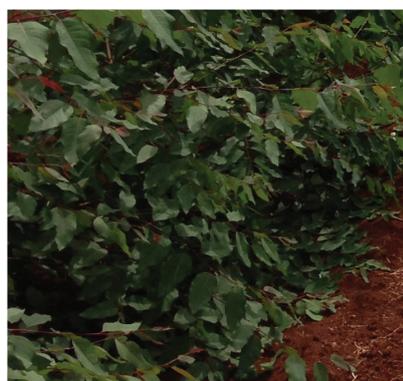


Desempenho do eucalipto em Nitossolo fertilizado com dejetos suíno no oeste do Paraná



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 362

**Desempenho do eucalipto em Nitossolo fertilizado
com dejetos suíno no oeste do Paraná**

*Márcia Toffani Simão Soares
Giordano Marques Corradi
Edilson Batista de Oliveira
Guilherme de Castro Andrade
Shizuo Maeda
João Bosco Vasconcello Gomes
Thays Schneider
Itamar Antonio Bognola
Marcos Silveira Wrege*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Elenice Fritzsons
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco Verde
Marilice Cordeiro Garrastazu
Susete do Rocio Chiarello Penteado
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial e revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Foto capa
Giordano Marques Corradi

1ª edição
Versão digital (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Desempenho do eucalipto em Nitossolo fertilizado com dejetos suíno
no oeste do Paraná. [recurso eletrônico] / Márcia Toffani Simão
Soares ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2021.
26 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-
3958 ; 362)

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

1. Solo florestal. 2. Fertilização. 3. *Eucalyptus urophylla*. 4.
Eucalyptus grandis. I. Soares, Márcia Toffani Simão. II. Corradi,
Giordano Marques. III. Oliveira, Edilson Batista de. IV. Andrade,
Guilherme de Castro. V. Maeda, Shizuo. VI. Gomes, João Bosco
Vasconcellos. VII. Schneider, Thays. VIII. Bognola, Itamar Antonio. IX.
Wrege, Marcos Silveira. X. Série.

CDD (21. ed.) 631.86

Autores

Márcia Toffani Simão Soares

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Giordano Marques Corradi

Engenheiro Florestal, mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, Bolsista DTI II do Projeto Bioeste Florestas pelo CIBiogás, Foz do Iguaçu, PR

Edilson Batista de Oliveira

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Guilherme de Castro Andrade

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Shizuo Maeda

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

João Bosco Vasconcello Gomes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Thays Schneider

Engenheira Florestal, doutora em Agronomia, consultora da STCP Consultoria, Engenharia e Gerenciamento de Projetos, Curitiba, PR

Itamar Antonio Bognola

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marcos Silveira Wrege

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Apresentação

Em diversos segmentos do setor agropecuário nacional, verifica-se crescente interesse pela adoção de modelos econômicos circulares que englobam o aproveitamento energético e reuso de dejetos animais como fonte de nutrientes às plantas, contribuindo para a diminuição da dependência de recursos fósseis e de reservas minerais não renováveis, conforme princípios da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças do Clima. O estabelecimento de práticas voltadas à retenção de carbono e de nutrientes no ambiente de produção rural pode, adicionalmente, assegurar incrementos em produção, manutenção ou melhoria da qualidade do solo e proteção de recursos hídricos regionais. Neste documento são apresentadas informações, ainda escassas na literatura científica nacional, sobre o desempenho de uma floresta de rápido crescimento (eucalipto) fertilizado com dejetos líquidos de suínos em dois sistemas rurais no oeste do Paraná, uma região sob influência de reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu, uma das maiores do mundo em geração de energia hídrica. As informações aqui reunidas foram possíveis graças às ações de pesquisa e inovação do projeto Bioeste Florestas, uma parceria entre a Embrapa Florestas, CiBiogas e Itaipu Binacional, para a organização da cadeia produtiva de biomassa de madeira na região de estudo.

Marcílio José Thomazini

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução.....	9
Material e métodos.....	9
Implantação dos ensaios.....	13
Avaliação das árvores.....	18
Resultados.....	18
Discussão.....	21
Conclusões.....	23
Agradecimentos.....	23
Referências.....	24

Introdução

O tratamento e uso planejado de resíduos da produção pecuária consiste em estratégia decisiva para a segurança sanitária e proteção de corpos hídricos (Pasqual et al., 2018; Zhu et al., 2019), com possibilidade de promover, ao gerar biogás e biofertilizantes, novos ativos econômicos à cadeia produtiva (Chojnacka et al., 2020) e diminuição das emissões de gases do efeito estufa (GEE) para a atmosfera (Brasil, 2012; Pasqual et al., 2018). No oeste paranaense, um dos mais importantes polos de produção de carne suína do País, iniciativas piloto de inovação no tratamento de dejetos (Galinkin; Bley, 2009) podem compor estratégia mais ampla de aproveitamento do potencial energético regional, por meio de ações voltadas a minimizar a dependência agroindustrial por biomassa de outras regiões, destinada ao aquecimento de silos, caldeiras, e demais instalações dependentes de energia térmica.

A biomassa de madeira (Galinkin; Bley, 2009), obtida em povoamentos florestais de rápido crescimento, além de ser considerada uma alternativa de energia renovável (Simioni et al., 2018; Gomes, 2021), pode favorecer a constituição de paisagens multifuncionais eficientes quanto à conservação hídrica (Hassan et al., 2005; Gabriel et al., 2013; Oliveira et al., 2017) e do solo. Neste sentido, estratégias de biofertilização com resíduos orgânicos de diversas fontes vêm contribuindo com incrementos em parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo, com a economia na aquisição de insumos, com a manutenção ou aumento da produção da matéria-prima e das funções ecossistêmicas dos sistemas de produção (Maeda et al., 2021). Embora a substituição de fertilizantes químicos por orgânicos demande estudos voltados aos ajustes de doses, épocas e formas de aplicação, são escassas as informações sobre o efeito do uso de dejetos suíno no rendimento de espécies florestais com rápido crescimento. Em atendimento a esta demanda, este estudo objetivou avaliar o desempenho do eucalipto estabelecido em Nitossolo Vermelho Eutroférico típico, fertilizado com dejetos líquidos de suínos em dois sistemas rurais no oeste do Paraná.

Material e métodos

O presente estudo contém informações obtidas durante a execução do projeto “Florestas Energéticas: produção e conversão sustentável de biomassa em energia” (2012-2016), consolidadas no âmbito do projeto “Bioeste Florestas” (2017-2021), liderado pela Embrapa Florestas, em parceria com a Itaipu Binacional, o Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CI Biogás) e a C. Vale Cooperativa Agrícola. As ações executadas na mesorregião oeste do estado do Paraná são voltadas à produção de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa, abrangendo propriedades situadas nas Bacias Hidrográficas do Paraná 3 (BP3), tributário do rio Paraná e com desague no Reservatório do Lago de Itaipu (Cunha, 2018, Figura 1).

Dois ensaios foram conduzidos em propriedades rurais pertencentes ao “Condomínio de Energias Renováveis da Agricultura Familiar da Bacia do Rio Ajuricaba”, no município de Marechal Cândido Rondon, PR (Tabela 1, Figuras 1 e 2), onde operam sistemas biodigestores de lagoa coberta, voltadas ao tratamento de dejetos animal gerado em granja suína (CI Biogás Energias Renováveis, 2020).

