

# RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 02/12/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**KARLA NASCIMENTO SENA**

**SISTEMAS DE MANEJO DO RESÍDUO DA COLHEITA DO EUCALIPTO E SUA  
INFLUÊNCIA SOBRE PROPRIEDADES DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE  
MADEIRA**

Ilha Solteira

2021

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**KARLA NASCIMENTO SENA**

**SISTEMAS DE MANEJO DO RESÍDUO DA COLHEITA DO EUCALIPTO E SUA  
INFLUÊNCIA SOBRE PROPRIEDADES DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE  
MADEIRA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de  
Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Doutora em Agronomia,  
Especialidade Sistemas de Produção.

Kátia Luciene Maltoni  
**Orientadora**

Engil Isadora Pujol Pereira Mikita  
**Coorientadora**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S474s Sena, Karla Nascimento.  
Sistemas de manejo do resíduo da colheita do eucalipto e sua influência sobre propriedades do solo e produtividade de madeira / Karla Nascimento Sena. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021  
162 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Vegetal, 2021

Orientador: Katia Luciene Maltoni  
Coorientador: Engil Isadora Pujol Pereira Mikita  
Inclui bibliografia

1. Fitomassa residual de colheita. 2. Solos arenosos. 3. Qualidade do solo. 4. Atividade enzimática. 5. Carbono do solo. 6. Análise de equações estruturais.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: Sistemas de manejo do resíduo da colheita do eucalipto e sua influência sobre propriedades do solo e produtividade de madeira.

**AUTORA: KARLA NASCIMENTO SENA**

**ORIENTADORA: KÁTIA LUCIENE MALTONI**

**COORIENTADORA: ENGIL ISADORA PUJOL PEREIRA**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª KÁTIA LUCIENE MALTONI (Participação Virtual)   
Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof.ª Dr.ª ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO (Participação Virtual)  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI (Participação Virtual)  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. ELTON GEAN ARAUJO (Participação Virtual)  
Departamento de Matemática / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Profa. Dra. PATRÍCIA ANJOS BITTENCOURT BARRETO-GARCIA (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia Agrícola e Solos / Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB

Ilha Solteira, 02 de dezembro de 2021

A minha grande família, por serem o pilar de todas minhas realizações,  
**Ofereço.**

Aos meus pais e avós,  
que por meio do amor e apoio,  
ensinaram a importância do estudo,

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar os meus passos e iluminar minha vida, na qual sem sua graça jamais teria conseguido chegar até aqui.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Kátia Luciene Maltoni, a quem muito admiro pela competência profissional e como ser humano, pela orientação, compartilhar conhecimento e suporte para meu crescimento profissional. Muito agradecida pelo ombro amigo, incentivo e compreensão. Minha eterna mestra.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Engil Isadora Pujol Pereira Mikita, pela coorientação, apoio, amizade, oportunidade profissional e realização de um sonho.

Aos amigos que conheci e que reencontrei durante esta etapa, em especial Maria Júlia Betiolo Troleis, Thaís Soto Boni, Anne Caroline Rocha, Viviane Cristina Modesto, Thalita Vicente das Neves, Mariana Cristina Barbosa, Giseli da Rocha Lima, Márcia Cristina de Brito Kuratany, Bruna Oliveira Marques da Costa, Lilly Victoria Elliot, Denise Cantu, Yvette Garcia, Lorena Longoria e Cynthia Harrys pelo companheirismo e ajuda imensurável, vocês foram primordiais para que eu chegasse até aqui.

Aos professores do programa de Pós-Graduação, em Agronomia, que tive o prazer de conhecer e muito contribuíram para minha formação.

À Eldorado Brasil Celulose S.A. e equipe de pesquisa florestal, agradeço a oportunidade, o apoio e o suporte dado durante a condução dos experimentos no campo, em especial os funcionários Fernando José Alcântara, João Leonardo Bellotte, Sharlles Dias e Vinícius Evangelista, que se tornaram companheiros nesta jornada.

