essas indústrias”.

Os resíduos madeireiros compõem parte importante da disponibilidade da biomassa para geração de eletricidade em alguns países, reunindo condições favoráveis para a substituição de combustíveis fósseis, pois além da grande quantidade gerada na colheita e durante o processamento, a

“madeira e seus resíduos são utilizados para gerar energia devido à sua alta capacidade calorífica” (TEIXEIRA, 2009).

O setor madeireiro espanhol é exemplar quanto ao aproveitamento total dos resíduos, utilizando os restos de matéria-prima para a fabricação de painéis (compostos de 26% de madeira e 74% de subprodutos) e as sobras são usadas como fonte de energia, por meio das atividades de cogeração instaladas nas fábricas (FARRA, 2004).

Em regiões como a europeia, metade do consumo de energia renovável vem do uso da madeira, seja na forma de lenha, serragem ou granulado. Na Alemanha, mesmo com o incentivo direcionado para a energia eólica e solar que são subsidiados pelo governo, 38% do consumo de combustíveis não fósseis vem da madeira. E em países como a Polônia e Finlândia, a madeira corresponde a 80% da demanda por energias renováveis (REMADE, 2013).

Por estes motivos, o resíduo que antes era considerado lixo, por falta de destinação, devido à grande quantidade gerada no processo de industrialização da madeira, agora pode ser considerado matéria-prima para produção de briquetes.

Essa utilização tem vantagens e desvantagens, dependendo do processo utilizado e da distância de transporte até o local da queima. A briquetagem promove a compactação do resíduo madeireiro, promovendo aumento do poder calorífico e redução do volume, facilitando o manuseio e transporte.

3.2 MUNICÍPIO DE SINOP-MT

O município de Sinop está situado na região norte de Mato Grosso, com uma área territorial de 3.942,231 km², ficando a 500 km da capital do Estado, e faz limite com os municípios de: Sorriso, Vera, Santa Carmem, Cláudia, Itaúba e Tapurah.



Fonte: MT Municípios (2015).

A criação do município de Sinop é consequência da política de ocupação da Amazônia Legal Brasileira, desenvolvida pelo Governo Federal na década de 1970. Foi projetada em 1972 e fundada em 14 de setembro de 1974, como distrito do Município de Chapada dos Guimarães. Porém foi emancipada em 1979, com o nome SINOP que deriva das letras iniciais da Colonizadora que projetou a cidade, Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná (SINOP, 2015).

A colonizadora SINOP incentivou a migração de pequenos produtores da região sul, principalmente do Estado do Paraná, com o objetivo de cultivar o café. Mas devido às condições de baixa fertilidade do solo, diferença do clima e a falta de técnica, os agricultores não obtiveram êxito no cultivo.

Nesse sentido, tornou-se forte a atividade de extração, beneficiamento e industrialização da madeira na região. Que posteriormente contribuiu para abertura de novas áreas para a inserção de outras culturas (MONTEIRO e GOMES, 2000).

Até o final da década de 90, o setor madeireiro era a principal base da economia do município, responsável por grande parte da geração das receitas e de postos de trabalho (diretos e indiretos) do município.

Em 2005, com a realização da operação curupira (SOUZA; RAUBER, 2007) ocorreu o fechamento de muitas indústrias madeireiras e a demissão de cerca de 10 mil funcionários ligados ao setor.

Atualmente o município de Sinop encontra-se entre os cinco maiores do Estado e é um dos principais polos madeireiros, onde estão concentradas 20%

das indústrias de madeira existentes no Estado, com uma produção estimada de 839.806,45 m³ de toras de madeira nativa (IMAZON, 2010). Entre os principais tipos de madeira encontrados na região, destacam-se: angelim, itaúba, cedro, peroba, garapeira, cambará e outras (SEMA, 2015).

Sinop tem uma população estimada para o ano de 2015 de 126.817 habitantes, e o seu Produto Interno Bruto no senso de 2012 foi de R\$ 2.476.086.707,00, sendo que deste total, o setor de serviços contribuiu com 67%, com um montante de R\$ 842.041.232,00, seguido pelo setor industrial (14,08%) e setor agropecuário (6,8%) (IBGE, 2014).

Pode-se observar que a atividade madeireira no município ainda é de grande importância, principalmente no processamento de madeiras nativas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 COLETA DOS DADOS

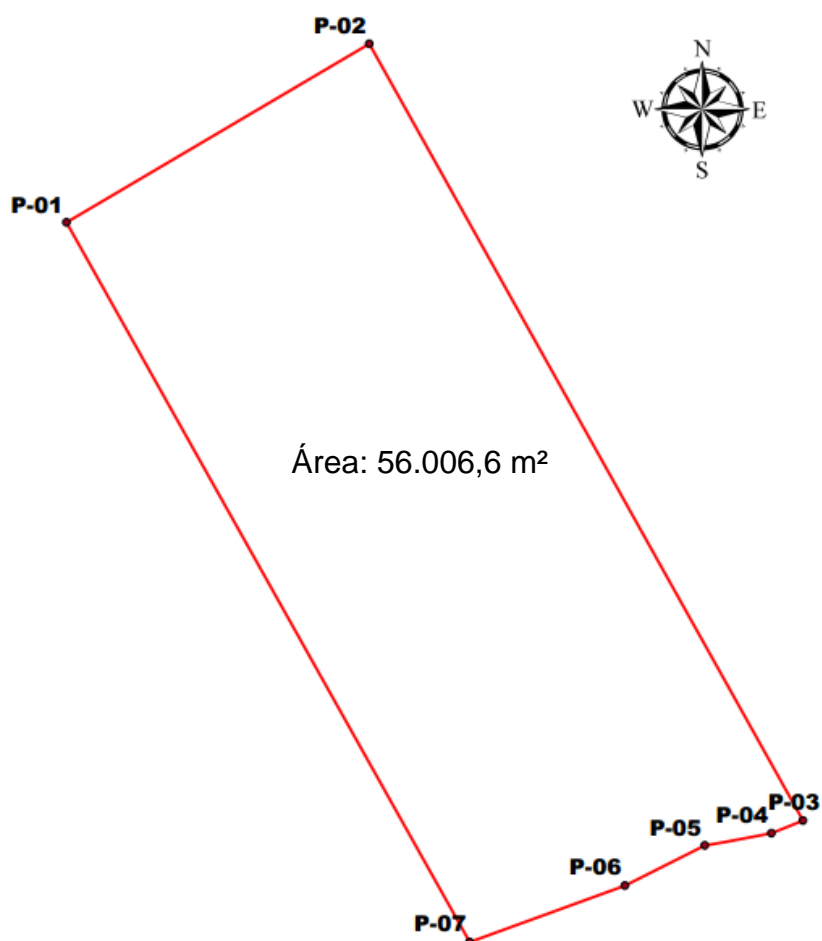
Os dados sobre os estoques de biomassa madeireira foram levantados através de pesquisas secundárias junto ao banco de dados da SEMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente) no sistema do SISFLORA, no período de 2009 a 2014. Através da produção madeireira de indústria por indústria, comparando os resíduos gerados dentro do processo de classificação de origem e de destino estabelecida pela SEMA, foi possível determinar a porcentagem de aproveitamento, ou seja, a relação entre o volume de madeira total que entra e o volume de resíduos gerados.

4.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Avaliou-se um caso, para obterem-se as informações de interesse. A área de estudo localiza-se no município de Sinop, na região norte do Estado de Mato Grosso, em um depósito de resíduos madeireiros situado na Estrada Alzira. Para melhor precisão avaliou-se a área do depósito por meio do *software Google Earth*.

A área total do depósito é de aproximadamente 56.006,6 m², com largura de 149,16 metros e comprimento de 375,48 metros, Figura 4. Segundo o proprietário, o depósito tem a idade aproximada de 17 anos.

Figura 4 - Área do depósito de resíduos madeireiros.



| PONTO | N | E |
|-------|-------------|------------|
| P-01 | 8684141,813 | 660179,951 |
| P-02 | 8684217,402 | 660308,285 |
| P-03 | 8683888,815 | 660492,034 |
| P-04 | 8683883,481 | 660478,696 |
| P-05 | 8683878,250 | 660450,410 |
| P-06 | 8683861,353 | 660416,593 |
| P-07 | 8683837,450 | 660350,803 |

Fonte: o próprio autor (2015).