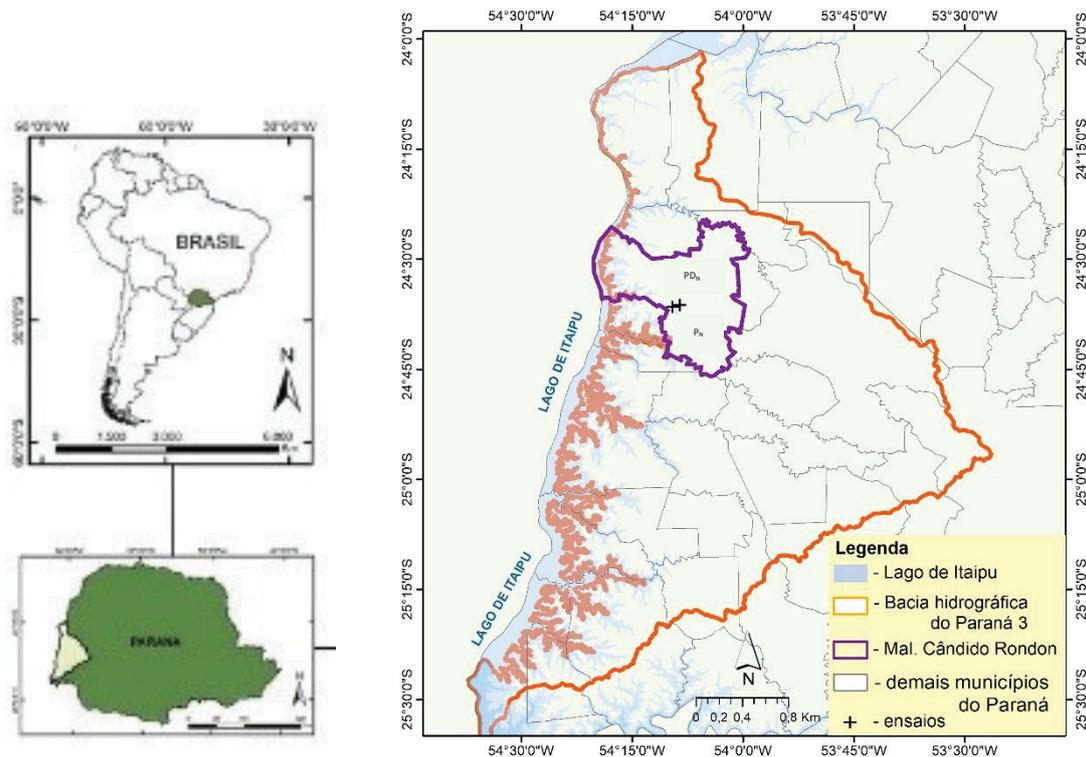


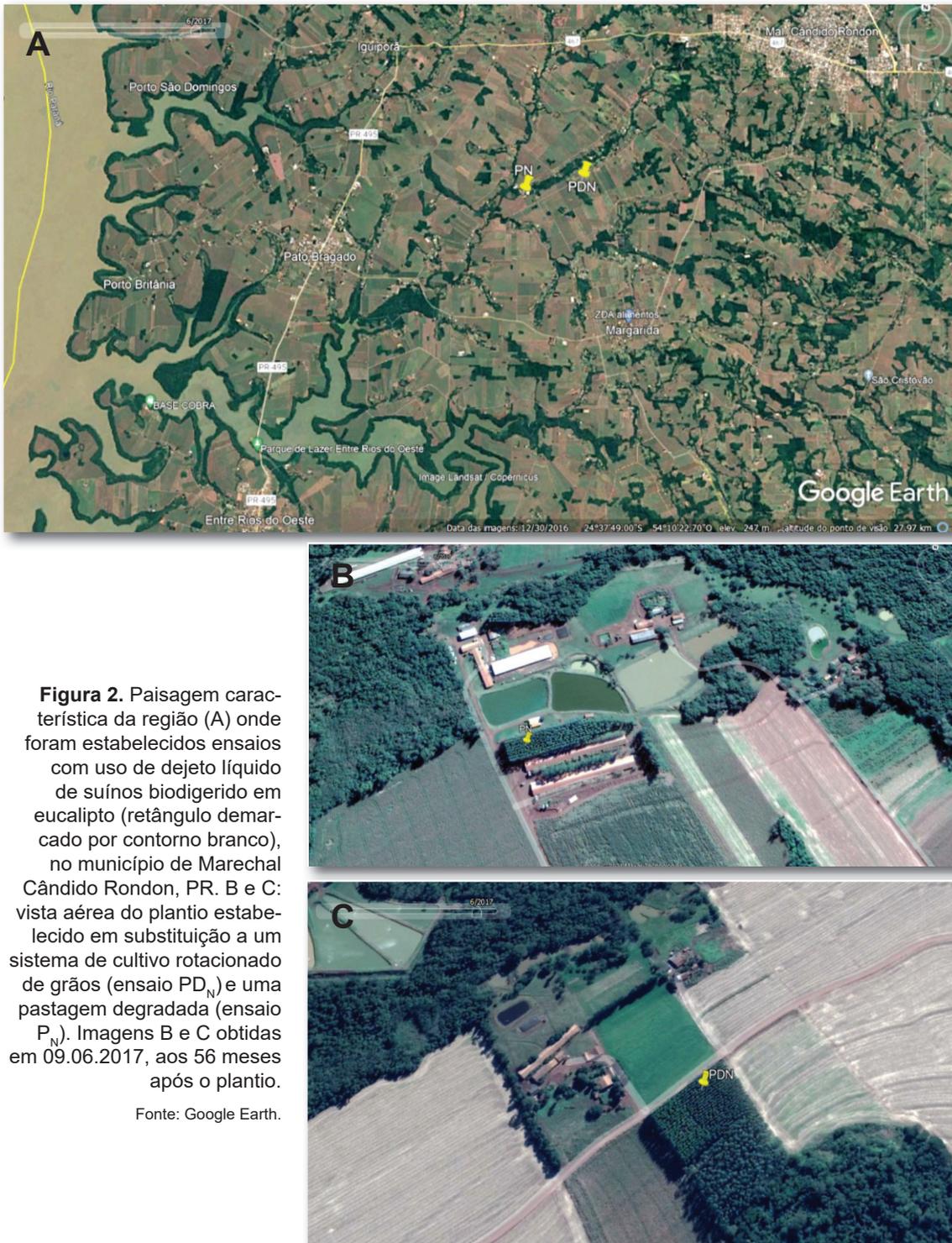
Figura 1. Localização dos ensaios com uso de dejetos líquidos de suínos biodigeridos em eucalipto, no município de Marechal Cândido Rondon, pertencente à Bacia Hidrográfica do Paraná III, estado do Paraná, e banhado pelo lago artificial da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Sendo PD_N e P_N: plantios estabelecidos em substituição a sistema de cultivo rotacionado de grãos (plantio direto) e pastagem degradada, respectivamente.

Tabela 1. Identificação dos ensaios com uso de dejetos líquidos de suínos biodigeridos em *Eucalyptus*, estabelecidos em espaçamento 3 m x 1 m em Marechal Cândido Rondon (Linha Ajuricaba), oeste do Paraná.

Local	Id./ Produtor	Coordenadas geográficas	Classe de solo	Uso anterior	Área plantada (ha)	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)
PD _N	1 (E. Matte)	24°36'14,03"S 54°08'21,00"O	NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, relevo suave ondulado, textura argilosa/ muito argilosa	Sistema de cultivo rotacionado de grãos (Plantio Direto)	0,64	3.333
P _N	3 (O. Ruppulo)	24°36'29,94"S 54°09'30,84"O	NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, relevo suave ondulado, textura muito argilosa	Pastagem degradada	0,53	3.333

O clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido), caracterizado pela temperatura média anual entre 21 °C e 22 °C, temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C, temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e geadas pouco frequentes. A precipitação pluviométrica média anual na região está entre 1.400 mm e a 2.000 mm, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, embora sem estação seca definida (Cavaglione et al., 2000). As principais classes de solos na região são os Latossolos, Nitossolos Vermelhos, Neossolos Regolíticos, Litólicos e Flúvicos, Cambissolos e Gleissolos Háplicos (Silva, 2017; Silva et al., 2020).

Nas áreas destinadas aos ensaios, o solo foi classificado como NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, relevo suave ondulado (Santos et al., 2018). Esta classe, antigamente denominada Terra Roxa Estruturada, é caracterizada pela estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, derivados de rochas básicas e ultrabásicas, fertilidade e teores de ferro elevados. Um dos ensaios, estabelecido em solo com textura argilosa/muito argilosa, em substituição a um sistema de cultivo rotacionado de grãos (Figuras 2 e 3), foi denominado PD_N (Plantio Direto, Tabela 1). O outro ensaio foi estabelecido em solo com textura muito argilosa, em substituição a uma pastagem degradada (Figuras 2 e 4), sendo denominado P_N.