Aos técnicos dos laboratórios de Fertilidade do solo, Nutrição de Plantas e Pedologia pelo auxílio nas análises realizadas, em especial os funcionários Carlos Araújo da Silva (Carlinhos), Marcelo Rinaldi da Silva e Diego Gonçalves Feitosa.

Ao Eduardo De Pieri Prando, pelo amor incondicional, acompanhado de companheirismo, apoio e muita paciência.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa de estudos no Brasil e exterior e todo apoio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Processo número 17/14049-2, e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Faculdade de Engenharia-UNESP, Campus de Ilha Solteira, e à University of Texas Rio Grande Valley onde desenvolvi os trabalhos de pesquisa.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram com meu aprendizado em mais esta etapa.



*“Não desista nas primeiras tentativas. A persistência é amiga da conquista”.*

Bill Gates

## RESUMO

O carbono orgânico (CO) introduzido nos solos, em sua maior parte via matéria orgânica, tem papel relevante em várias propriedades do mesmo e destacada importância, ainda mais em solos arenosos. Nestes, o aporte de material orgânico é necessário para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção. Este trabalho teve por objetivo verificar as alterações nos teores de CO, a influência deste sobre algumas propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo e da produção de madeira aos 3 anos, em função da fitomassa residual da colheita do eucalipto em áreas de plantio comercial, no leste do Mato Grosso do Sul. O estudo foi realizado em uma área comercial de *Eucalyptus urograndis* (clone E13) no município de Água Clara (MS), Brasil, em solo classificado como Neossolo quartzarênico. A área em análise foi submetida a colheita do eucalipto de primeiro ciclo em junho de 2017, usando o sistema *cut-to-length*. Após 120 dias (setembro de 2017), as parcelas foram preparadas para simular os sistemas de manejo de colheita (SMC): CTL= *cut to length* - manutenção de todos os resíduos na área; BA= *bare* - retirada de todos os resíduos, instalação de sombrite<sup>®</sup>, sem adubação de cobertura; BL= *bare litter* - retirada de todos os resíduos com entrada de serapilheira; TL= *tree length* - retirada da casca e manutenção dos demais resíduos; BLF= *bare litter* com fertilização - retirada de todos os resíduos, instalação de sombrite<sup>®</sup>, com adubação de cobertura. Os estudos de campo foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições. Após 90 dias do estabelecimento dos SMC e antes do plantio do eucalipto, em dezembro de 2017, amostras indeformadas de solo foram coletadas nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m para determinações de estabilidade de agregados, densidade do solo (Ds), macro (Macro) e microporosidade (Micro), porosidade total (PT), teores de carbono orgânico total (COT) e cálculo do estoque de carbono (EstC), os dois últimos continuaram nas profundidades de 0,20-0,40, 0,40-0,60, 0,60-0,80 e 0,80-1,00 m. A resistência mecânica à penetração do solo (RP) foi determinada até 0,40 m em intervalos de 0,10 m. O teor de carbono foi avaliado nos agregados da camada de 0,00-0,05 m após tamisamento úmido com diâmetro de 2000, 1000, 250 e 53  $\mu\text{m}$ . As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60, 0,60-0,80 e 0,80-1,00 m para análises das propriedades químicas (P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al e S). *Litter bags* foram utilizados para avaliar a decomposição dos resíduos de colheita, durante um período de 36 meses após a colheita de eucalipto, com intervalos de coleta a cada 4 meses. Carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase (BGlu), fosfatase ácida (P-ase), arilsulfatase (Aril-S), enzimas totais (FDA) e cálculo dos quocientes metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) e microbiano ( $q\text{Mic}$ ) foram avaliados na camada de 0,00-0,10 m. Amostras