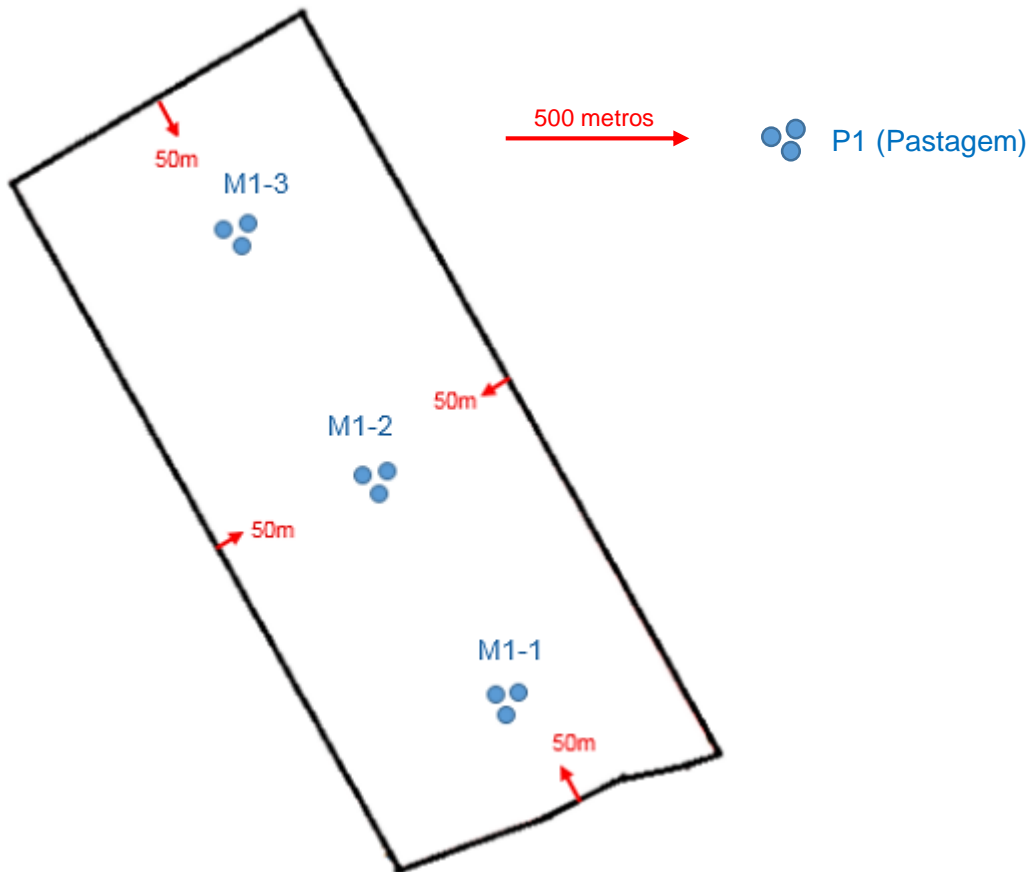
Com topografia plana, o solo predominante da região é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd), que engloba solos minerais que variam de

profundos e muito profundos, argilosos, bastante permeáveis e muito porosos (SEPLAN, 2012; TEIXEIRA, 2006).

4.2.1 Amostragem do Solo

As coletas das amostras de solo foram realizadas no mês de fevereiro de 2015, período caracterizado como chuvoso na região. Com o auxílio de um trado, tipo perfurador manual, as amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Para cada amostra composta foi coletado aproximadamente 500 gramas de terra.

Os pontos coletados obedeceram a uma faixa de no mínimo 50 metros de distância de cada lateral do depósito, para minimizar interferências externas, o efeito de bordadura. Foram coletadas quatro amostras compostas, duas amostras nas extremidades do depósito de resíduos (M1-1; M1-3), uma no centro (M1-2), e uma amostra considerada testemunha, coletada a uma distância de 500 metros do depósito, em um solo de pastagem (P1). Como indicado na Figura 5, cada amostra foi composta por três subamostras, totalizando assim, doze pontos amostrais para cada profundidade.

Figura 5 - Esquema amostral.

Fonte: o próprio autor (2015).

O solo coletado foi homogeneizado em uma superfície limpa e plana, colocado em sacos plásticos devidamente identificados, acondicionados em uma caixa de papelão e encaminhados para o Laboratório de Análises (AgroAnálise Laboratórios Integrados Souza Neto & Souza Neto Ltda, Cuiabá – MT).

Figura 6 - Ilustrações referentes à coleta das amostras de solo (a, b e c) e imagens da área de pastagem (d).



Fonte: o próprio autor (2015).

Foram realizadas análises químicas e físicas de rotina, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997), para determinação de: pH em cloreto de cálcio (CaCl_2 , 0,01M na relação 1:2,5); fósforo (P); potássio (K), alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); hidrogênio (H) e matéria orgânica (MO). Com os dados obtidos, foram calculados: capacidade de troca catiônica (CTC), porcentagem de saturação por bases (V) e porcentagem de saturação por alumínio (m). Para as análises granulométricas, seguiu-se o método de densímetro da EMBRAPA (1998).

As análises estatísticas foram realizadas considerando o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições, para cada profundidade. Para a comparação das médias das variáveis avaliadas, empregou-se o teste de Tukey em nível de 5% de significância, usando o programa estatístico Sasm-agri.

4.2.2 Coleta da Água

Para a coleta das amostras de água, foram usadas duas garrafas de polipropileno (garrafa de água mineral) esterilizadas, que foram lavadas três vezes com a própria água de coleta. Realizou-se a coleta da água acumulada em poças na superfície do depósito de resíduos, após a chuva do dia anterior. Além disso, foram feitas três perfurações com o auxílio de um trado, de aproximadamente 2 metros de profundidade. Após 10 minutos, ocorreu acúmulo de água dentro desses buracos devido à grande umidade presente nos resíduos. Essa água foi coletada com o auxílio de uma garrafa e misturada com a água coletada da superfície do depósito.

Figura 7 - Local da coleta e a amostra da água superficial do monte.



Fonte: o próprio autor (2015).

Após a coleta, as duas garrafas de água foram lacradas, identificadas e encaminhadas para análises no AgroAnálise Laboratórios Integrados Souza Neto & Souza Neto Ltda, em Cuiabá – MT.

Seguindo a metodologia *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd*, foram determinados: pH (método 4500 B); sólidos totais (2540 B); nitrogênio amoniacal (4500 NH D); nitrogênio total (4500N org B); demanda bioquímica de oxigênio (DBO- 5210 B); demanda química de oxigênio (DQO- 5220 B) e cloretos (4110B).

4.2.3 Coleta das Amostras dos Resíduos de Madeira

Para o resíduo madeireiro ou pó de serra, foram coletadas três amostras compostas: a primeira amostra foi coletada durante o processo de laminação, identificada como R1. Duas amostras foram coletadas no depósito de resíduos, sendo uma ao centro do depósito, a uma altura de 3 metros do chão, identificada como R2; e uma rente ao solo, identificada como R3.

As amostras coletadas do depósito de resíduos foram compostas de três subamostras. A amostra R1 foi coletada durante o processo de laminação de uma tora nativa. As amostras foram homogeneizadas e colocadas em sacos plásticos, etiquetadas e enviadas para a análise na empresa AgroAnálise Laboratórios Integrados Souza Neto & Souza Neto Ltda, em Cuiabá – MT.

Seguindo a metodologia do MAPA (2013, p. 125 e 126) analisou-se: pH em água e carbono orgânico. Para as análises de nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e fósforo fez-se uso da metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997, p. 233 e 234). Tais análises foram realizadas em duplicatas.

Para as determinações dos teores de umidade (U), matérias voláteis (MV), cinzas (CZ), carbono fixo (CF) e o poder calorífico estimado (PCI), foram usadas normas padronizadas seguindo a metodologia de BORSATO *et al.* (2009). As amostras de resíduos madeireiros foram encaminhadas ao Laboratório do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina, onde as análises foram realizadas em triplicatas. Para comparação dos resultados, realizou-se a comparação das médias de forma inteiramente casualizada, empregando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, usando o programa estatístico Sasm-agri.

4.2.3.1 Determinação do teor de umidade

Para a avaliação do teor de umidade, obteve-se a massa do resíduo úmido através de uma balança analítica de precisão. Foram pesadas aproximadamente um grama do resíduo madeireiro, em um cadinho, cuja a massa foi anteriormente determinada. As amostras foram colocadas na estufa a 100 - 110°C, durante 5 horas. Retiradas às amostras da estufa e colocadas no dessecador

até atingirem a temperatura ambiente, para serem pesadas. O teor de umidade foi obtido utilizando a equação abaixo:

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

U = teor de umidade da amostra (%);

m_2 = massa seca da amostra + cadinho (g);

m_1 = massa da amostra úmida + cadinho (g);

m = massa da amostra (g).

4.2.3.2 Determinação do teor de matérias voláteis

Após a pesagem as amostras secas foram transferidas para um Forno Mufla (MA 385, marca Marconi), com capacidade de aquecimento até 1300°C. Foi colocada a tampa no cadinho e o posicionou na porta da mufla por três minutos, para pré-aquecimento (Figura 6 a). Após três minutos, os cadinhos com as tampas foram colocados no interior da mufla com a porta fechada, durante sete minutos, a uma temperatura de 900°C. Após esse procedimento, foi retirada a amostra da mufla e encaminhada ao dessecador até seu resfriamento, para realizar novamente a pesagem. Para o cálculo da matéria volátil usou-se a Equação 2.

$$MV = \frac{m_2 - m_3}{m} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

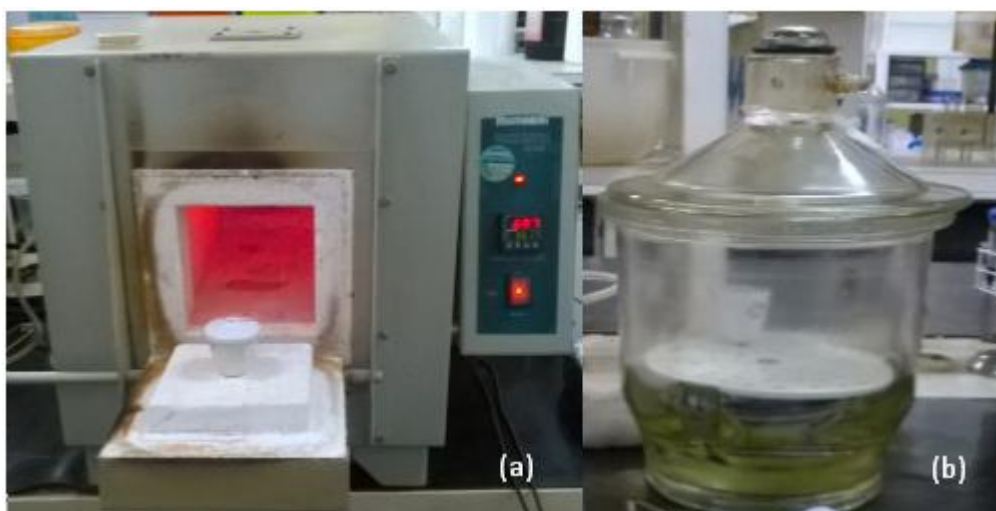
MV = teor de voláteis (%);

m_3 = massa final proveniente da mufla + cadinho (g);

m_2 = massa seca da amostra + cadinho (g);

m = massa da amostra (g).