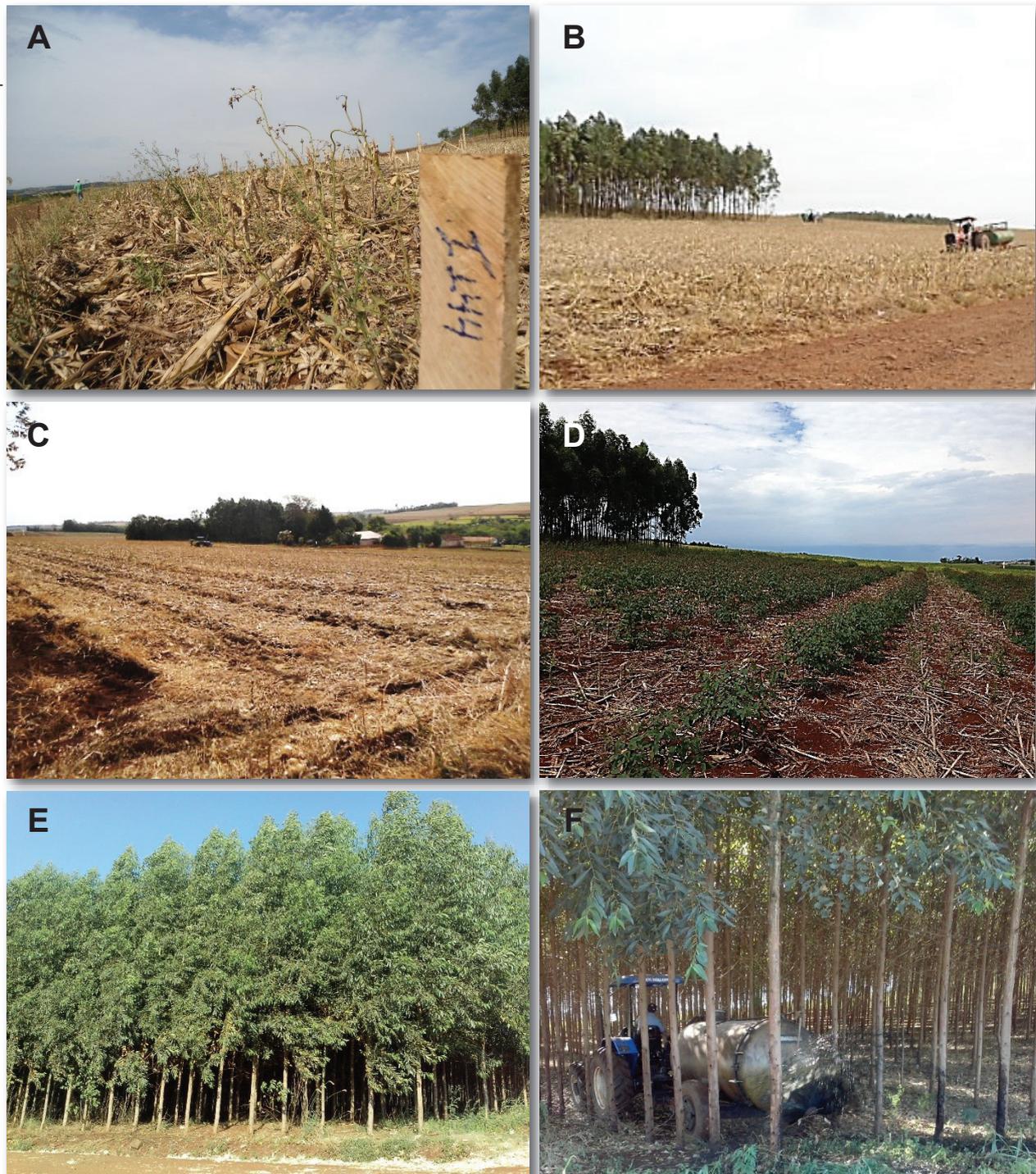


Figura 3. Etapas do estabelecimento do eucalipto em paisagem com ocorrência de NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, anteriormente ocupado por cultura anual em sistema de plantio direto (PD_N), no município de Marechal Cândido Rondon, PR (Linha Ajuricaba), sendo (A) demarcação da área; (B) fertilização orgânica com uso de dejetos líquidos de suínos biodigeridos; (C) subsolagem; (D-F) povoamento em diferentes fases de desenvolvimento. Em F, detalhe da aplicação de DLS, com uso de tanque acoplado ao trator, e aspersão do insumo na superfície da serapilheira+solo.

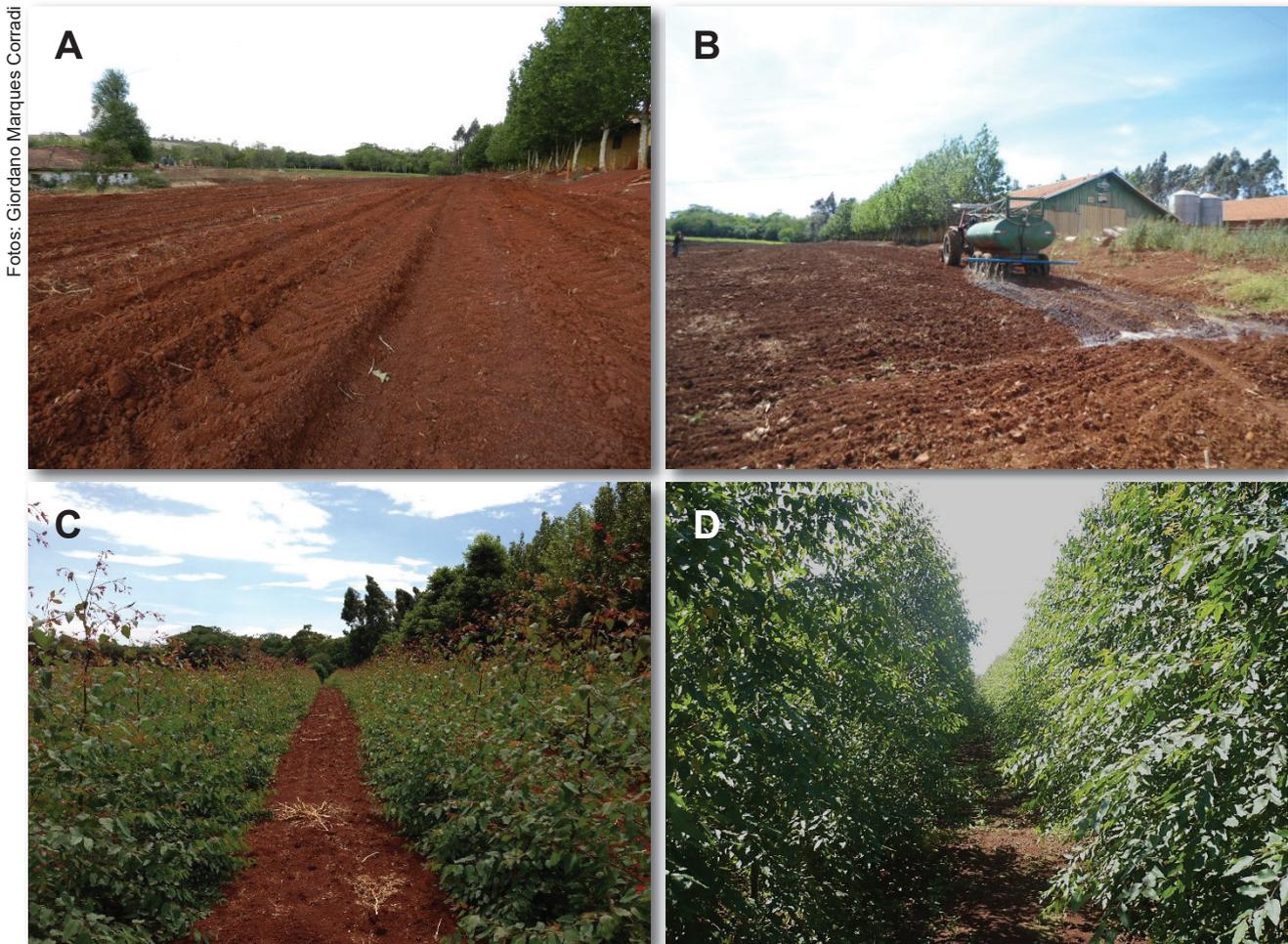
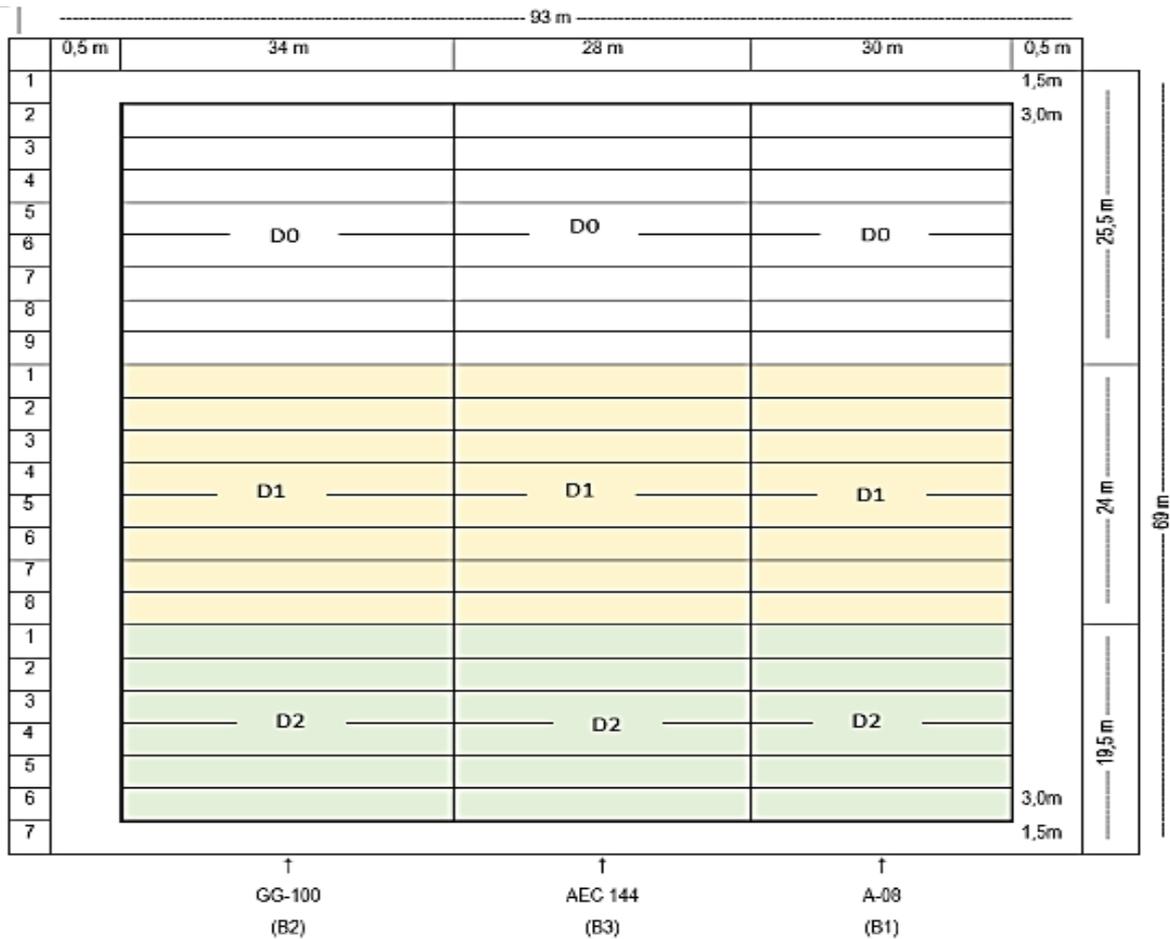