indeformadas de solo foram coletadas na camada de 0,00-0,10 m em agosto de 2019, para o fracionamento dos agregados considerando três classes de diâmetro dos agregados (macroagregados grandes - MaG: 2000 - 4000  $\mu\text{m}$ , macroagregados médios - MaM: 250 - 2000  $\mu\text{m}$  e microagregados - MiP: 0 - 250  $\mu\text{m}$ ) para análise do CBM, RBS,  $q\text{CO}_2$ ,  $q\text{Mic}$ , COT, nitrogênio total (NT), atividades enzimáticas (FDA e Bglu) e carbono ativo. Após 3 anos do plantio foram avaliadas as propriedades químicas do solo nas mesmas camadas estratificadas até 1 m, microbiológicas e enzimáticas na camada de 0,00-0,10 m e estimada a produtividade da madeira em casca. A curto prazo, a manutenção de resíduos florestais teve efeitos positivos sobre COT e RP em relação aos SMC. O sistema de manejo da colheita CTL proporcionou menor redução no COT, maior macroporosidade (0,00-0,05 m), agregados com mais carbono e menor resistência mecânica à penetração do solo. A atividade microbiológica foi mais eficiente onde os resíduos da colheita foram mantidos sobre o solo. A colheita no sistema CTL fornece maior quantidade de fitomassa e de N, P, K, Ca e C, tendo a maior decomposição dos resíduos ocorrido nos 6 meses iniciais. A remoção da casca (TL) reduz a quantidade de Ca e N, e aumenta o tempo de decomposição dos resíduos de colheita do eucalipto sobre o solo. Os SMC de eucalipto, aos 21 meses, promoveram mudanças nas propriedades do solo CBM,  $q\text{CO}_2$ ,  $q\text{Mic}$ , COT, NT, Bglu e carbono ativo, sendo os agregados de diâmetro 2000-4000  $\mu\text{m}$  a fração mais sensível aos sistemas de manejo, evidenciado na maior atividade microbiológica, enzimática e retenção de nutrientes no solo. A manutenção, parcial e total dos resíduos de colheita do eucalipto, propiciaram melhores condições no solo demonstrados no CBM, NT, COT e atividade enzimática (Bglu e FDA). Após 3 anos do plantio do eucalipto, os SMC promoveram mudanças positivas nas propriedades químicas, microbiológicas e enzimáticas do solo, sendo a camada de 0,00-0,20 m a mais influenciada para as propriedades químicas. A manutenção de fitomassa residual total de colheita do eucalipto aumenta as bases do solo (Ca e V%), reduz a acidez (Al e m%) e melhora a atividade microbiológica (RBS e  $q\text{CO}_2$ ). A permanência da fitomassa residual parcial reduz a disponibilidade dos nutrientes do solo e atividade da P-ase. O impedimento da entrada de serapilheira do ciclo atual aumentou a atividade enzimática da Bglu. A fitomassa residual e serapilheira atual são responsáveis por maior produção de madeira de eucalipto aos 3 anos. A análise de equações estruturais apresentou ajuste adequado para compreender a relação entre os SMC, fertilidade do solo até 1m e produção de madeira aos 3 anos, de forma simultânea.

**Palavras-chave:** Fitomassa Residual de Colheita. Solos Arenosos. Qualidade do Solo. Atividade enzimática. Carbono do solo. Análise de equações estruturais.

