



Foto: Shizuo Maeda

COMUNICADO
TÉCNICO

441

Colombo, PR
Novembro, 2019



Aplicação de lodo da reciclagem de papel como fonte de cálcio em solos cultivados com *Pinus taeda* no planalto sul catarinense

Shizuo Maeda
Itamar Antonio Bognola
João Bosco Vasconcellos Gomes
Epitágoras Rodson de Oliveira Costa

Aplicação de lodo da reciclagem de papel como fonte de cálcio em solos cultivados com *Pinus taeda* no planalto sul catarinense

Shizuo Maeda, Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Itamar Antônio Bognola**, Engenheiro-agrônomo, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **João Bosco Vasconcellos Gomes**, Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Epitágoras Rodson de Oliveira Costa**, Engenheiro-agrônomo, doutor em Manejo Florestal, diretor da Cedrela Consultoria, Rio Negrinho, SC

A disposição de resíduos de processos industriais é um dos grandes desafios das fábricas de celulose e papel. O seu uso como insumo para o plantio florestal é uma forma interessante de disposição, uma vez que resolve o problema legal, ambiental e econômico de destinação, ao mesmo tempo em que contribui para a reposição de nutrientes retirados com a colheita florestal, reciclando nutrientes e mantendo ou melhorando a fertilidade do solo e a sustentabilidade do sítio florestal.

Os solos comumente utilizados para os plantios de pinus, como aqueles das classes dos Latossolos, Argissolos, Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos são, em sua maioria, ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes e, quando submetidos a amplas extrações de nutrientes pela exploração florestal e adicionalmente sujeitos à processos erosivos e à lixiviação, ocorrem quedas drásticas na qualidade do sítio. Essa tendência pode ser minimizada pela combinação da aplicação de fertilizantes químicos e práticas de manejo

florestal, que incluem a aplicação de resíduos orgânicos industriais e urbanos (Pritchett, 1979; Cole, 1981; Bellote et al., 1998; Andrade et al., 2003; Maeda; Bognola, 2013).

Nesse contexto, pela sua composição química, o lodo da reciclagem de papel pode produzir importantes mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo, tais como a elevação dos níveis de pH e teores trocáveis de Ca, CTC, redução dos teores de Al trocável e melhoria substancial da capacidade de agregação das partículas do solo, entre outros benefícios.

O presente trabalho fornece estimativas de doses de lodo obtido da reciclagem de papel, para elevar os teores de Ca trocável às faixas de teores considerados médios para o cultivo de *Pinus taeda* L. em Santa Catarina, conforme calibração apresentada por Manual... (2016), para a camada de solo entre 0 cm e 20 cm (Tabela 1). Foram também avaliados o pH e teores de Al, Mg e K. Para isso, cinco doses do lodo foram aplicadas superficialmente em 2007, em

Tabela 1. Classes de interpretação dos teores de K, Ca e Mg trocáveis do solo* da camada 0 cm a 20 cm, da área experimental, talhão São Judas, Distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

Faixas críticas	K			Ca	Mg
	Faixas de CTC**				
	> 15,0	5,1 - 15,0	≤ 5,0		
..... cmol _c dm ⁻³					
Muito baixo	< 0,08	≤ 0,05	≤ 0,04		
Baixo	0,08 - 0,15	0,05 - 0,10	0,04 - 0,08	≤ 2	≤ 0,5
Médio	0,16 - 0,23	0,11 - 0,15	0,09 - 0,12	2,1 - 4,0	0,6 - 1,0
Alto	0,24 - 0,46	0,16 - 0,31	0,13 - 0,23	>4,0	>1,0
Muito alto	>0,46	>0,31	>0,23		

* MANUAL... (2016); **Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cmol_c dm^{-3z}

parcelas experimentais demarcadas em uma área comercial de *P. taeda*, com três anos de idade, no talhão São Judas, distrito de Volta Grande, SC, pertencente à Companhia Volta Grande. O solo da área experimental é um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. As doses do lodo estudado, em base seca, foram 0 Mg ha⁻¹; 10 Mg ha⁻¹; 20 Mg ha⁻¹; 30 Mg ha⁻¹ e 40 Mg ha⁻¹. A aplicação dos materiais componentes de cada tratamento foi realizada em área total das parcelas, sem a incorporação do material ao solo. Informações sobre o lodo aplicado nas doses estudadas são apresentadas na Tabela 2.