Figura 4. Etapas do estabelecimento de clones de eucalipto em paisagem com ocorrência de NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, antes ocupado por pastagem degradada (P_N), no município de Marechal Cândido Rondon, PR (Linha Ajuricaba). Sendo (A) e (B) área experimental após preparo do solo e durante fertilização orgânica com uso de dejetos líquidos de suínos biodigerido, aspergido na superfície do solo (setembro de 2012). Em (C) e (D), povoamento aos quatro e sete meses de idade (janeiro e abril de 2013), respectivamente.

Implantação dos ensaios

Áreas de 0,64 ha e 0,53 ha (PD_N e P_N , respectivamente, Tabela 1) foram submetidas à aplicação de herbicida em área total, controle sistemático de formigas com iscas formicidas, gradagem (somente em P_N) e subsolagem do solo nas linhas de plantio (Figuras 3A e 4A). O delineamento inicialmente adotado considerou dois fatores de variação, o uso de DLS e o plantio de clones de eucalipto. Os níveis de variação adotados para DLS foram D0 - sem uso, D1 - dose intermediária, D2 - dose máxima. No presente estudo, as faixas estabelecidas com diferentes clones foram consideradas blocos e não fator de variação, com as parcelas para avaliação do DLS distribuídas em seu perímetro. Foram utilizados *Eucalyptus urophylla* clone AEC 144, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clone A08 e GG 100, dispostos em faixas nos dois ensaios (Figuras 5 e 6). O digestato foi aplicado em faixas de 28-34 m de comprimento, com o intuito promover maior homogeneidade da distribuição mecânica do DLS na superfície do solo, e minimizar riscos operacionais relacionados à segmentação da operação em campo.



Legenda:

D0
D1
D2

Não uso de DLS

Aplicação de dose intermediária de DLS

Dose máxima de DLS

↑

Faixas de plantio com clones de eucalipto (GG-100, AEC 144, A-08), na vertical, consideradas como blocos

Figura 5. Representação esquemática da distribuição dos tratamentos com uso de dejetos líquidos de suínos biodigeridos (DLS), em faixas horizontais e repetições, em plantio direto (PD_N). O presente estudo considerou somente as doses de DLS como fator de variação.

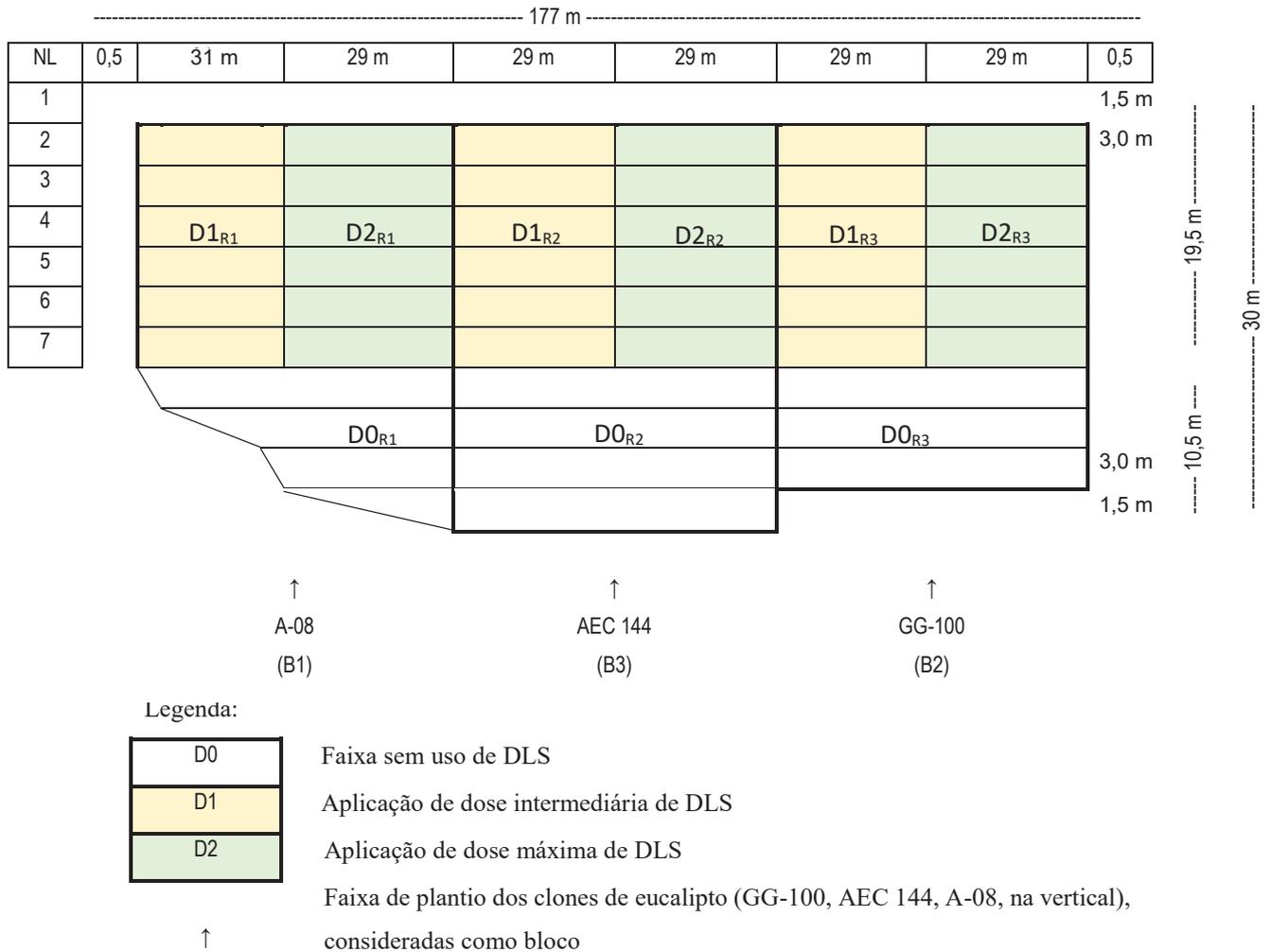


Figura 6. Representação esquemática da distribuição dos tratamentos com uso de dejetos líquidos de suínos biodigeridos (DLS) em pastagem degradada (P_N). O presente estudo considerou somente as doses de DLS como fator de variação.