## ABSTRACT

Organic carbon (OC) introduced in soils, mainly through organic matter, has a relevant role in various soil properties and more in sandy soils. In these soils, the input of organic material is necessary to ensure the sustainability of production systems. This study aimed to investigate the changes in total organic carbon content and its effect on chemical, physical and microbial soil properties, of the residual phytomass of harvest and yield wood at 3 years, in commercial eucalyptus plantation areas after the harvest of eucalyptus. The study was performed in December 2017 in a *Eucalyptus urograndis* (clone E13) commercial plantation, in the municipality of Água Clara, Mato Grosso do Sul State, Brazil, classified as a sandy-textured Neossolo quartzarênico. The study was harvest occurred at the beginning of June 2017, according to the cut-to-length system. After 120 days (September, 2017) the plots were prepared to simulate the three different harvest management systems (HMS): CTL= cut-to-length – all phytomass maintained in the área; BA= bare – removal all of the residual phytomass, the installation of sombrite® protective netting to impede deposition of plant biomass and without supplementary fertilization; BL= bare litter– removal all of the residual phytomass; TL= tree-length– removal of the bark and maintaining the residual phytomass were maintained in the area; BLF= bare litter with fertilization – removal all of the residual phytomass, the installation of sombrite® protective netting to impede deposition of plant biomass and with supplementary fertilization. Field studies were conducted in a completely randomized experimental design, with four replications. After 90 days of HMS implantation and before plantation, in December of 2017, undisturbed soil samples were taken from the 0.00-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m layers for determinations of aggregate stability, soil bulk density (BD), macroporosity (Macro), microporosity (Micro), total porosity (TP) and total organic carbon (TOC); and for calculation of carbon stock (CS). TOC and CS continued down into the 0.20-0.40, 0.40-0.60, 0.60-0.80, and 0.80-1.00 m layers. Soil mechanical penetration resistance (PR) was determined to the 0.40 m depth in 0.10 m intervals. Carbon content was evaluated in the aggregates of the 0.00-0.05 m layer after wet sieving in 2000, 1000, 250 and 53 µm diameter sieves. Soil samples were taken at depth 0.00-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.40, 0.40-0.60, 0.60-0.80 e 0.80-1.00 m for chemical properties analysis (P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al and S). Litter bags were used to assess decomposition over a period of 36 months. Biological activities were assessed through microbial biomass carbon (MBC), basal respiration of soil (BRS);  $\beta$ -glycosidase (BGlu), acid phosphatase (P-ase), arylsulfatase (Aryl-S), total enzymatic activity (FDA) and calculation of metabolic ( $qCO_2$ ) and microbial ( $qMic$ ) quotients were

determined in the 0.00-0.10 m layer. Intact cores were obtained on each HMS and sieved to obtain large, macro and micro aggregates, 4000-2000, 2000-250 and 250-0.00  $\mu\text{m}$ , respectively of the aggregates was performed considering three classes of aggregate diameter (large macroaggregates - MaG: 2000-4000  $\mu\text{m}$ , medium macroaggregates - MaM: 250-2000  $\mu\text{m}$  and microaggregates - MiP: 0-250  $\mu\text{m}$ ) to analyze MBC, BRS,  $q\text{CO}_2$  and  $q\text{Mic}$ , TOC and NT, FDA,  $\beta\text{Glu}$  and active carbon. After 3 years of planting, chemical properties at 1m, microbiological and enzymatic properties in the 0.00-0.10 m layer were evaluated and wood yield was estimated. In the short term, the maintenance of residual phytomass on the soil surface can positively impact TOC and PR compared to others HMS; in the CTL HMS provides maintenance of TOC, with greater Macro (0.00-0.05 m); maintain the harvest residual phytomass on the surface became the microbial activity efficiently. Harvesting in CTL provides greater amount of phytomass and greater amount of N, P, K, Ca and C, with the greatest decomposition of residues occurring in the initial 6 months; removing the bark reduces the amount of Ca and N and increases the decomposition time. The eucalyptus HMS promoted changes in soil properties MBC,  $q\text{CO}_2$ ,  $q\text{Mic}$ , COT, NT,  $\beta\text{Glu}$  and active carbon, with aggregates of diameter 2000 to 4000  $\mu\text{m}$  being the most sensitive fraction to management systems, evidenced in greater microbiological, enzymatic and nutrient retention in the soil. HMS promoted changes in soil properties MBC,  $q\text{CO}_2$ ,  $q\text{Mic}$ , COT, NT,  $\beta\text{-gGlu}$  and active carbon, where aggregates of diameter 2000 to 4000  $\mu\text{m}$  were most sensitive fraction to management systems, pointed of higher microbiological, enzymatic and nutrient retention in the soil. The phytomass maintenance, partial and total, provided better soil conditions pointed in MBC, NT, TOC, enzymatic activity ( $\beta\text{-Glu}$  and FDA). After 3 years of eucalyptus planting, HMS promoted changes in the chemical, microbiological and enzymatic properties of the soil, with the 0.00-0.20 layer, where the most influenced by chemical properties; the maintenance of total residual phytomass from the harvest benefits and increases soil bases (Ca and V), reduces acidity (Al and m) and improves microbiological activity (RBS and  $q\text{CO}_2$ ). Keep just part of residual phytomass reduces the availability of soil nutrients and phosphatase enzyme activity. Avoid the currently litter from entering the current cycle increased  $\beta\text{Glu}$  activity; the residual phytomass and current litter are responsible for greater yield of eucalyptus wood at 3 years of age. The structural equation analysis showed adequate adjustment to comprehension the relationship between HMS, soil fertility at 1m and yield at 3 years, simultaneously.