Figura 8 - Forno Mufla (a) e dessecador (b) utilizados.



Fonte: o próprio autor (2015).

4.2.3.3 Determinação do teor de cinzas

O material proveniente da etapa anterior foi colocado no Forno Mufla a uma temperatura de $700 \pm 10^\circ \text{C}$, por um período de 3 a 4 horas. Ao final da combustão dos componentes orgânicos e oxidação dos inorgânicos, procedeu-se a pesagem das cinzas. O teor de cinzas foi calculado da seguinte forma:

$$CZ = \frac{m_4 - m_{\text{cadinho}}}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

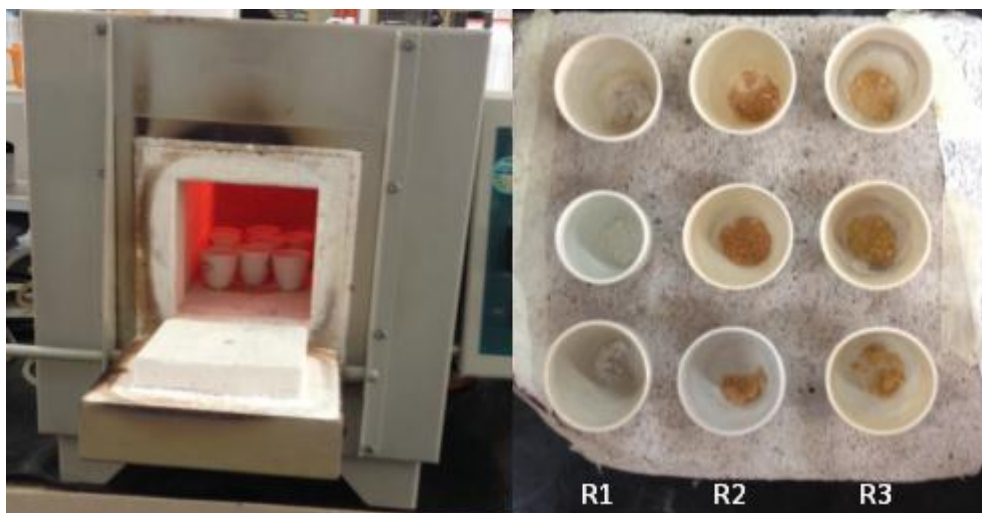
CZ= teor de cinzas (%);

m_4 = massa de cinzas (g);

m_{cadinho} = massa do cadinho (g);

m = massa da amostra (g).

Figura 9 - Mufla e cadinhos com cinza.



Fonte: o próprio autor (2015).

4.2.3.4 Determinação do teor de carbono fixo

O valor do carbono fixo foi calculado subtraindo-se da massa inicial da amostra, os valores obtidos do teor de umidade, materiais voláteis e a cinza da amostra.

4.2.3.5 Determinação do poder calorífico

Para a obtenção do poder calorífico foi utilizada a equação de Gouthal, ou seja:

$$PCI = 82CF + (A \times MV) \quad (4)$$

Na qual, PCI é o poder calorífico inferior (em cal/g ou kcal/kg), CF representa o carbono fixo base úmida (teor), MV as matérias voláteis base úmida (%), A é o coeficiente variável com MV, sendo uma função do teor em matérias voláteis em base seca sem cinzas (MV') (Anexo A).

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Um dos aspectos relacionados ao aproveitamento de resíduos madeireiros voltados a geração de energia renovável é o estudo sobre a viabilidade econômico-financeira.

Desta forma, foi realizada uma análise econômico-financeira do projeto no município pesquisado, para determinar a rentabilidade do empreendimento, empregando técnicas de análise de viabilidade econômica.

Nesse sentido, foi realizada a estimativa e análise de orçamentos para o projeto, para determinar o preço final do produto, que o tornaria viável e cobriria os custos envolvidos. Além disso, foram empregadas técnicas de análise de viabilidade como: Fluxo de Caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (Payback).

Através do método de valor presente líquido (VPL), (FARRA, 2004) pode-se identificar “em unidades monetárias, o incremento de riqueza, decorrente da implantação do projeto”. Bordeaux-Rêgo *et al.* (2007) considera viável o projeto, caso o VPL seja maior que zero. Se o VPL for negativo, o retorno do investimento será inferior ao mínimo esperado, tornando o projeto não atrativo. No caso do VPL ser igual à zero, significa que é indiferente aceitar ou não o projeto, pois o retorno do projeto seria igual à Taxa Mínima de Atratividade – TMA.

Para Santos *et al.* (2004), a Taxa Interna de Retorno, “corresponde à taxa de juros que torna equivalente o investimento inicial ao fluxo de caixa subsequente, ou seja, é a taxa que torna nulo o Valor Presente Líquido do projeto dentro de um período de tempo estipulado”. Sua análise consiste em comparar a TIR com a Taxa Mínima de Atratividade, que é definida como “a expectativa mínima de rentabilidade, em termos de taxa de juros, que se espera em um investimento e seu valor depende de cada indivíduo”.

E por fim, apresenta-se a estimativa de retorno do investimento (payback), que é um método comumente utilizado para se avaliar o tempo de recuperação do capital investido. Segundo Farra (2004) a metodologia de cálculo para o retorno é o “número de períodos tal que a somatória do fluxo de caixa diferencial seja igual à zero”, onde não se leva em consideração a taxa de juros, fazendo-se assim, apenas a divisão dos custos da implantação do empreendimento

pelo benefício recebido, ou seja, igualando os benefícios ao investimento. As fórmulas para se obter os resultados para análise da viabilidade estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais fórmulas utilizadas na análise financeira de projetos.

| | |
|---|--|
| Valor Presente Líquido – VPL | $\sum_{t=0}^n \frac{FDL_t}{(1+i)^t}$ |
| Taxa Interna de Retorno – TIR | $\sum_{t=0}^n \frac{FDL_t}{(1+i)^t} = 0$ |
| Tempo de Retorno do Investimento (<i>Payback</i>) | $\sum_{t=0}^n FDL_t = 0$ |

Fonte: Farra (2004), adaptado.

Onde:

FDP = fluxo de caixa líquido diferencial no período;

i = taxa de desconto aplicada por período;

n = número de períodos;

t = t-ésimo período.

Conforme a metodologia descrita, o próximo passo é apresentar os resultados e discussão dando ênfase ao uso dos resíduos madeireiros e a relação econômica na produção de briquetes no município de Sinop-MT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ATIVIDADE MADEIREIRA

De acordo com as pesquisas de campo realizadas no município de Sinop, verificou-se que o beneficiamento da madeira apresentou baixo percentual de aproveitamento, variando de 50% a 60%, dependendo da espécie considerada. Chega-se a 60%, no caso da espécie itaúba e abaixo dos 50% no caso do cedrinho, canelão e cambará. Este dado confirma que a atividade gera grande volume de resíduos, devido à baixa taxa de aproveitamento. A sobrevivência desta atividade depende da adequada destinação destes resíduos para diminuir os impactos ambientais e eventualmente ampliar a receita das madeireiras.

Neste sentido, mesmo o município estando entre os maiores produtores de madeira nativa do Estado de Mato Grosso, há deficiência quanto ao aproveitamento dos resíduos gerados antes e durante o processo de beneficiamento da madeira.

Para melhor entendimento dos resultados apresentados, a SEMA (2010) descreve na Portaria nº 096/2010 os dados de origem e de destino para este setor. Logo, tem-se que a classificação de origem está relacionada à geração de resíduos oriundos antes de qualquer transformação da tora, ou seja, são considerados os resíduos gerados durante a extração, por exemplo, cascas, galhos e ápices, até o primeiro processo de beneficiamento da tora, onde são realizados a retirada das costaneiras e o destopo, onde se faz a retirada de pontas estragadas ou inúteis do tronco, pranchas ou tábuas, deixando seções do seu tronco ou sua principal parte em formato roliço destinada ao processamento industrial.

Com relação à classificação de destino, têm-se os resíduos oriundos do processamento industrial das toras.

Para análises das quantidades totais de resíduos gerados anualmente no município de Sinop, a SEMA (2015), disponibiliza os dados referentes ao período 2009 - 2014 sobre a produção total de madeira em Sinop-MT.