Para o estabelecimento dos tratamentos no campo, as unidades de avaliação foram demarcadas conforme as Figuras 5 e 6. A primeira aplicação de DLS foi realizada em 28/09/2012, e o plantio das mudas foi realizado em 15/10/2012, com auxílio de matracas e no espaçamento 3,0 m x 1,0 m. Com o objetivo de diminuir as perdas dos nutrientes aportados e possibilitar melhor aproveitamento pelas plantas, o volume total do biofertilizante para a composição dos tratamentos foi dividido em cinco aplicações, conforme Tabelas 2 e 3, sendo a última aplicação realizada entre 5 e 12/07/2016.

O DLS foi espalhado na superfície do solo com o auxílio de um trator acoplado a um espalhador, em área total e sem incorporação, sendo a primeira parcela de DLS aplicada logo após a gradagem e, ou subsolagem (Figuras 3B e 4B). Em todas as biofertilizações, amostras do DLS foram coletadas em baldes, reunidas, homogêneas e enviadas ao Laboratório Nucleotec - Núcleo de Análises Físico-Químicas Ltda. em Foz do Iguaçu, PR, para a obtenção das suas concentrações totais do nitrogênio orgânico mais nitrogênio amoniacal (nitrogênio Kjeldahl - NTK, $N-NH_3$), fósforo, potássio, cobre e zinco (Tabela 2). Com estas informações, foi possível calcular, para D1 e D2, as quantidades totais de NTK ($46,76 \text{ kg ha}^{-1}$ e $65,62 \text{ kg ha}^{-1}$ em N_{PD} e $49,85 \text{ kg ha}^{-1}$ e $88,21$ em N_p , respectivamente) e demais nutrientes aportados via DLS ao solo (Tabela 3), para comparação da produção de madeira obtida à esperada em solos do Paraná sob adubação nitrogenada, conforme Pauletti e Motta (2017).

Tabela 2. Concentração de nutrientes em dejetos líquidos de suínos biodigeridos (DLS), aplicado em áreas cultivadas com eucalipto entre 2012 e 2016, no município de Marechal Cândido Rondon, PR (Linha Ajuricaba).

Parâmetros		Propriedades ¹				
		PD _N DLS				
Data coleta		09/2012	07/2013	08/2014	08/2015	07/2016
NTK (N-NH ₃)	(mg L ⁻¹)	1.049,26	1.383,63	896,570	1.207,10	1.391,51
P	(mg L ⁻¹)	99,50	35,00	23,400	24,75	50,80
K	(mg L ⁻¹)	2.000,00	1.030,00	6.280,00	1.030,00	1.440,00
Cu	(mg L ⁻¹)	2,47	7,56	0,21	0,17	0,98
Zn	(mg L ⁻¹)	0,43	1,30	1,25	0,76	1,26
		P _N DLS ²				
Data coleta		28.09.2012	30.07.2013	12.02.2014	14.04.2015	12.07.2016
NTK (N-NH ₃)	(mg L ⁻¹)	1.678,67	1.296,70	1.047,17	735,32	477,98
P	(mg L ⁻¹)	59,50	35,50	40,70	32,40	35,40
K	(mg L ⁻¹)	1.800,00	2.175,00	1.217,50	495,00	400,00
Cu	(mg L ⁻¹)	6,85	<0,001	2,87	0,28	1,48
Zn	(mg L ⁻¹)	70,85	3,60	25,54	17,50	10,20

¹PD_N e P_N: plantios estabelecidos em substituição ao sistema de cultivo rotacionado de grãos (plantio direto) e pastagem degradada, respectivamente.

²As concentrações de nutrientes do DLS amostrado em P_N foram calculadas, em 2012, pela média dos resultados analíticos de duas amostras compostas, e em 2014 pela média dos valores obtidos em 2012, 2013, 2015 e 2016.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes aplicado em áreas cultivadas com eucalipto entre os anos de 2012 e 2016, via dejetos líquido de suínos biodigerido (DLS), no município de Marechal Cândido Rondon, PR (Linha Ajuricaba).

		D1 - ano de aplicação					D2 - ano de aplicação						
		2012	2013	2014	2015	2016	Total	2012	2013	2014	2015	2016	Total
PD_N DLS¹													
Dose DLS	m ³ ha ⁻¹	8,00	6,00	9,00	9,00	8,00	40,00	16,00	9,00	12,00	12,00	8,00	57,00
NTK (N-NH ₃)	kg ha ⁻¹	8,39	8,30	8,07	10,86	11,13	46,76	16,79	12,45	10,76	14,49	11,13	65,62
P ₂ O ₅	kg ha ⁻¹	1,82	0,48	0,48	0,51	0,93	4,23	3,65	0,72	0,64	0,68	0,93	6,62
K ₂ O	kg ha ⁻¹	19,27	7,44	68,08	11,17	13,88	119,84	38,55	11,17	90,78	14,89	13,88	169,26
Cu	g ha ⁻¹	19,76	45,36	1,89	1,53	7,84	76,38	39,52	68,04	2,52	2,04	7,84	119,96
Zn	g ha ⁻¹	3,42	7,80	2,36	3,85	3,42	20,86	6,85	11,70	15,00	9,12	10,08	52,75
P_N DLS													
Dose DLS	m ³ ha ⁻¹	16,00	6,00	8,00	8,00	2,00	40,0	32,00	9,00	12,00	12,00	3,00	68,00
NTK (N-NH ₃)	kg ha ⁻¹	26,86	7,78	8,38	5,88	0,96	49,85	53,72	11,67	12,57	8,82	1,43	88,21
P ₂ O ₅	kg ha ⁻¹	2,18	0,49	0,75	0,59	0,16	4,17	4,36	0,73	1,12	0,89	0,24	7,35
K ₂ O	kg ha ⁻¹	34,69	15,72	11,73	4,77	0,96	67,88	69,38	23,58	17,60	7,16	1,45	119,16
Cu	g ha ⁻¹	109,52	0	22,9467	2,24	2,96	137,67	219,04	0,00	34,42	3,36	4,44	261,26
Zn	g ha ⁻¹	1.133,60	21,60	204,30	140,00	20,40	1.519,90	2.267,20	32,40	306,45	210,00	30,60	2.846,65

¹PD_N DLS e P_N DLS: dejetos líquido de suínos biodigerido, aplicado em plantios estabelecidos em substituição ao sistema de cultivo rotacionado de grãos (plantio direto) e pastagem degradada, respectivamente.

Avaliação das árvores

Todas as árvores foram avaliadas quanto à sobrevivência, e mensuradas a altura (H) e o diâmetro à altura do peito (DAP) com o auxílio de clinômetro (Haglof) e fita métrica, respectivamente, aos quatro, cinco (PD_N e P_N) e sete anos de idade (PD_N). A partir destas avaliações calculou-se, para cada repetição, o percentual de sobrevivência das mudas (S), a área basal (G), o volume total com casca (V) e o incremento médio anual das árvores (IMA). Em cada repetição, foi selecionada uma árvore de tamanho médio, na qual foi aplicada cubagem rigorosa, pelo método destrutivo. Para determinação do volume na cubagem rigorosa, de cada seção das árvores, foi utilizando o método de Smalian (Machado; Figueiredo Filho, 2009). Com os valores resultantes, foram obtidos os fatores de forma, dados pela divisão do volume cubado pelo volume cilíndrico. O modelo utilizado para o cálculo dos volumes foi:

$$V = \pi \cdot \frac{dap^2}{4} \cdot Ht \cdot f$$

onde: *dap* = diâmetro a 1,3 m de altura; *Ht* = altura total da árvore e *f* é o fator de forma.

Os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o PROC GLM do SAS® (SAS v. 6.11), seguido do teste de médias (Tukey), e ao ajuste de modelos de regressão, para o acompanhamento da sobrevivência e crescimento em função da idade das árvores. Modelos lineares também foram ajustados para estimativa da relação entre as concentrações totais do nitrogênio orgânico mais nitrogênio amoniacal (NTK, N-NH₃), aplicados via DLS, e crescimento das árvores, visando identificar a dose que favorece o melhor desempenho das árvores, nos dois locais avaliados.

Resultados

A sobrevivência e o desenvolvimento de eucalipto sob uso de dejetos líquidos de suínos biodigerido (DLS) em plantios estabelecidos em substituição ao sistema de cultivo rotacionado de grãos (PD_N) em Nitossolo textura argilosa/muito argilosa, e em pastagem degradada (P_N) em Nitossolo textura muito argilosa, estão apresentados na Figura 7 e Tabelas 4 e 5, respectivamente. Em ambos os sítios avaliados, houve diminuição do percentual de plantas sobreviventes com o aumento da idade (Figura 7), independente da dose de DLS aplicada.