**Keywords:** Harvest Residual Phytomass. Sandy Soils. Soil Quality. Enzyme Activities. Structural Equation Model.

### Lista de abreviações

AEE	Análise de equações estruturais
Al	Alumínio
ALT	Altura da árvore
Aril-S	Arilsulfatase
AVE	Variâncias médias extraídas
BA	<i>Bare</i>
BGlu	B-glucosidase
BL	<i>Bare litter</i>
BLF	<i>Bare litter</i> com fertilização
C	Carbono
C:N	Relação carbono nitrogênio
Ca	Cálcio
CBM	Carbono da biomassa microbiana
CC	Confiabilidade composta
CE	Colinearidade estatística
CMD	Camadas
CO	Carbono orgânico
COT	Carbono orgânico total
CTC	Capacidade de troca catiônica
CTL	<i>Cut-to-length</i>
CV	Coefficiente de variação
DiAg	Diâmetro de agregado
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
Ds	Densidade do solo
EDX	Análise de energia dispersiva de raio-X
EstC	Estoque de carbono
FDA	Enzimas totais
fFERT	Fator fertilidade
fPROD	Fator produção
fSMC	Fator Sistemas de manejo de resíduos de colheita
H+Al	Acidez potencial
IBÁ	Indústria brasileira de árvores

$k$	Constante de decomposição
K	Potássio
m	Saturação por alumínio
Macro	Macroporosidade
MaG	Macroagregados grandes
MaM	Macroagregados médios
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
Mf	Massa final
Mg	Magnésio
Mi	Massa inicial
Micro	Microporosidade
MiP	Microagregados
MO	Matéria orgânica
MS	Mato Grosso do Sul
NT	Nitrogênio total
P	Fósforo
P-ase	Fosfatase ácida
PAP	Perímetro à altura do peito
PLS	<i>Partial least square</i>
PMI	Perda de massa por ignição
PT	Porosidade total
$qCO_2$	Quociente metabólico
$qMic$	Quociente microbiano
$r^2$	Coefficiente de determinação
RBS	Respiração basal do solo
RP	Resistência mecânica à penetração
RVR	Resíduo vegetal remanescente
S	Enxofre
SB	Soma de bases
SMC	Sistemas de manejo do resíduo da colheita
$t^{1/2}$	Tempo de meia vida
TAV	Tempo de avaliação
TFSA	Terra fina seca ao ar

TL	<i>Tree-length</i>
UTRGV	University of Texas Rio Grande Valley
V	Saturação por bases
VL	Variável latente
VM	Volume médio de madeira



## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
1.1	HIPÓTESES:.....	22
1.2	OBJETIVOS:.....	23
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	24
2.1	Histórico dos plantios de Eucalyptus no Brasil.....	24
2.1	SISTEMAS DE COLHEITA E MANEJO DE RESÍDUOS DE EUCALIPTO.....	24
2.2	EFEITO DO MANEJO DE RESÍDUOS DE EUCALIPTO EM PROPRIEDADES DO SOLO <b>26</b>	
2.3	ANÁLISE DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS (AEE) E SUA INTER-RELAÇÃO COM PROPRIEDADES DO SOLO .....	29
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
3.1	Descrição da área experimental.....	32
3.2	Caracterização inicial do solo .....	32
3.3	Delineamento experimental .....	34
3.4	REFERÊNCIAS .....	38
4	<b>SISTEMAS DE MANEJO DOS RESÍDUOS DA COLHEITA FLORESTAL E SUA RELAÇÃO COM PROPRIEDADES FÍSICAS E CARBONO ORGÂNICO EM SOLO ARENOSO</b> .....	42
4.1	INTRODUÇÃO.....	43
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.3	RESULTADOS .....	49
4.4	DISCUSSÃO .....	56
4.5	CONCLUSÃO.....	60
4.6	REFERÊNCIAS .....	60
4.7	APÊNDICE 1.....	65