Tabela 2 - Produção (m³) e classificação dos resíduos de madeira gerados no Município de Sinop-MT no período de 2009 a 2014.

| Período | | | | | | |
|---|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Número de empresas | 183 | 169 | 182 | 174 | 163 | 146 |
| Produção total de origem (m³) | 5.147.136,71 | 2.600.273,97 | 1.293.002,64 | 1.516.494,68 | 1.379.184,77 | 1.232.331,03 |
| Classificação de destino | | | | | | |
| Lixo | 11.822,90 | 15.605,68 | 31.342,09 | 28.458,83 | 28.243,43 | 24.630,39 |
| Resíduo fonte de energia | 1.003.327,81 | 26.372,36 | 526,11 | 972,12 | 4.058,22 | 12.658,17 |
| Resíduo de madeira | 971.448,43 | 1.107.691,83 | 390.969,83 | 390.139,82 | 371.294,86 | 201.783,42 |
| Resíduo de lâmina torneada | 18.082,49 | 14.493,38 | 1.785,02 | 1.295,75 | 1.321,06 | 737,57 |
| Lascas e achas | 357,26 | 190,51 | 59,26 | 144,12 | 400,57 | 260,37 |
| Cavaco | 297.435,73 | 177.456,74 | 191.690,64 | 246.039,95 | 296.229,29 | 238.418,40 |
| Total de resíduos | 2.302.474,62 | 1.341.810,51 | 616.372,96 | 667.050,58 | 701.547,43 | 478.488,32 |
| Aproveitamento | 55,26% | 48,39% | 52,33% | 56,01% | 49,13% | 61,17% |

Fonte: SEMA/SISFLORA (2015).

Em 2010 ocorreu uma redução de 7,65% no número de indústrias do setor madeireiro (serrarias, madeireiras e laminadoras). Os anos de 2009 e 2010 apresentaram os maiores volumes produtivos de origem. Isso pode ser explicado, pela mobilização realizada pela SEMA e pelo setor de base florestal no período de 2008 a 2010, que agilizaram a liberação de várias licenças ambientais e planos de manejo que se encontravam parados (VENTURA, 2012).

Outra questão levantada em relação à redução das indústrias, tanto no ano de 2010, quanto a redução de 19,78% entre 2011 a 2014, é explicada, pelo excesso de burocracia para aprovação dos projetos de manejo, operação de fiscalização dos órgãos ambientais e intensificação no monitoramento extrativista de toras de madeira nativa, que afetaram de forma direta as empresas madeireiras que trabalhavam na ilegalidade (IMAZON, 2010). Como observado, a redução durante o período analisado foi de quase 04 milhões de metros cúbicos de madeira, em relação a produção total de origem, ou seja, o que chega nas madeireiras.

A Tabela 2 indica ainda a soma total de resíduos gerados durante o processo de beneficiamento da madeira, que chega à indústria e o que é

considerado sem aproveitamento, atingindo 6.107.744,42 m³, ou 1.685.737.459,74 kg/m³, considerando a densidade de 276 kg/m³ (PREILIPPER *et al.*, 2015).

Já o aproveitamento médio de madeira em relação ao que é gerado de resíduo durante o processo classificado como destino, gira em torno de 53,72 % (Tabela 2).

O total de resíduos gerados pela indústria madeireira (Tabela 2) indica que há uma grande deficiência quanto ao aproveitamento dos mesmos, que precisa ser estudado, incentivado e fomentado.

Gomes e Sampaio (2004) consideram que o baixo rendimento do volume de tora está relacionado ao uso de máquinas obsoletas, falta de treinamento da mão de obra, dentre outros fatores que influenciam no mau aproveitamento das toras.

Vale ressaltar que, os estoques excedentes provenientes da aquisição de produtos madeireiros sem origem comprovada ou qualquer outro motivo que descumpra as normas vigentes estabelecidas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, não estão incluídos nos dados publicados (SEMA, 2010).

Sendo assim, pode-se afirmar que o município de Sinop apresenta um grande volume de resíduos madeireiros, que ficam expostos a céu aberto, gerando problemas para as indústrias, à medida que ocupam espaço e mão de obra para a sua remoção.

5.2 AVALIAÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS MADEIREIROS

Na Tabela 3 estão apresentados os teores de nutrientes encontrados das amostras de resíduos madeireiros avaliadas neste estudo. As amostras R1 por serem compostas por resíduos novos não decompostos apresentaram os maiores conteúdos de nutrientes, enquanto as R2 apresentaram os menores. Por outro lado estas amostras (R1) apresentaram os menores valores para a relação C/N, provavelmente porque nas outras por serem de resíduos parcialmente decompostos o N foi liberado e lixiviado para o solo, por meio da água das chuvas.

Tabela 3 - Teores médios de nutrientes dos resíduos avaliados.

| Amostras | pH | C | N | Rel. | Ca | K | Mg | P |
|----------|------------------|------|------|------|-------------------|--------|-------|-------|
| | H ₂ O | % | | C/N | ----- mg/Kg ----- | | | |
| R1 | 6,1 | 13,6 | 0,33 | 41,2 | 610,0 | 230,01 | 270,1 | 22,10 |
| | 6,1 | 13,7 | 0,33 | 41,5 | 600,0 | 218,20 | 266,5 | 21,45 |
| R2 | 4,5 | 8,4 | 0,17 | 49,4 | 30,0 | 40,0 | 31,1 | 13,0 |
| | 4,5 | 8,3 | 0,16 | 51,8 | 31,4 | 41,0 | 31,1 | 12,75 |
| R3 | 6,1 | 9,8 | 0,14 | 70,0 | 120,0 | 50,0 | 110,0 | 26,10 |
| | 6,1 | 10,3 | 0,14 | 73,6 | 120,0 | 50,0 | 112,1 | 25,80 |

R1: Retirado durante a laminação, R2: Meio do depósito, R3: Rente ao solo.

* Análises químicas realizadas no laboratório Agroanálise, Cuiabá, Mato Grosso.

Fonte: o próprio autor (2015).

A velocidade de decomposição dos resíduos é regulada pela relação C/N (KIEHL,1998), mas depende principalmente da sua composição química. Quanto maior a relação C/N maior será o conteúdo de compostos como hemicelulose, celulose e a lignina e mais lenta será a sua decomposição (VILLAS BOAS *et al.*, 2004). Como indicado anteriormente, as amostras R2 e R3, que podem ser consideradas parcialmente decompostas, apresentaram maiores valores para a relação C/N e menores para os conteúdos dos demais nutrientes avaliados (P, K, Ca, e Mg) devido ao processo de degradação biológica e eventual lixiviação destes nutrientes para o solo.

Os menores valores de pH observados nas amostras dos resíduos R2, podem ser considerados como um indicativo do processo de decomposição em andamento, uma vez que segundo Haug (1993) a medida que fungos e bactérias degradam os resíduos ocorrem liberações de diversos ácidos orgânicos que se acumulam e acidificam o meio. Posteriormente, estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados, voltando a ocorrer aumento do valor do pH do meio, como observado nas amostras R3.

Considerando em separado os teores de N dos resíduos, foi possível observar que a redução ocorrida foi de 57% entre as amostras R1 e R3. Para Maragno *et al.* (2007) mesmo que o carbono funcione como a fonte básica de energia para a atividade microbiana, a baixa disponibilidade do nitrogênio pode interferir no processo de multiplicação dos microrganismos e reduzir a velocidade de decomposição dos resíduos.

Por esse motivo é importante à realização do revolvimento dos resíduos em decomposição, para que haja renovação do ar do interior do depósito

aumentando a concentração de oxigênio e liberação do gás carbônico gerado pela respiração dos microrganismos. Ao mesmo tempo, se for detectada lentidão no processo de decomposição pode-se aplicar uma fonte de N de rápida liberação para retomar e acelerar a decomposição (KIEHL, 2002).

Além da avaliação dos resíduos foram realizadas análises químicas do efluente ou lixiviado dos resíduos em decomposição (Apêndice A). Os valores obtidos para pH, nitrogênio amoniacal e DBO, ficaram abaixo dos limites determinados pela Resolução CONAMA 430 de 13/05/2011, indicando que o risco de contaminação ambiental (MMA, 2011) por este procedimento de deposição a céu aberto é menor do que se estima.

5.3 AVALIAÇÃO DO SOLO LOCAL

A área estudada era destinada anteriormente a agricultura. A partir do ano de 1998 até 2012 foi utilizada para estocagem de resíduos, originários da serragem e processamento de madeiras. As amostras M1-3 (lado direito) e M1-2 (centro) representam a fase inicial de deposição dos resíduos, e as amostras M1-1 (lado esquerdo) representam os resíduos depositados a partir do ano de 2005, havendo assim, uma diferença no tempo de decomposição dos resíduos e nas propriedades do solo. Na avaliação dos atributos químicos do solo foi possível detectar os efeitos do tempo de decomposição dos resíduos, principalmente nas amostras M1-1, que representam os resíduos mais novos.

De modo geral o teor de argila do solo variou de 500 a 650 g/kg (Apêndice A), permitindo classificá-lo nas categorias de textura argilosa (35% a 60%) a muito argilosa (>60%) de acordo com a classificação sugerida por Staut e Kurihara (1998).

Na Tabela 4, são apresentados os resultados das análises químicas das amostras do solo.