Foram observadas diferentes respostas do eucalipto, em P_N e PD_N, quanto aos parâmetros de crescimento avaliados, em função do DLS aplicado (Tabelas 4 e 5). Em P_N aos quatro anos após o plantio (Tabela 5), o não uso de DLS (D0) favoreceu maior crescimento em área basal (G), volume sólido/cilíndrico com casca (V) e incremento médio anual (IMA) em relação ao tratamento submetido à aplicação da dose intermediária de DLS (D1, $p \leq 0,05$ e $0,10$, Tabela 5). O efeito depressivo do DLS neste local foi mais aparente no quinto ano após o plantio, conforme os modelos ajustados entre doses de N e as variáveis altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), G, V e IMA ($p < 0,05$).

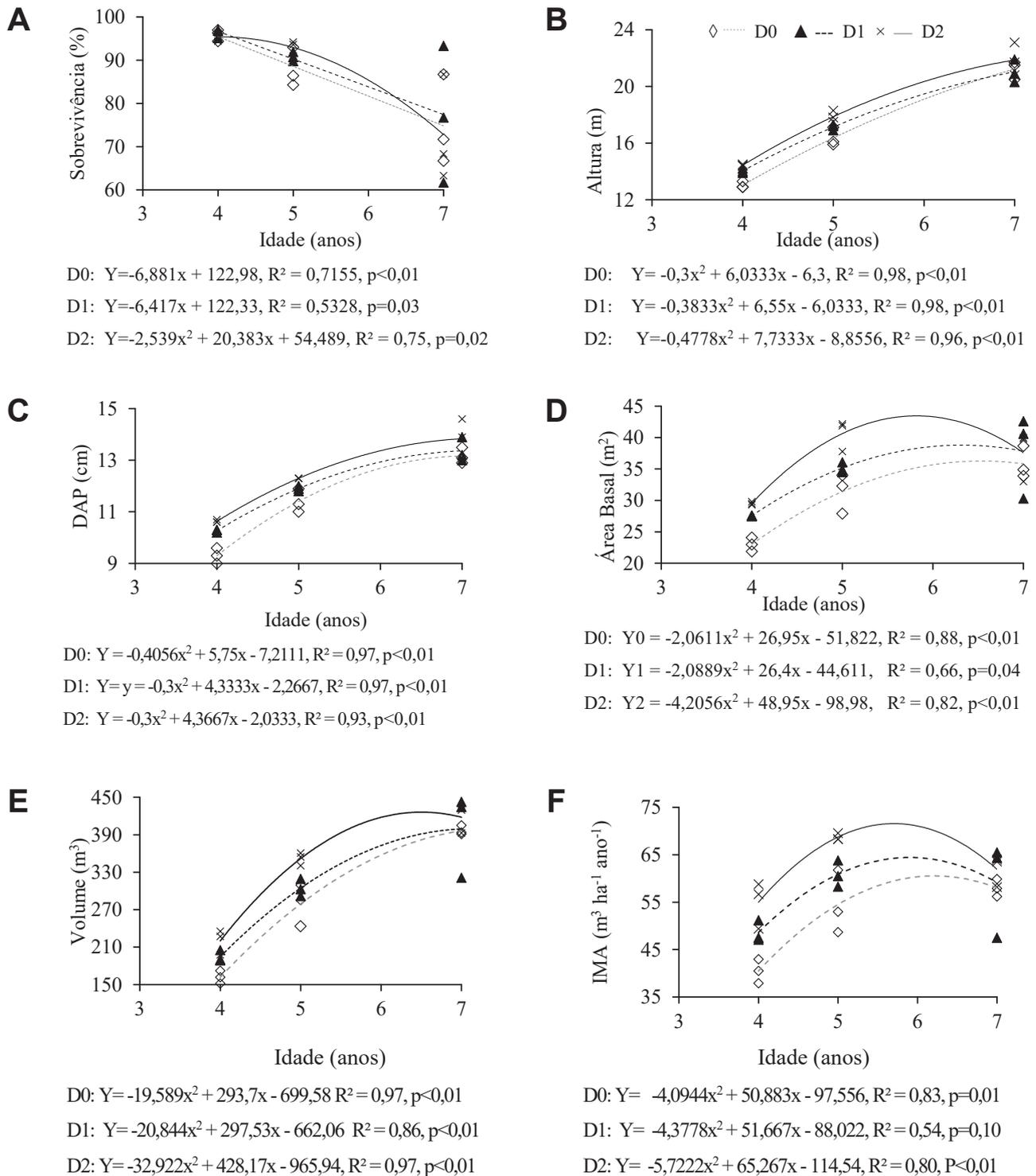


Figura 7. Sobrevivência e desenvolvimento de eucalipto sob uso de dejeito líquido de suínos biodigerido (DLS) em Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (PD_N), aos 4, 5 e 7 anos de idade, em Marechal Cândido Rondon, Linha Ajuricaba, sendo que D0, D1 e D2 correspondem às doses 0, 40 $m^3 ha^{-1}$ e 57 $m^3 ha^{-1}$ de DLS, respectivamente.

Tabela 4. Percentual de sobrevivência (S), crescimento em altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área basal (G), volume sólido/cilíndrico com casca (V) e incremento médio anual (IMA) de eucalipto (valores médios) sob diferentes doses de nitrogênio (N-NH₃) via dejetos líquidos de suínos biodigeridos (DLS), estabelecido em Nitossolo Vermelho Eutroférrico textura argilosa/muito argilosa (PD_N), no oeste do Paraná¹.

	NTK (N-NH ₃ , kg ha ⁻¹)			Equação	R ²
	0 (D0)	46,76 (D1)	65,62 (D2)		
4 anos					
S (%)	95,90 n.s.	96,30	95,40	-	-
H (m)	13,03 b*	14,03 a	14,43 a	13,033 + 0,021x	0,95 [†]
DAP (cm)	9,30 b*	10,26 a	10,63 a	9,303 + 0,020x	0,94 [†]
G (m ² ha ⁻¹)	23,00 c**	27,57 b	29,53 a	22,984 + 0,099x	0,96 [†]
V (m ³)	161,80 b**	194,57 a	219,97 a	160,231 + 0,851x	0,79 [†]
IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	40,47 b**	48,60 a	54,97 a	40,069 + 0,212x	0,79 [†]
5 anos					
S (%)	92,70 n.s.	92,80	92,93	-	-
H (m)	16,37 n.s.	17,13	17,87	16,312 + 0,021x	-
DAP (cm)	11,40 b**	11,90 ab	12,30 a	11,374 + 0,013x	-
G (m ² ha ⁻¹)	31,40 b**	35,17 ab	40,63 a	30,891 + 0,129x	-
V (m ³)	279,20 b**	304,50 b	351,83 a	274,419 + 0,999x	-
IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	54,50 b**	60,87 ab	68,73 a	53,817 + 0,201x	-
7 anos					
S (%)	75,03 n.s.	77,23	72,77	-	-
H (m)	21,23 n.s.	21,03	21,87	-	-
DAP (cm)	13,16 n.s.	13,36	13,83	-	-
G (m ² ha ⁻¹)	35,83 n.s.	37,83	37,60	-	-
V (m ³)	396,5 n.s.	399,30	418,03	-	-
IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	58,00 n.s.	59,13	61,93	-	-

¹Em cada idade, médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 1% (*) e 5% (**) de significância.
[†]Significativo a 1%.

Tabela 5. Percentual de sobrevivência (S), crescimento em altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área basal (G), volume sólido/cilíndrico com casca (V) e incremento médio anual (IMA) de eucalipto (valores médios) sob diferentes doses de dejetos líquidos de suínos biodigeridos (DLS), estabelecido em Nitossolo Vermelho Eutroférrico textura muito argilosa (P_N), no oeste do Paraná¹.

	NTK (kg ha ⁻¹)			Equação	R ²
	0 (D0)	49,85 (D1)	88,21 (D2)		
4 anos					
S (%)	96,13 n.s.	92,93	94,93	-	-
H (m)	16,13 n.s.	15,07	15,43	-	-
DAP (cm)	11,57 n.s.	10,77	10,97	-	-
G (m ² ha ⁻¹)	34,40 a**	30,63 b	32,30 ab	-	-
V ² (m ³)	287,17 a***	250,53 b	268,00 ab	-	-
IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	71,80 a***	62,67 b	67,00 ab	-	-
5 anos					
S (%)	91,63 n.s.	87,33	89,4	-	-
H (m)	19,70 n.s.	18,13	18,13	19,501 - 0,018x	0,44 ^{††}
DAP (cm)	14,07 a***	12,57 b	12,8 b	13,841 - 0,015x	0,49 ^{††}
G (m ² ha ⁻¹)	49,00 n.s.	40,1	39,2	48,037 - 0,115x	0,51 ^{††}
V ² (m ³)	458,70 n.s.	374,47	347,6	452,506 - 1,280x	0,49 ^{††}
IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	91,73 n.s.	74,9	69,5	90,502 - 0,256x	0,49 ^{††}

¹Em cada idade, médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% (**) e 10% (***) de significância. ^{††}Significativo a 5%.