<b>5</b>	<b>INTER RELAÇÕES ENTRE PROPRIEDADES DO SOLO E DIFERENTES MANEJOS DO RESÍDUO DA COLHEITA DO EUCALIPTO .....</b>	<b>66</b>
5.1	RESUMO.....	66
5.2	INTRODUÇÃO.....	67
5.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
5.3.1	<i>Descrição da área experimental.....</i>	69
5.3.2	<i>Caracterização inicial do solo .....</i>	69
5.3.3	<i>Delineamento experimental.....</i>	70
5.3.4	<i>Amostragem de solo e análise laboratorial.....</i>	71
5.3.5	<i>Análise dos resultados .....</i>	72
5.4	RESULTADOS .....	73
5.4.1	<i>Propriedades químicas .....</i>	73
5.4.2	<i>Propriedades físicas .....</i>	76
5.4.3	<i>Propriedades microbiológicas.....</i>	76
5.4.4	<i>Análise de Equações estruturais.....</i>	77
5.5	DISCUSSÃO .....	81
5.5.1	<i>Propriedades do solo .....</i>	81
5.5.2	<i>Ajustes AEE modelos PLS-PM .....</i>	84
5.6	CONCLUSÕES .....	85
5.7	REFERÊNCIAS .....	86
<b>6</b>	<b>DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES MANEJOS DOS RESÍDUOS DA COLHEITA DE EUCALIPTO, NO LESTE DO MATO GROSSO DO SUL.....</b>	<b>91</b>
6.1	RESUMO.....	91
6.2	INTRODUÇÃO.....	91
6.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	94
6.4	RESULTADOS .....	99
6.5	DISCUSSÃO .....	108
6.6	CONCLUSÃO.....	112

6.7	REFERÊNCIAS .....	112
<b>7</b>	<b>RESPOSTA MICROBIANA NA ESTRUTURA DO SOLO AOS SISTEMAS DE MANEJO DOS RESÍDUOS DA COLHEITA DO EUCALIPTO.....</b>	<b>116</b>
7.1	RESUMO.....	116
7.2	INTRODUÇÃO .....	117
7.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	118
7.3.1	<i>Descrição da área e histórico.....</i>	118
7.3.2	<i>Sistemas de manejo de resíduo da colheita e delineamento experimental.....</i>	118
7.3.3	<i>Amostras indeformadas e fracionamento dos agregados.....</i>	119
7.3.4	<i>Atividade microbiológica.....</i>	120
7.3.5	<i>Atividade Enzimática .....</i>	120
7.3.6	<i>Carbono orgânico total e nitrogênio total.....</i>	121
7.3.7	<i>Carbono ativo ou lábil.....</i>	121
7.3.8	<i>Correção de areia.....</i>	121
7.3.9	<i>Análise estatística .....</i>	122
7.4	RESULTADOS .....	122
7.4.1	<i>Proporção de agregados .....</i>	122
7.4.2	<i>Atividade microbiológica do solo .....</i>	123
7.4.3	<i>Carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo.....</i>	125
7.4.4	<i>Atividade enzimática.....</i>	125
7.5	DISCUSSÃO .....	126
7.6	CONCLUSÃO.....	130
7.7	REFERÊNCIAS .....	131
<b>8</b>	<b>PRODUÇÃO DE MADEIRA, FERTILIDADE, ATIVIDADES MICROBIOLÓGICA E ENZIMÁTICA EM SOLO ARENOSO E SUA RELAÇÃO COM O MANEJO DOS RESÍDUOS DE COLHEITA DO EUCALIPTO.....</b>	<b>135</b>
8.1	RESUMO.....	135
8.2	INTRODUÇÃO .....	136
8.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	137
8.3.1	<i>Descrição da área experimental.....</i>	137