Tabela 4 - Valores médios para os resultados das análises químicas do solo em função das profundidades de coleta das amostras.

| Am. | pH | P | K | Ca | Mg | Al | CTC | V | M | MO |
|--------|------------------------|--------------------|--|--------|--------|---------------|-------------------|---------|---------|----------|
| | CaCl ₂ | mg/dm ³ | ----- cmol _c /dm ³ ----- | | | ----- % ----- | g/dm ³ | | | |
| | ----- 0 a 20 cm ----- | | | | | | | | | |
| M1-1 | 4,27 a | 1,70 b | 38,00 a | 0,67 b | 0,30 b | 0,63 b | 7,20 b | 14,83 b | 37,27 c | 29,23 bc |
| M1-2 | 4,27 a | 2,80 a | 37,33 a | 0,80 a | 0,37 a | 0,43 c | 6,90 c | 18,83 a | 24,93 c | 27,90 c |
| M1-3 | 4,27 a | 2,40 a | 12,67 b | 0,90 a | 0,41 a | 0,47 c | 7,37 b | 17,63 a | 26,37 c | 29,77 b |
| P1 | 4,07 b | 1,60 b | 11,33 b | 0,13 c | 0,13 c | 0,83 a | 8,30 a | 2,80 c | 78,33 a | 34,83 a |
| CV (%) | 1,37 | 11,53 | 4,03 | 6,53 | 5,14 | 9,76 | 1,03 | 4,18 | 6,81 | 2,31 |
| | ----- 20 a 40 cm ----- | | | | | | | | | |
| M1-1 | 4,20 a | 0,60 b | 26,67 a | 0,43 c | 0,20 c | 0,63 a | 6,43 a | 11,40 c | 46,33 b | 26,33 a |
| M1-2 | 4,17 a | 0,90 ab | 27,33 a | 0,62 b | 0,29 b | 0,50 b | 6,40 a | 15,60 b | 33,43 c | 25,60 a |
| M1-3 | 4,20 a | 1,30 a | 10,33 b | 0,80 a | 0,37 a | 0,50 b | 6,63 a | 18,10 a | 29,40 c | 26,60 a |
| P1 | 4,17 a | 1,20 a | 8,67 b | 0,10 d | 0,09 d | 0,63 a | 5,77 b | 3,43 d | 75,93 a | 21,30 b |
| CV (%) | 0,98 | 17,32 | 4,19 | 9,82 | 6,88 | 7,2 | 1,94 | 6,89 | 4,85 | 2,69 |

* Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5%.

Fonte: o próprio autor (2015).

Os valores para o pH em CaCl₂ para todas amostras analisadas independentemente da profundidade considerada indica acidez muito alta (< 4,3), de acordo com Sousa e Lobato (2002). Entretanto, só na camada 0-20 cm o valor observado para P1 (amostra da área de pastagem) foi significativamente menor que os demais, o que pode ser atribuído aos baixos conteúdos de cátions básicos como Ca, Mg e K dos resíduos (Tabela 4), que contribuem para aumentar gradualmente o pH do solo.

Da mesma forma, os teores de fósforo disponíveis da camada superficial de 0 a 20cm das amostras M1-2 e M1-3 foram maiores que as apresentadas nas amostras M1-1 e P1, indicando maior liberação deste nutriente em função do tempo de decomposição dos resíduos. Mesmo assim os valores obtidos, nas duas camadas avaliadas, são considerados baixos, de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato (2004) para culturas anuais exploradas no sistema de sequeiro em áreas de cerrado (Anexo B).

Quando se avalia os teores de potássio trocável do solo (Tabela 4) é interessante notar que os maiores teores, nas duas camadas avaliadas, foram observados nas amostras que estavam sob os resíduos mais jovens (M1-1 e M1-2). As justificativas para esse tipo de ocorrência podem ser atribuídas ao fato do potássio não fazer parte da molécula de nenhum composto orgânico (MENGEL e KIRKBY, 1987) dos resíduos e ser mais facilmente liberado para o solo durante o

processo de decomposição. Por outro lado, este nutriente está sujeito ao processo de lixiviação no solo (RAIJ *et al.*, 2001), justificando as diferenças entre as camadas 0-20 e 20-40 cm, bem como os maiores teores em relação ao solo sob vegetação natural (P1). Resultados semelhantes já foram observados por Oliveira *et al.* (1999), que verificaram que sob resíduos de palhada de cana de açúcar os teores de K do solo variam com a quantidade e tempo de decomposição da palhada.

Segundo a Fundação MT (2003) o teor de potássio no solo considerado adequado para o cultivo de soja no Mato Grosso deveria ficar acima de 60 mg/dm³, o que indica que mesmo com a contribuição do potássio liberado pelos resíduos em decomposição os teores de K das amostras avaliadas nesse estudo são considerados baixos.

De modo geral, pode-se afirmar que os resíduos em decomposição contribuíram para o enriquecimento do solo para o nutriente cálcio, magnésio e potássio e para a saturação por bases (V%) em relação ao solo sob vegetação nativa (P1) utilizado como testemunha, contribuindo diretamente para a redução na saturação por alumínio (m%) (Tabela 4).

Por outro lado, verifica-se que não ocorreram aumentos significativos nos teores de matéria orgânica e para a CTC do solo em relação à testemunha. Isso pode ser atribuído à ausência de revolvimento para incorporar os resíduos ao solo ou um indicativo da decomposição apenas parcial dos resíduos acumulados por falta de oxigenação ou disponibilidade de nutrientes essenciais ao crescimento e atividade dos microrganismos decompositores, como o N, por exemplo. De acordo com Kiehl (1985), resíduos de madeira que apresentam alta relação C/N demandam adição de N via fertilizante (orgânico ou inorgânico) para que ocorra a decomposição.

5.4 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA DO RESÍDUO MADEIREIRO

Os valores médios para os teores de umidade (U), matérias voláteis (MV), carbono fixo (CF), cinzas (CZ) e o poder calorífico inferior estimado (PCI), para as três amostras de resíduo madeireiro, estão apresentados na Tabela 5, bem como os respectivos coeficientes de variação (CV).

As amostras analisadas foram coletadas no sentido vertical do

depósito de resíduos. As amostras R1 (retiradas durante o processo de laminação), e R2 (retiradas centro do depósito, a uma altura de 3 metros do chão) e as amostras R3 (retiradas rente ao solo).

Tabela 5 - Valores médios da análise imediata e poder calorífico inferior do resíduo de madeira.

| Amostras | U | MV | CF | CZ | PCI |
|----------|---------|---------|--------|--------|------------|
| | % | | | | kcal/kg |
| R1 | 54,39 c | 35,43 a | 9,47 a | 0,70 b | 1.377,78 a |
| R2 | 61,57 b | 28,02 b | 6,95 b | 3,46 a | 988,99 b |
| R3 | 65,83 a | 25,31 c | 7,33 b | 1,53 b | 1.086,32 b |
| CV (%) | 0,69 | 2,92 | 7,07 | 22,83 | 9,66 |

* Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5%.

U: Teor de umidade, MV: Matérias voláteis, CF: Carbono fixo, CZ: Teor de cinzas, PCI: Poder calorífico inferior.

Fonte: o próprio autor (2015).

O teor de umidade é um fator importante a ser observado na Tabela 5, já que o resíduo recém processado (R1) apresentou umidade de 54,39%. Brand *et al.* (2004) ressaltam que os resíduos de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* gerados no setor madeireiro nas mesmas condições, apresentaram uma variação de 29,5 a 67,3 % no teor de umidade. Quirino *et al.* (2004) ressaltam também, que o teor de umidade máximo que uma madeira pode ter para ser queimada no forno está em torno de 65 a 70% em base úmida. Nogueira e Lora (2003) mencionam que o valor de 1.361 kcal/kg para um teor de umidade de 62%.

Verifica-se que as amostras R2 e R3 apresentaram diferença no teor de umidade conforme a profundidade em que o resíduo se encontrava no depósito. Para Brand *et al.* (2004) quanto mais compactada for a pilha de resíduos e maior o tempo de armazenamento, maior será a diferença de teor de umidade, e a tendência é de a umidade na base e no meio da pilha serem maiores que no topo. Fato confirmado nesta avaliação e reflete o efeito acumulativo das chuvas e a infiltração da água no monte, considerando tratar-se de depósito a céu aberto e que as amostras foram coletas no período chuvoso. Brito e Barrichelo (1979) destacam que o teor de umidade pode apresentar variações quando relacionado às diferentes espécies, condições climáticas e tempo de estocagem. A parte central do monte de resíduos tende a conservar mais umidade pela menor exposição à evaporação e por receber o lixiviado das frações superiores.

Os resultados das análises para os teores de matérias voláteis, carbono fixo e cinza (Tabela 5), estão dentro dos intervalos encontrados na literatura. Menezes (2013) estudando em maravalha, encontrou valores entre 2,24% para *A. angustifolia* e 4,42% para *Pinus* sp., para o teor de matérias voláteis. Enquanto isso, no trabalho de Cintra (2009) para espécies florestais nativas plantadas, o teor de materiais voláteis variou de 79,6% a 84,9%, o teor de carbono fixo de 14,4% a 19,6% e o teor de cinzas variando de 0,46 a 3,49%. Os materiais voláteis tendem a reduzir com o passar do tempo em função da degradação biológica que o material sofre, podendo estar, por isto, associado à redução do teor de carbono fixo. Ou seja, a manutenção da pilha de resíduos nas condições avaliadas é um emissor de gases de efeito estufa para a atmosfera, sem gerar nada em troca.

Quanto ao teor de cinza a amostra R2 apresentou os maiores valores, enquanto o poder calorífico inferior (PCI) da mesma amostra, apresentou o menor valor. Lopes (2012) explica que existem influências de impurezas como areia, terra, dentre outros que são inerentes, mas acabam se misturando facilmente com a serragem e elevam o teor de cinzas. Altos teores de cinzas, assim como altos teores de umidade, interferem no poder calorífico e causam perda de energia, diminuindo a eficiência do reator, já que necessitam de um maior consumo de oxigênio (CUNHA *et al.*, 1989; HOFFMANN, 2010). Portanto, este é mais um aspecto que aponta para a inadequação de se deixar este tipo de resíduo armazenado, pois suas características para um eventual reuso vão paulatinamente se agravando.