Contrariamente, em PD_N houve crescimento linear do eucalipto (H, DAP, G, V e IMA) aos quatro e cinco anos de idade, em função do DLS aplicado ($p \leq 0,01$, Tabela 4). Do quinto ao sétimo ano após o plantio (idade de corte da madeira), os ganhos em volume de madeira com aplicação de DLS (31% e 19% em D1 e D2, respectivamente) foram menores que o tratamento controle (42% em D0, Tabela 4 e Figura 7). A diferença entre as doses de DLS aos sete anos de idade e para todos os parâmetros avaliados foi nula.

Discussão

O desempenho do eucalipto em Nitossolo Vermelho Eutroférrico típico, relatado no presente estudo (incremento médio anual - IMA de 54,5 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e 91,73 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos cinco anos de idade nas parcelas sem uso de DLS, Tabelas 4 e 5), confirmam os índices regionais de produtividade obtidos preliminarmente com o uso de materiais genéticos superiores (comunicação pessoal¹), entre 65 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e 86 m³ ha⁻¹ ano⁻¹)¹ e por Andrade et al. (2014) (52,1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e 57,2 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), no município de Palotina, PR, em árvores avaliadas aos cinco anos de idade. Aos sete anos, o IMA médio estimado em PD_N (59,7 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, Tabela 4) indica que o potencial produtivo do eucalipto, nesta classe de solo, pode superar a média paranaense (40 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE, 2018) em quase 50%. É importante salientar que os volumes obtidos nestas idades foram estimados indiretamente, sendo desejável, quando

¹ Correspondência recebida por Márcia Toffani Simão Soares, de Guilherme de Castro Andrade, pesquisadores da Embrapa Florestas, Colombo, PR, em julho de 2021.

possível, a realização da cubagem rigorosa de árvores abatidas nos ensaios estabelecidos na região, para maior robustez dos índices gerados. Os resultados, contudo, expressam as condições ambientais favoráveis da região ao cultivo do eucalipto, que integra disponibilidade hídrica (Ferreira et al., 2020) aos solos com alta fertilidade natural (Bassaco et al., 2018) e condições à mecanização (Gomes et al., 2021). Nesta circunstância, a adoção de menor ciclo de corte pode ser avaliada como estratégia de manejo, compensando o alto valor da terra na região e com vistas à intensificação da captura de carbono pela biomassa florestal (Brasil, 2012; Araújo et al., 2018).

Embora as informações obtidas no presente estudo sejam insuficientes para a plena compreensão do significativo aumento da mortalidade das árvores com o avanço da idade (Figura 7, Tabelas 3 e 4), alguns estudos (Silva et al., 1995; Tonini, 2003; Xue et al., 2011) reportam comportamento similar de povoamentos florestais com maiores densidades de plantio. Em povoamentos mais adensados, é estabelecida precocemente uma relação de competição por espaço, luz e nutrientes entre as árvores, resultando no aumento de indivíduos dominados, mais susceptíveis a injúrias em relação aos exemplares mais vigorosos (Aquino, 2017). Também são pouco conhecidos os impactos dos temporais com ventos fortes (Paraná, 2018; Canal Rural, 2019) em povoamentos estabelecidos na região, passíveis de danos significativos às árvores (Dedecek; Gava, 2005; Ataíde et al., 2015). As avaliações ano a ano da sobrevivência, com nota sobre condições sanitárias (pragas e doenças), presença de árvores dominadas, secas, tombadas ou arrancadas poderão, no futuro, direcionar ações de manejo, como a adoção de menores densidades de plantio, intervenções de desbaste (Murta Júnior et al., 2020) e práticas mecânicas de preparo do solo para a diminuição da mortalidade nos povoamentos estabelecidos na região.

As respostas das árvores à biofertilização em plantios estabelecidos em área de pastagem degradada (P_N) foram nulas ou negativas (Tabela 5), mesmo com a entrada de N e K via resíduo pecuário em quantidades próximas às recomendadas no estado do Paraná, para produtividade de toras com casca esperada de $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Pauletti; Motta, 2017). Neste sítio, verifica-se que o aporte de N nos dois primeiros anos de aplicação do DLS (66 kg ha^{-1} de N-NH_3 em D2, Tabela 3) foi similar ao total disposto em um intervalo de cinco anos, em plantios estabelecidos em substituição ao sistema de cultivo rotacionado de grãos (PD_N). São também notáveis as diferenças entre sítios quanto à entrada de Zn via DLS, sendo que, em P_N - D2, houve entrada de Zn em quantidade 42% superior à recomendada para a cultura do eucalipto no Paraná, de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (Pauletti; Motta, 2017). A oferta desbalanceada de nutrientes, em um ambiente com ausência de serapilheira (Figura 3), pode ter resultado em uma sequência de processos desfavoráveis à conservação dos nutrientes no sistema, como a rápida mineralização da matéria orgânica do dejetos (Paula et al., 2013), a oferta excedente de íons ao sistema solo-planta (Westerman et al., 2005; Kunz et al., 2009, Tabela 1) e a lixiviação (perda) de cátions de maior mobilidade e menor capacidade de adsorção no solo, como o sulfato e o nitrato (Soares et al., 2002; Maggi et al., 2011), abaixo da zona de absorção de nutrientes pelas raízes.

Contrariamente, em PD_N o aporte via DLS de 47 kg ha^{-1} ou 66 kg ha^{-1} de N-NH_3 , mais 120 kg ha^{-1} ou 170 kg ha^{-1} de K_2O (tratamentos D1 e D2, respectivamente, Tabela 3), resultou, comparativamente ao tratamento controle (D0), em maior desempenho dos clones no campo, aos quatro e cinco anos de idade. Nota-se que as quantias máximas (D2) de N-NH_3 e K_2O aplicadas com uso do DLS são próximas às recomendadas no estado do Paraná para produtividade de toras de madeira com casca esperada de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Pauletti; Motta, 2017). Além da maior oferta de nutrientes, a interação entre biomassa residual (serapilheira) e o DLS, uma condição exclusiva deste sítio (Figura 2), pode ter favorecido maior sincronismo entre oferta e demanda de nutrientes pelas árvores, aumentando a eficiência da fertilização orgânica. No final do ciclo da cultura (Tabela

3), é possível que o sistema serapilheira e solo tenham ofertado nutrientes em quantidades suficientes às plantas, nas três doses avaliadas, resultando em ausência de diferenças significativas entre tratamentos quanto ao crescimento das árvores. É importante salientar que o ensaio não recebeu suplementação mineral, especialmente de fósforo, nos tratamentos avaliados, o que pode ter favorecido o aumento do desempenho do povoamento sob uso de DLS, devido à elevada exigência deste nutriente na fase inicial de desenvolvimento do eucalipto, conforme apresentado preliminarmente por Soares et al. (2019).

Os resultados apresentados, embora carentes de detalhes quanto à dinâmica dos nutrientes do solo desde o plantio até o corte final, apontam para a necessidade da criteriosa avaliação da capacidade de suporte de ambientes agrícolas menos conservativos para a recepção dos dejetos suínos, bem como a necessidade de ampliação das estratégias de manejo do digestato e das árvores nestes sítios. Além da adequação das doses, do parcelamento (Soares et al., 2019) e forma de aplicação do DLS (Rauber et al., 2017) à demanda da cultura e às condições ambientais (Schirrmann et al., 2013), são alternativas plausíveis de investigação estratégica no manejo que favoreçam a disponibilização balanceada de nutrientes às plantas, e a minimização de perdas para o ambiente, como o uso de inibidores de nitrificação (Schirrmann et al., 2013) e de processos que equilibrem a relação C:N do digestato (Fernandes et al., 2011), como a compostagem (Kunz et al., 2009).

Conclusões

Os resultados apresentados apontam para a necessidade de ajustes de manejo voltados à padronização, melhoria da qualidade do digestato e a adequação da sua aplicação às condições de conservação do solo, a fim de ampliar os benefícios de seu uso em povoamentos componentes dos sistemas integrados de produção do oeste paranaense.

Embora o presente estudo possa ser considerado ainda preliminar, aponta lacunas passíveis de inclusão em programas de pesquisa voltados ao reaproveitamento do digestato em sistemas florestais resilientes, favorecendo assim estratégias de ampliação dos plantios florestais nas cadeias agroalimentares da região.

Agradecimentos

À Itaipu Binacional, CIBiogas e C.Vale Cooperativa Agrícola, pela parceria e apoio financeiro; aos produtores rurais Eldo Matte e Odacir Ruppulo, pela concessão da área e auxílio na execução das atividades; ao professor Marcos Luiz de Paula Souza, pela participação na instalação e condução dos experimentos.