8.3.2	<i>Caracterização inicial do solo</i> .....	139
8.3.3	<i>Delineamento experimental</i> .....	139
8.3.4	<i>Amostragem de solo e análises laboratoriais</i> .....	142
8.3.5	<i>Amostragem de solo e análises laboratoriais</i> .....	142
8.3.6	<i>Volume médio anual de madeira</i> .....	143
8.3.7	<i>Análise dos resultados</i> .....	143
8.4	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>144</b>
8.4.1	<i>Propriedades do solo e produção de madeira</i> .....	144
8.4.2	<i>Análise de equações estruturais</i> .....	149
8.5	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>152</b>
8.5.1	<i>Propriedades do solo</i> .....	152
8.5.2	<i>Ajustes AEE modelos PLS</i> .....	154
8.6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>155</b>
8.7	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>156</b>
9	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>160</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal vem ganhando cada vez mais destaque no cenário da economia brasileira, principalmente com o cultivo do eucalipto, que pode ser empregado na indústria de celulose e papel, moveleira, para combustível, biomassa/bioenergia, moirões e postes, entre outros. As plantações de eucalipto no Brasil ocupam 6,97 milhões hectares, sendo o estado de Mato Grosso do Sul responsável por 1,12 milhões de hectares cultivados em solos arenosos, predominantes na região (IBÁ, 2020).

A manutenção da produtividade de plantações de eucalipto localizadas em solos com baixa fertilidade depende da adoção de práticas conservacionistas para manter a sua produtividade e sustentabilidade. Nesta região o seu cultivo, normalmente, é conduzido em áreas de pasto degradado, promovendo a entrada de material orgânico durante o cultivo e na colheita, quando os resíduos vegetais são deixados à superfície nos talhões.

A permanência dos resíduos garante o fornecimento de matéria orgânica (MO) prontamente disponível, proveniente de folhas, tecidos tenros e exsudados radiculares, e outra parte em longo prazo, advinda de materiais de maior dificuldade para decomposição, como galhos, decomposição do sistema radicular renovado, permitindo inferir que cultivos de eucalipto que mantem a fitomassa residual sobre o solo beneficiam a fertilidade do solo no curto e no longo prazo.

A ciclagem de nutrientes é favorecida pelo acúmulo de resíduos vegetais e esta relacionada ao tipo e quantidade de material depositado. Assim, além de sua importância no setor econômico, as áreas florestais têm relevante papel no ciclo global do carbono (C), tendo sido apontada como uma das práticas mais importantes no seu sequestro quando associada a práticas que aumentam a entrada de MO. Essa constituinte do solo (MO) é um componente chave da fertilidade nos trópicos, retendo e fornecendo nutrientes para as plantas, entretanto, requer fornecimento constante, que no caso dos reflorestamentos vem da queda de serapilheira, renovação das raízes e pelos resíduos da colheita entre as rotações.

Esta MO, quando mineralizada disponibiliza C que, incorporado ao solo, desempenha importante papel na formação e manutenção de propriedades físicas, químicas e biológicas. Acrescenta-se que o solo contém mais C do que as quantidades totais, presentes na vegetação e na atmosfera, apresentando-se, portanto, como um significativo reservatório e eficiente estabilizador deste elemento nos ciclos biogeoquímicos.

Dessa forma, os impactos dos resíduos de colheita sobre a qualidade do solo têm sido quantificados por meio de análises de suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas. A estabilidade dos agregados é dependente da mineralogia do solo, da granulometria e da presença de MO, e ao mesmo tempo, tem papel relevante na proteção física da MO, evitando sua decomposição ao permitir sua oclusão dentro das unidades estruturais, reduzindo sua decomposição microbiológica ou sua biodegradação, preservando assim o CO no solo.

Neste aspecto, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo tem-se apresentado como medida necessária não apenas por evitar a redução, mas também para aumentar o teor de MO. O aporte desta melhora a agregação do solo, diminui a exposição do C, que permanece dentro dos agregados, contribuindo para melhorar a estabilidade estrutural, aumentar a porosidade total (PT), estimular a atividade microbiana e enzimática, reduzir a acidez, aumentar as bases, entre outros benefícios.