Todos estes aspectos se consolidam ao observarmos os valores do poder calorífico, confirmando que o resíduo recém produzido é o que tem melhor potencial de reuso como combustível, diminuindo os efeitos negativos de se armazenar o subproduto. Porém, sabe-se também que o uso direto do resíduo como combustível exige uma demanda energética e um fluxo de materiais inexistente nas madeiras, indicando ser interessante que se realize alguma alteração na apresentação do resíduo madeireiro para sua reutilização como combustível, com menor perda das características energéticas e menor impacto ambiental.

Observa-se também que o teor de carbono fixo apresentou as mesmas variações que o poder calorífico inferior estimado. Para Sturion *et al.* (1988) a quantidade de calor gerado pelo resíduo é estabelecida pelo percentual de

carbono fixo, sendo que quanto maior este valor, mais lentamente o combustível irá queimar, correspondendo neste estudo ao resíduo R1, que representa o resíduo mais novo.

Vale ressaltar também que os valores de CV% para os teores de cinzas são bem maiores que para os demais componentes. Isso pode ser indicativo de contaminação com areia e terra das amostras R2 e R3.

Sendo assim, os estoques de resíduos podem igualmente ser aproveitados como alternativa para a geração de energia térmica, através da briquetagem, contribuindo para a redução das áreas de estocagem deste subproduto, que ainda não apresentam nenhum valor econômico para as indústrias madeireiras.

5.5 VIABILIDADE ECONÔMICA

Com o propósito de instalação de uma usina de briquetagem no município de Sinop, para o consumo dos resíduos gerados por parte das indústrias do setor madeireiro. Esta alternativa apresenta importantes vantagens quanto aos custos relacionados a remoção do resíduo de dentro dos pátios das indústrias e além disso, uma atividade lucrativa para o setor.

Sabendo que a produção média anual de serragem do município de Sinop-MT chega a 280.956,24 t, e considerando a capacidade de processamento da briquetadeira de 8,6m³/h e o peso específico do resíduo de 276 kg/m³, temos que a capacidade produtiva é de 2,37 t/h.

De acordo com a Biomax (2015) para a produção de 01 tonelada de briquete são necessários 2,08 toneladas de resíduo com umidade de 50%. Levando em consideração uma jornada de trabalho de 8 horas por dia durante 26 dias/mês, a usina de briquetagem consumirá 12.322,97 t/ano de resíduo por ano.

Segundo a empresa Biomax (2015) as vantagens da briquetagem encontram-se no alto poder calorífico; na maior temperatura de chama; no menor teor de umidade do briquete do que a lenha; na facilidade no manuseio; no menor espaço de armazenamento; na versatilidade de uso; por ser fabricado sem a utilização de produtos químicos; possui disponibilidade o ano inteiro; produz menos fumaça; e é um produto ecologicamente correto.

A briquetagem é uma forma eficiente para concentrar a energia disponível na biomassa. Este fato pode ser explicado pela consideração de que 1,00 m³ de briquetes contêm pelo menos quatro vezes mais energia que 1,00 m³ de resíduos, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio destes materiais (QUIRINO, 1991).

As limitações relacionadas à briquetagem segundo Wiecheteck (2009) estão relacionadas à concentração de fabricantes e equipamentos nas regiões Sul e Sudeste, resultando em elevados custos de frete de equipamentos para outras regiões do país; concorre com a alta oferta de lenha que a forma mais barata que o briquete produzido.

Segundo relatório de ensaio de uma das empresas de briquetagem do município de Sinop, referente ao ano de 2012, os resultados da briquetagem feito com os resíduos de madeira analisados, foram: umidade 11%, poder calorífico superior (PCS) de 4.681,38 kcal/kg, e poder calorífico inferior (PCI) de 4.394,76 kcal/kg.

Sendo assim, para avaliação da viabilidade da instalação da indústria de briquetes, é necessária a demonstração dos valores que compõem o fluxo de caixa econômico do empreendimento, apresentando a linha de financiamento escolhida, os custos e receitas, dentre outros elementos importantes que o compõem.

Com relação aos recursos financeiros, escolheu-se a linha de financiamento do FCO (Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste) Empresarial via Banco do Brasil, devido à baixa taxa de juros para este segmento que é de 12% a.a., com limite financiável de até 90% do total do investimento, pagos em um prazo de 180 meses, contando neste prazo os 60 meses de carência, conforme Tabela 6 (condições avaliadas para o ano de 2016).

Os dados mencionados na Tabela 6, referente ao orçamento (item 1) este descreve a estrutura funcional da usina de briquetagem instalada no município de Sinop. Dentre estes valores tem-se que aproximadamente 84% do total do investimento serão financiados pelo FCO, ou seja, um montante de R\$ 791.828,00.

Sendo assim, a Tabela 6 demonstra os valores referentes aos dados principais sobre os custos, receitas e tributos, dentre outros itens importantes sobre o financiamento do empreendimento.

Tabela 6 - Resumo dos dados financeiros referentes à implantação da usina de briquetagem.

| Discriminação | Valores Gerais (R\$) |
|--|-----------------------------|
| Orçamento | 941.828,00 |
| 1.1 Projeto | 5.160,00 |
| 1.2 Obras civis (execução e mão de obra) | 142.200,00 |
| 1.3 Máquinas e equipamentos | 526.000,00 |
| 1.4 Equipamentos de informática | 5.618,00 |
| 1.5 Fretes | 32.000,00 |
| 1.6 Veículos | 65.000,00 |
| 1.7 Moveis e utensílios | 2.350,00 |
| 1.8 Montagem/Treinamento | 13.500,00 |
| 1.9 Terreno | 150.000,00 |
| Receitas | 1.481.126,40 |
| 2.1 Receita total anual (<i>ceteris paribus</i>) | 1.481.126,40 |
| Insumos | 604.561,00 |
| 3.1 Matéria-prima | 309.060,00 |
| 3.2 Embalagens para briquetes | 77.019,00 |
| 3.3 Outras despesas/gastos | 218.482,00 |
| Mão-de-Obra Requerida | 425.106,00 |
| 4.1 Mão-de-obra fixa administrativo (4 pessoas) | 102.377,00 |
| 4.2 Mão-de-obra variável produção (4 pessoas) | 170.296,00 |
| 4.3 Encargos sociais e previdenciários | 153.433,00 |
| Fluxo de Caixa | 1.020.324,00 |
| 5.1.1 Total financiável | 791.828,00 |
| 5.1.2 Capital próprio | 150.000,00 |
| 5.1.3 Capital de giro | 54.969,00 |
| 5.1.4 Juros pré-operacionais | 23.527,00 |

Fonte: Banco do Brasil (2008). Adaptado pelo próprio autor (2016).

As receitas foram consideradas constantes durante o período de financiamento (quinze anos), sem acréscimos ou ajustes, levando-se em consideração o preço médio de venda de briquetes praticado por empresas da região que é de R\$250,00 a tonelada. Quanto aos insumos, no caso o resíduo madeireiro, o preço de compra praticado na cidade de Sinop é de R\$ 25,08 a tonelada.

O fluxo de caixa do empreendimento é apresentado de forma simples e resumida, trazendo os valores que compõem o investimento inicial (valor financiado mais valor do capital próprio), demonstrando assim, a capacidade de pagamento do financiamento, que será realizado através das receitas obtidas.

A avaliação de um projeto de viabilidade está relacionada ao mais amplo planejamento para a tomada de decisão de um investimento na área empresarial, ou seja, é necessário analisar os resultados preliminares,

demonstrados na Tabela 7, para alocar eficientemente os recursos dentro da atividade produtiva.

Tabela 7 - Resumo dos resultados econômico-financeiro da usina de briquetagem para o município de Sinop.

| Discriminação | Valores Gerais |
|----------------------|-----------------------|
| Lucro Contábil | R\$1.160.671,00 |
| T.I.R. | 16,20% |
| <i>Payback</i> | 5 anos |
| Margem Operacional | 15,93% |
| TMA | 10% |
| VPL | R\$36.749,00 |

Fonte: Banco do Brasil (2008). Adaptado pelo próprio autor (2016).

TIR: Taxa de interna de retorno, TMA: Taxa mínima de atratividade, VPL: Valor presente líquido, *Payback*: Tempo de retorno do investimento.

A TIR ficou próxima a TMA proposta no projeto, e o VPL se apresenta positivo, tornando assim o projeto viável. Quanto ao *Payback*, este consiste na quantificação do tempo necessário para que o valor investido seja recuperado através do montante gerado pelo empreendimento, que é analisado pelo fluxo de caixa. Deste modo, temos que o tempo de retorno do investimento total empregado no projeto, será recuperado pelo investidor a partir do quinto ano.

Portanto, através dos resumos dos dados das Tabelas 6 e 7, e partindo da hipótese estabelecida, pode-se afirmar que a instalação da usina de briquetagem como alternativa para o consumo dos resíduos gerados pelas indústrias madeireiras no município de Sinop-MT, é viável.

CONCLUSÕES

Os resíduos madeireiros deixados a céu aberto, apresentam claro efeito de decomposição e a conseqüentemente liberação dos nutrientes avaliados P, K, Ca e Mg, lixiviando para o solo.

O solo usado como depósito apresenta um pequeno enriquecimento para nutrientes como cálcio, magnésio e potássio e para a saturação por bases, em relação ao solo utilizado como testemunha.

As amostras de resíduo apresentaram diferença no teor de umidade conforme a profundidade em que se encontrava no depósito (R2 e R3), causado pela compactação da pilha e pelo efeito climático.