Referências

ANDRADE, G. C.; OLIVEIRA, E. B.; BELLOTE, A. F. J.; CHIODELLI, A.; BECK, N. Desempenho de clones de *Eucalyptus* no oeste do Estado do Paraná. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. **Anais**: resumos expandidos. Curitiba: Malinovski, 2014, p. 173-175. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003155/1/encontrosilvicultura2014pag173.pdf>.

APRE. Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal. **Estudo Setorial APRE: 2017 / 2018**. Curitiba, 2018. 138 p. Disponível em: https://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Setorial-2018_APRE.pdf. Acesso em: 29 ago. 2021.

AQUINO, P. S. R. **Crescimento inicial de eucalipto em função do espaçamento utilizando delineamento sistemático tipo "Leque"**. 2017. 130 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

ARAÚJO, A. B.; LIMA, C. R.; SILVA, F. J. A.; FIGUEROA, L. S.; COSTA, E. M. Reflorestamento como ação mitigadora das emissões de CO₂ em um restaurante popular. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 565-573, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21438/rbgas.051011>.

ATAÍDE, G. D. M.; CASTRO, R. V. O.; CORREIA, A. C. G.; REIS, G. G.; REIS, M. D. G. F.; ROSADO, A. M. Interaction of trees and winds: cophysiological aspects and forestry. **Ciência Florestal**, v. 25 p. 523-536, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509818472>.

BASSACO, M. V. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; PRIOR, S. A.; NISGOSKI, S.; FERREIRA, C. F. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for *Eucalyptus urograndis* plantations in southern Brazil. **New Forests**, v. 49, n. 5, p. 681-697, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF, 2012. 173 p.

CANAL RURAL. **Temporal atinge oeste do Paraná e causa estragos na região**. 2019. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/radar/temporal-atinge-oeste-parana/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM

CI BIOGÁS ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Biogás no Brasil, história e perspectiva de futuro**. 2020. Disponível em: <https://cibiogas.org/blog-post/biogas-no-brasil-historia-e-perspectiva-de-futuro/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CHOJNACKA, K.; MOUSTAKAS, K.; WITEK-KROWIAK, A. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. **Bioresource Technology**, v. 295, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122223>.

CUNHA, J. E. Caracterização físico espacial da Bacia Hidrográfica do Paraná 3. In: ROCHA, A. S.; BADE, M. R. **Geografia da Bacia Hidrográfica do Paraná 3: fragilidades e potencialidades socioambientais**. Jundiaí, SP: In House, 2018. p. 21-38. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4117/3/geografiabaciahidrograficaparana.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2021.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 383-390, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000300005>.

FERNANDES, A. H. B. M.; CARDOSO, M. A.; SOUSA, R. A. C.; FERNANDES, F. A.; SOARES, M. T. S.; CRISPIM, S. M. A.; GALVANI, F.; LISITA, F. O. Nitrificação e mineralização de carbono em solos tratados com dejetos de suínos biodigeridos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 111, p. 1-15, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920832/1/BP111.pdf>.

FERREIRA, C. F.; BASSACO, M. V. M.; ARAÚJO, E. M.; PAULETTI, V.; PRIOR, S. A.; MOTTA, A. C. V. Gypsum effect on eucalyptus nutrition in subtropical Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25160-25177, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-099>.

GABRIEL, V. D. A.; VASCONCELOS, A. A.; DE LIMA, E. F.; CASSOLA, H.; BARRETTO, K. D.; BRITO, M. D. A importância das plantações de eucalipto na conservação da biodiversidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 203-213, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.435>.

GALINKIN, M.; BLEY, C. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional; Brasília, DF: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009. <https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/publicacoes/biomassRev.pdf>.

GOMES, J. B. V. Bioeste florestas: parceria voltada ao desenvolvimento de tecnologias para os segmentos de florestas energéticas e de integração lavoura-pecuária-florestas (ILPF), no oeste do Paraná. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 27, p. 981-1003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222877/1/Livro-Eucalipto.pdf>

PARANÁ (Governo do Estado). Agência do Paraná de Notícias. **Temporal afeta pelo menos 14 municípios do Paraná, segundo a Defesa Civil**. 2018. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=100630>. Acesso em: 29 ago. 2021.

- HASSAN, R. M.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (ed.) MA conceptual framework. In: MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group**. Washington, DC: Island Press, 2005. v. 1. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.766.aspx.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2021.
- KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009.
- MAEDA, S.; SOARES, M. T. S.; DIAS, M. V. Aplicação de resíduos agropecuários, urbanos e industriais em plantios de eucalipto. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 12, p. 555-588. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223313/1/EmbrapaFlorestas-2021-LV-EucaliptoEmbrapa-cap12.pdf>.
- MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L. de; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 170-177, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000200010>.
- MURTA JÚNIOR, L. S.; CASTRO, R. V. O; NAPPO, M. E; NOGUEIRA, G. S; JÚNIOR, C. A. A; DE OLIVEIRA GASPAR, R; COSTA, L.S.; OLIVEIRA, E. K. B. Características dendrométricas de eucalipto submetido a desbaste. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, e2948, 2020. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.2>
- OLIVEIRA, Y. M. M. de; GARRASTAZU, M. C.; ROSOT, M. A. D.; LUZ, N. B. da; SCHAITZA, E. G. Plantações florestais comerciais no contexto da paisagem. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Cap. 5, p. 57-66. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076148/1/PlantacoesflorestaisCapitulo5.pdf>.
- PASQUAL, J. C.; BOLLMANN, H. A.; SCOTT, C. A.; EDWIGES, T.; BAPTISTA, T. C. Assessment of collective production of biomethane from livestock waste for urban transportation mobility in Brazil and the United States. **Energies**, v. 1, n. 4, p. 997, 2018. <https://doi.org/10.3390/en11040997>.
- PAULA, J. R.; MATOS, A. T. D.; MATOS, M. P. D.; PEREIRA, M. D. S.; ANDRADE, C. A. Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1729-1741, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000600029>.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná, 2017.
- RAUBER, L. P.; ANDRADE, A. P.; BORGES JÚNIOR, W. S.; MAFRA, Á. L.; ANDREOLA, A.; GATIBONI, L. C. Volatilização de amônia do solo com injeção de dejetos líquidos suínos e inibidor de nitrificação. **Revista Ceres**, v. 64, n. 3, p. 307-314, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764030012>.
- SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SCHIRMANN, J.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, D. A.; GONZATTO, R.; OLIVO, J. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 271-280, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100028>.
- SILVA, B. A.; HAYAKAWA, E. H.; MARTINS, V. M. Relação solo-relevo no Oeste do Paraná, estudo de caso: folha topográfica de Marechal Cândido Rondon, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1538>.
- SILVA, B. A. **Mapeamento convencional e digital de solos na folha topográfica de Marechal Cândido Rondon - PR - Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- SILVA, M. L.; MACHADO, C. C. Influência do diâmetro e do número de árvores por hectare no custo de corte do eucalipto. **Revista Árvore**, v. 19, n. 3, p. 308-318, 1995.
- SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. A.; DEBONI, T. L.; PASSOS, B. M. Cadeia produtiva de energia de biomassa florestal: o caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva – SP. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 310-323, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831602>.
- SOARES, M. T. S.; GONÇALVES, J. L. M.; MELFI, A. J.; ALVAREZ, L.; TEIXEIRA, C. M.; FEIGHL, B. Uso de biossólido em povoamentos de eucalipto em solos degradados e não degradados: transferência de nitrogênio. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5, 2002, Belo Horizonte. SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 221-223.

SOARES, M. T. S.; MAEDA, S.; BELLOTE, A. F. J.; ANDRADE, G. D. C.; GOMES, J. B. V.; FASSINA, S. H. Resposta inicial do eucalipto após aplicação de dejetos líquidos de suínos no oeste do Paraná. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS, 6., 2019, Florianópolis. **Anais** [...]. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 4 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198493/1/2019-Marcia-SIGER-Resposta.pdf>.

TONINI, H. **Crescimento e produção de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na depressão central e serra do sudoeste, Rio Grande do Sul**. 2003. 289 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J. R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 2, p. 215-221, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>.

XUE, L.; PAN, L.; ZHANG, R.; XU, P. B. Density effects on the growth of self-thinning *Eucalyptus urophylla* stands. **Trees**, v. 25, n. 6, p. 1021-1031, 2011.

ZHU, T.; CURTIS, J.; CLANCY, M. Promoting agricultural biogas and biomethane production: Lessons from cross-country studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 114, p. 109332, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109332>.

Embrapa

Florestas