Uma vez que estudos sobre a qualidade do solo apresentam muitas variáveis, a interpretação dos dados em conjunto pode constituir uma ferramenta poderosa no estudo das relações e inter-relações entre as propriedades do solo, as quais são descritas, normalmente, por meio de análises estatísticas univariadas. A interação destas propriedades por métodos estatísticos multivariados como análises de componentes principais e de equações estruturais permitem o seu agrupamento para melhorar o entendimento dos processos que ocorrem no solo, em função das práticas de manejo adotadas.

Os questionamentos a respeito dos efeitos dos povoamentos florestais de eucalipto e da manutenção de fitomassa residual de colheita sobre as propriedades do solo, suas relações e inter-relações e o grau de limitação oferecido por solos arenosos na região leste do Mato Grosso do Sul são os fatores que nortearam a realização do presente estudo.

## 1.1 HIPÓTESES:

O manejo conservacionista do solo sob cultivo de eucalipto, com permanência dos resíduos da colheita, aumenta a adição de material orgânico a superfície contribuindo para aumentar a entrada de matéria orgânica no sistema.

A adição de matéria orgânica à superfície em solos arenosos pode, ao ser incorporada, melhorar a sua estrutura do mesmo, e contribuir com a adição de nutrientes, que seriam exportados se este material fosse retirado do sistema.

A remoção das cascas da fitomassa residual de colheita de eucalipto reduz a mineralização dos nutrientes e aumenta o tempo de decomposição.

A adição de nutrientes via serapilheira pode contribuir para melhorar a fertilidade do solo, favorecendo o cultivo proposto, aumentando a produtividade e reduzindo as adições de fertilizantes em áreas de solo arenoso.

A fitomassa residual de colheita pode suprir a adubação de cobertura nos plantios de eucalipto.

A elaboração do modelo de equações estruturais pode auxiliar na compreensão do comportamento das diversas variáveis do sistema solo e suas interações, propiciando um melhor entendimento dos efeitos que as ações antrópicas promovem no sistema produtivo.

## 1.2 OBJETIVOS:

Avaliar a contribuição dos sistemas de manejo de resíduos de colheita propostos em relação ao recobrimento da superfície e quantidade de biomassa adicionada ao solo.

Analisar a influência do manejo de resíduos de colheita sobre a taxa de decomposição da biomassa e desta sobre a fertilidade, a redução e incremento do carbono orgânico, e a atividade microbiana do solo.

Analisar mudanças nas propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo e sua relação com a produção de matéria seca (madeira em fuste).

Avaliar as relações e inter-relações das propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo por meio da análise equações estruturais.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção dos resíduos de colheita de eucalipto promoveu maior entrada de matéria orgânica e nutrientes no solo, principalmente no primeiro ano após a colheita. A remoção da casca reduz a quantidade de material orgânico e nutrientes, provocando a imobilização de nitrogênio e cálcio no resíduo. A entrada de serapilheira atual, folhas e galhos, responde por maior retorno de nutrientes elucidados na produção de madeira em fuste. Os resíduos atuam na proteção do solo, mantendo maior quantidade de carbono, agregados estáveis, macroporosidade em superfície e menor resistência à penetração. A fertilidade do solo é beneficiada com redução na acidez e maior teor de bases quando todos os resíduos são mantidos sobre o solo. A microbiota do solo apresenta sensibilidade as mudanças no manejo dos resíduos, bem como a atividade enzimática, tendo papel importante na ciclagem dos nutrientes e mineralização da matéria orgânica. A fitomassa residual total de colheita tem grande potencial para suprir a demanda da planta e reduzir a necessidade de adubação. A sustentabilidade produtiva de solos arenosos demanda a adoção de manejos conservacionistas, onde o revolvimento do solo é reduzido, a superfície do solo é mantida coberta, a entrada de matéria orgânica é constante e a atividade microbiológica encontra microambiente adequado ao desenvolvimento e a mineralização.