Quanto mais tempo o resíduo madeireiro fica exposto ao tempo, menores são suas qualidades combustíveis. A umidade dos resíduos aumenta com a profundidade de amostragem no monte avaliado.

A proposta de investimento em briquetagem dos resíduos demonstra-se viável, apresentando taxa interna de retorno (TIR) próxima à taxa mínima de atratividade esperada (TMA), valor presente líquido (VPL) positivo e retorno do investimento a partir do quinto ano, com lucro contábil de R\$ 1.160.671,00.

REFERÊNCIAS

ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo setorial 2007:** indústria de madeira processada mecanicamente. Ano base 2006 e 2007.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011.** Brasília: ABRAF, 2012. Brasília: ABRAF, 2011.

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010.** Brasília: ABRAF, 2011, p. 130.

AGROANALISE. **AgroAnálise** Laboratórios Integrados Souza Neto & Souza Neto Ltda. Cuiabá-MT, 2015.

AMAZONAS, M. de C. **Economia ambiental neoclássica e desenvolvimento sustentável.** Relatório parcial da pesquisa CEBRAP-IBAMA. 2012. Disponível em: <<https://xa.yimg.com/kq/groups/24872712/1396840763/name/econo-amb.pdf>>. Acesso: jul. 2012.

ANDRADE, D. C. **Economia e meio ambiente:** aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. Leituras de Economia Política. Campinas (14): 1-31, 2008.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica – BIG.** 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: fev. 2015.

BB - BANCO DO BRASIL. **Planilha do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste.** 2008. Disponível em: <http://www.bb.com.br/portalbb/page100,106,3046,10,1,1,2.bb?codigoNoticia=2243&codigoMenu=102&codigoRet=1057&bread=2_3>. Acesso em: abr. 2012.

BIODIESELBR. **Resíduos de madeira:** energia. 2012. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/residuo/residuo-de-madeira.htm>>. Acesso em: ago. 2012

BIOMAX. **Biomax Industria de Máquinas Ltda.** 2015. Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site/>>. Acesso em: nov. 2015.

BORDEAUX-RÊGO, R. et al. **Viabilidade econômico-financeira de projetos.** Rio de Janeiro: FGV, 2007.

BORSATO, D.; GALÃO, O. F.; MOREIRA I. **Combustíveis fósseis:** carvão e petróleo. Londrina: EDUEL, 2009.

BRAND, M. A. et al. **Análise da qualidade energética de resíduos madeiráveis ao longo de seis meses de armazenamento.** In: Congresso Internacional de

Bioenergia, 2004, Campo Grande – MS. Disponível em: <<http://www.solumad.com.br/artigos/201011171814161.pdf>>. Acesso em: jan. 2013.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2015**: Ano Base 2014 – Relatório Síntese. 62 p. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. **Usos diretos e propriedades da madeira para a geração de energia**. IPEF, São Paulo, Circular Técnica, n.52, PBP/3.1.8, 7p. jun. 1979. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr052.pdf>>. Acesso em: jan. 2013.

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; AYARZA, J. A. C. **Biomassa no Brasil e no Mundo**. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMES, E. O. Biomassa para energia. Campinas: Unicamp, 2008. Cap. 1, p. 15-28.

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. **Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras**. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**: métodos usados na embrapa solos. Documentos nº 3. Rio de Janeiro-RJ, 1998.

FARRA, F. C. P. D. **Análise econômico-energética de utilização de resíduo industrial florestal para geração de energia térmica**: um estudo de caso. 2004. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

FUNDAÇÃO MT. Fundação Mato Grosso. **Publicações**: boletim soja. 2003. Disponível em: <<http://www.fundacaomt.com.br/publicacoes/boletimsoja.php>>. Acesso em: jun. 2015.

GOMES, J. I.; SAMPAIO, S. S. **Aproveitamento de resíduos de madeira em três empresas madeireiras do Estado do Pará**. Comunicado Técnico 102. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

HAUG, R.T. **The Pratical Handbook of Compost Engineering**. Lewis, Boca Ratón, 1993.

HOFFMAN, B. S. **O ciclo Combinado com Gaseificação Integrada e a Captura de CO₂**: uma solução para mitigar as emissões de co₂ em termelétricas a carvão em larga escala no curto prazo. 2010. 143f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) PPGPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Sinop-MT**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510790&search=||in fogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: abr. 2015.

IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira**: produção, receita e mercados. Belém-PA: Serviço Florestal Brasileiro (SFB); Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), 2010.

IMEA – Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. **Apresentação MT**. Dados de apresentação. 2013.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem – maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 1998. 171 p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: Maturação e Qualidade do composto**. 3 ed. Piracicaba: edição do autor, 171p. 2002.

LOPES, G. de A. **Uso energético de resíduos madeireiros em um pólo de produção de cerâmicas vermelhas do Estado de São Paulo**. 2012. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **A avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. rev. e atual. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília, 2013.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. **O uso da serragem no processo de minicompostagem**. Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 12, n.4. Scielo: Rio de Janeiro, 2007. p. 355-360.

MAY, P. H. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MENEZES, M. J. S. **Poder calorífico e análise imediata da maravalha de Pinus (*Pinus* sp) e Araucária (*Araucaria angustifolia*) de reflorestamento como**

- resíduo de madeira.** 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010.** Serviço Floresta Brasileiro. Brasília: SFB, 2010.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº430/2011.** 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: ago. 2015.
- MONTEIRO NETO, A., GOMES, G.M. **Quatro Décadas de Crescimento Econômico no Centro Oeste Brasileiro: Recursos Públicos em Ação.** Brasília: DIPRU/IPEA, 2000.
- MT MUNICIPIOS. **Mapa do município de Sinop.** 2015. Disponível em: <<http://www.mtseusmunicipios.com.br/municipios/sinop/>>. Acesso em: ago. 2015.
- MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente.** Brasília: Editora UnB, 2007.
- NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C., PENATTI, C. P. **Degradação da palhada de cana-de-açúcar.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 803-809, 1999.
- POLZL, Willian Borelli; et al. **Cadeia produtiva do processamento mecânico da Madeira - segmento da madeira serrada no Estado do Paraná.** Revista Floresta. 2003. Disponível em: <ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/download/.../1895>. Acessado em: jun. 2014.
- POPFQ - *AMERICAN Public Health Association. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater.* 22 ed. Washington: APHA, 2012.
- PREILIPPER, U. E. M.; DALFOVO, W. C. T.; CHIOVETO, A. T.; LACERDA, N. P.; ORLANDI, M. **O aproveitamento do resíduo madeireiro na produção de energia termoelétrica no município de Marcelândia-MT.** SOBER – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. João Pessoa - PB, 2015.
- PRETO, E. V.; MORTOZA, G. L. **Geração de energia elétrica utilizando biomassa.** Brasília. 2010. 82 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2010.
- QUIRINO, W. F. **Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão.** 1991. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – ESALQ/LISP, Piracicaba, 1991.

QUIRINO, W.F.; VALE, A.T.; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S.; AZEREDO, A.C.S. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Biomassa e Energia**. v. 1, n. 2. p. 173-182. Brasília, 2004.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001, 285p.

RAMOS J. A. **Utilização da análise envoltória de dados (DEA) como ferramenta de gestão de desempenho organizacional no setor público: uma avaliação da eficiência técnica do instituto federal da Bahia (IFBA)**. 2010. 57f. Monografia (Especialização) – Programa de pós-graduação em controladoria e finanças, Escola Superior Aberta do Brasil, Vila Velha, 2010.

RAUBER, T. **Contratações no setor industrial em Sinop aumentam**. 2007. Disponível em: <<http://www.sonoticias.com.br/mostra.php?id=30367&ano=2007>>. Acesso em: jun. 2014.

REMADE – Revista da Madeira. **Madeira é a maior fonte de energia renovável na Europa**. n.136, ano 24. Circulação dirigida, 2013. Disponível em: <<http://pt.calameo.com/read/00229864828a29407647e>>. Acesso em: jan. 2016.

ROSALINO, T.; DALFOVO, W. C. T. **A produção de resíduos industriais madeireiros a partir da atividade das indústrias madeireiras no município de Marcelândia-MT no período de 2007 a 2010**. In: Congresso de Iniciação Científica, 7, 2011, Cáceres: Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, 2011.

SANTOS, A. H. M. et al. **Introdução à análise econômico-financeira de centrais termelétricas**. In: LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. do. Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação. 2. v. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 19.

SELMANY, Y. **Analyse des flux physique de bois à l'interieur de la filière-bois**. Nancy. ENGREF. Tese de Doutorado, 200f. 1993.

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Portaria nº 096, de 18 de junho de 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&id=566&Itemid=173>. Acesso em: fev. 2015.

SEMA. **SISFLORA Auditoria**. 2012. Disponível em: <<https://monitoramento.sema.mt.gov.br/auditoria/>>. Acesso em: fev. 2015.

SEMA. **SISFLORA Auditoria**. 2015. Disponível em: <<https://monitoramento.sema.mt.gov.br/auditoria/>>. Acesso em: Jun. 2015.

SEPLAN - Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso. **Mapa a001 - Mapa de solos do estado de Mato Grosso. Zoneamento socioeconômico ecológico, PRODEAGRO**. 2012. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/~seplandownloads/index.php/component/jdownloads/viewdownload/1390-mapas-tematicos-1500-pdf/2562-a001-mapa-de-solos-do-estado-de-mato-grosso?Itemid=>>>. Acesso em: ago. 2015.

- SINOP. Prefeitura Municipal de Sinop. **A cidade**. 2015. Disponível em: <<http://www.sinop.mt.gov.br/A-Cidade/>>. Acesso em: ago. 2015.
- SOUSA, D.M.G. de & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416p.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOUZA, O. B. **Fiscalização aumenta presença na Amazônia, mas impunidade para os crimes ambientais continua**. 2007. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=2369>>. Acesso em: jun. 2014.
- STAUT, L.A., KURIHARA, C.H. Calagem, nutrição e adubação. In: Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados, MS). **Algodão: informações técnicas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, 1998. P.51-70. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 7).
- STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. **Qualidade da madeira de *eucalyptus viminalis* para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 16, p. 55-59, dez. 1988.
- TEIXEIRA, L. **A colonização no norte de Mato Grosso: o exemplo da Gleba Celeste**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, 2006.
- TEIXEIRA, M. G.; CÉSAR, S. F. **Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial**. EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. ed. 10. São Pedro – SP. 2006.
- TEIXEIRA, T. V. R. **Uso da madeira e derivados para energia no Estado do Paraná**. 2009. 50 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia ambiental: aplicações, políticas e teorias**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- VENTURA, M. H. **O impacto econômico da política de controle ambiental no polo madeireiro de Sinop no período de 2001 a 2010**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Econômicas) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Sinop, 2012.
- VILLAS BÔAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L.T.; CEZAR, V.R.S.; GOTO, R. **Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido**. Horticultura Brasileira, v.22, n.1. Brasília, 2004. p.28-34.
- VITAL, M. H. F. **Florestas independentes no Brasil**. BNDES Setorial, n. 29. p. 77-130, mar. 2009.

WIECRETECK, M. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Projeto PNUD BRA 00/20 – Apoio às políticas públicas na área de gestão e controle ambiental. Curitiba - PR, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Resultados das análises do solo e água

Tabela 8 - Valores médios para os resultados das análises físicas solo – textura.

| Amost. | Areia | Silte | Argila |
|------------------------|------------------|----------|----------|
| | ----- g/kg ----- | | |
| ----- 0 a 20 cm ----- | | | |
| M1-1 | 212,00 b | 167,67 a | 620,33 a |
| M1-2 | 245,00 b | 157,00 a | 598,00 a |
| M1-3 | 340,00 a | 142,67 b | 517,33 b |
| P1 | 234,00 b | 162,67 a | 603,33 a |
| ----- 20 a 40 cm ----- | | | |
| M1-1 | 184,33 b | 170,33 a | 645,33 a |
| M1-2 | 201,00 b | 171,67 a | 627,33 a |
| M1-3 | 323,00 a | 140,33 b | 536,67 b |
| P1 | 201,00 b | 170,67 a | 628,33 a |

Fonte: o próprio autor (2015).

Tabela 9 - Análise química da água lixiviada.

| Parâmetros | VMP | Amost. 1 | Amost. 2 |
|-----------------------------|---------------------|----------|----------|
| pH | 5,0 - 9,0 | 6,0 | 5,8 |
| Sólidos Totais (mg/L) | NC | 492,0 | 584,0 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | 20,0 | 5,6 | 5,6 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | NC | 16,8 | 16,8 |
| DBO (mg/L) | Remoção mínima 60,0 | 42,0 | 60,0 |
| DQO (mg/L) | NC | 279,0 | 325,5 |
| Cloreto (mg/L) | NC | 14,0 | 65,0 |

*VPM: Valor mínimo permitido para lançamento de efluente, conforme Resolução Conama 430. NC: Não consta.

Fonte: o próprio autor (2015).

ANEXOS

ANEXO A

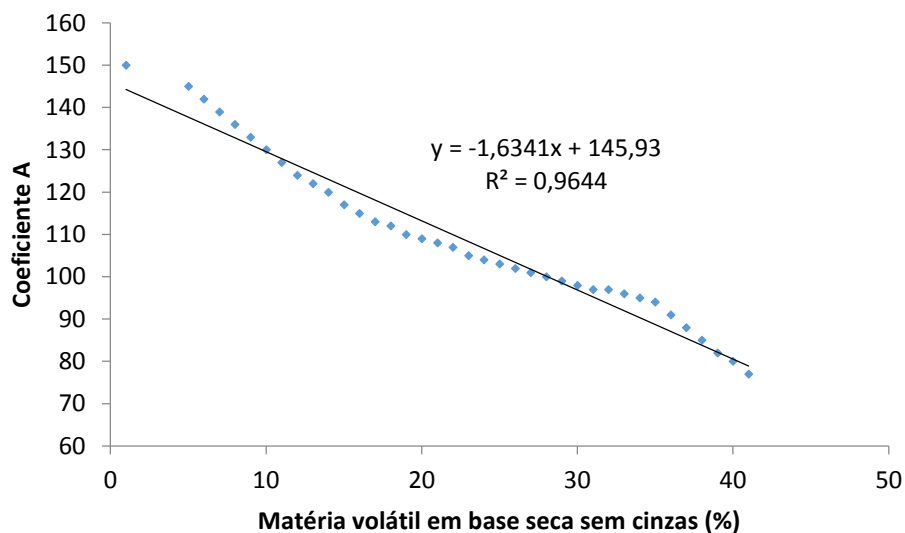
Valores adotados para a obtenção do poder calorífico estimado

Tabela 10 - Relação entre A (coeficiente variável) e MV' (matérias voláteis base úmida).

| MV' (%) | A | MV' (%) | A | MV' (%) | A | MV' (%) | A | MV' (%) | A |
|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|----|
| 1 – 4 | 150 | 12 | 124 | 20 | 109 | 28 | 100 | 36 | 91 |
| 5 | 145 | 13 | 122 | 21 | 108 | 29 | 99 | 37 | 88 |
| 6 | 142 | 14 | 120 | 22 | 107 | 30 | 98 | 38 | 85 |
| 7 | 139 | 15 | 117 | 23 | 105 | 31 | 97 | 39 | 82 |
| 8 | 136 | 16 | 115 | 24 | 104 | 32 | 97 | 40 | 80 |
| 9 | 133 | 17 | 113 | 25 | 103 | 33 | 96 | 41 | 77 |
| 10 | 130 | 18 | 112 | 26 | 102 | 34 | 95 | | |
| 11 | 127 | 19 | 110 | 27 | 101 | 35 | 94 | | |

NOTA: % de matéria volátil em base seca sem cinzas = $(MV \times 100) / (MV + CF)$.

Fonte: Borsato *et al.* (2009).

Figura 10 - Gráfico da relação entre A (coeficiente variável) e MV' (matérias voláteis base úmida) com aplicação de regressão linear e R-quadrado.

Fonte: Adaptado de Borsato *et al.* (2009).

ANEXO B

Tabelas de interpretação do solo cerrado

Tabela 11 - Classificação do pH em água e em CaCl₂ para solos do Mato Grosso.

| pH em CaCl ₂ | |
|-------------------------|--------------------|
| Classificação* | |
| < 4,3 | acidez muito alta |
| 4,4 a 5,0 | acidez alta |
| 5,1 a 5,5 | acidez média |
| 5,6 a 6,0 | acidez baixa |
| 6,0 a 7,0 | acidez muito baixa |
| 7,0 | Neutro |
| > 7,0 | Alcalino |

*Relação solo: solução = 1:2,5

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004).

Tabela 12 - Interpretação de análise de solo para P extraído pelo método Mehlich, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada de culturas anuais em sistemas de sequeiro.

| Teor de argila | Teor de P no solo | | | | |
|----------------|--------------------|------------|-------------|-------------|-------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| % | mg/dm ³ | | | | |
| ≤15 | 0 a 0,6 | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | >25,0 |
| 16 a 35 | 0 a 0,5 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | >20,0 |
| 36 a 60 | 0 a 0,3 | 3,1 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | >12,0 |
| >60 | 0 a 0,2 | 2,1 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | >6,0 |

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004).

Tabela 13 - Critérios de interpretação de atributos químicos para avaliação da fertilidade dos solos da região dos cerrados.

| Camada de 0 a 20 cm | | | | |
|--|-------|------------|-------------|-------|
| Atributo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| Ca (cmol_d/dm³) | <1,5 | - | 1,5 a 7,0 | >7,0 |
| Mg (cmol_d/dm³) | <0,5 | - | 0,5 a 2,0 | >2,0 |
| K (cmol_d/dm³) | | | | |
| Solos com CTC a pH 7,0 menor que 4,0 cmol _d /dm ³ | ≤15 | 16 a 30 | 31 a 40 | >40 |
| Solos com CTC a pH 7,0 igual ou maior que 4,0 cmol _d /dm ³ | ≤25 | 26 a 50 | 51 a 80 | >80 |
| CTC a pH 7,0 (T) (cmol_d/dm³) | | | | |
| Arenosa | <3,2 | 3,2 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | >6,0 |
| Média | <4,8 | 4,8 a 6,0 | 6,1 a 9,0 | >9,0 |
| Argilosa | <7,2 | 7,2 a 9,0 | 9,1 a 13,5 | >13,5 |
| Muito Argilosa | <9,6 | 9,6 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | >18,0 |
| Matéria Orgânica (MO%) | | | | |
| Arenosa | <0,8 | 0,8 a 1,0 | 1,1 a 1,5 | > 1,5 |
| Média | <1,6 | 1,6 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | > 3,0 |
| Argilosa | <2,4 | 2,4 a 3,0 | 3,1 a 4,5 | > 4,5 |
| Muito Argilosa | <2,8 | 2,8 a 3,5 | 3,6 a 5,2 | > 5,2 |

Fonte: Adaptado de Sousa & Lobato (2002).