Para caracterização do efeito da aplicação do lodo celulósico utilizado em 2008, 2012, 2016, 2018 e 2019, foram coletadas amostras de solo da camada 0 cm a 20 cm e analisadas conforme preconizado por Silva (2009). Com base nos valores obtidos em cada coleta foi estimada a média aritmética dos teores de K, Ca, Mg, Al, para o pH em CaCl₂ e a relação Ca/Mg.

Em função de seu caráter alcalino, a aplicação do lodo celulósico nas doses estudadas promoveu aumentos no pH, nos teores de Ca e reduções no teor de Al, com efeitos mais pronunciados sendo observados a partir da avaliação realizada em 2012 e nas maiores doses estudadas (Figuras 1, 2, 3 e 4). Possivelmente, a baixa solubilidade do lodo justifique os efeitos menos pronunciados na primeira avaliação, que foi realizada um ano após a aplicação do mesmo.

Os aumentos observados nos teores de Ca se justificam pelo elevado conteúdo do elemento, conforme pode ser observado na Tabela 2. A quantidade de Ca necessária para elevar seu teor na camada de 0-20 cm do solo em 1 cmol_c dm⁻³ é 0,40 Mg ha⁻¹, equivalente a 1 Mg ha⁻¹ de CaCO₃. A aplicação de 10 Mg ha⁻¹ do lodo estudado seria suficiente para elevar o teor de Ca na camada de 0-20 cm em 3,75 cmol_c dm⁻³. Possivelmente, o potencial de elevação dos teores de Ca não foi atingido por

Tabela 2. Quantidade de elementos químicos adicionados com a aplicação de doses de lodo ETE da CVG em CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, Distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

Elemento químico	Doses do lodo (Mg ha ⁻¹)			
	10	20	30	40
	Quantidade aplicada			
 kg ha ⁻¹			
Matéria orgânica	4.300,00	8.600,00	12.900,00	17.200,00
C total	2.400,00	4.800,00	7.200,00	9.600,00
N total	3,00	6,00	9,00	12,00
S total	4,00	8,00	12,00	16,00
P ₂ O ₅ total	53,00	105,00	158,00	211,00
K ₂ O	1,65	3,30	4,95	6,60
Ca	1.500,40	3.000,80	4.501,20	6.001,60
Mg	17,60	35,20	52,80	70,40
Cu	0,49	0,98	1,47	1,96
Mn	0,44	0,88	1,32	1,76
Fe	24,80	49,60	74,4	99,20
Zn	2,65	5,30	7,95	10,60
Al	133,00	266,00	399,00	532,00
Pb	0,11	0,22	0,33	0,44
Ba	0,95	1,90	2,85	3,80
Hg	0,002	0,004	0,006	0,008
Cr total	0,07	0,14	0,21	0,28
Na	1,71	3,42	5,13	6,84

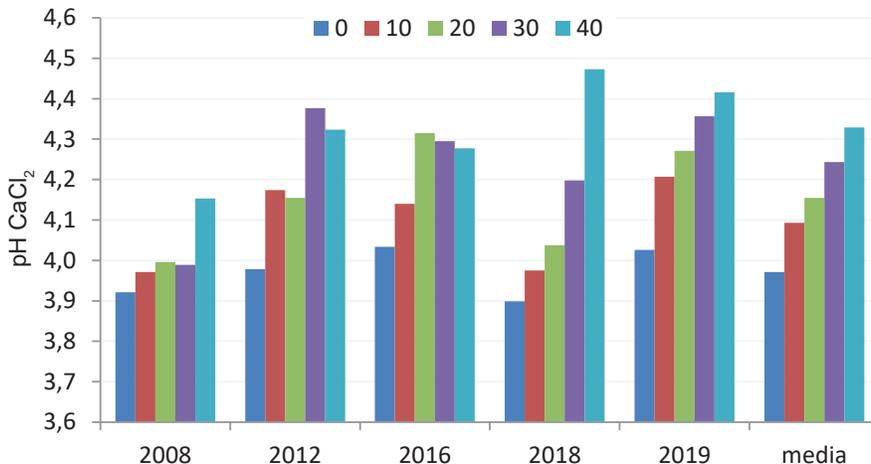


Figura 1. Valores de pH CaCl_2 , verificados em diferentes anos e doses de lodo celulósico aplicadas, avaliados na camada de 0 cm a 20 cm de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

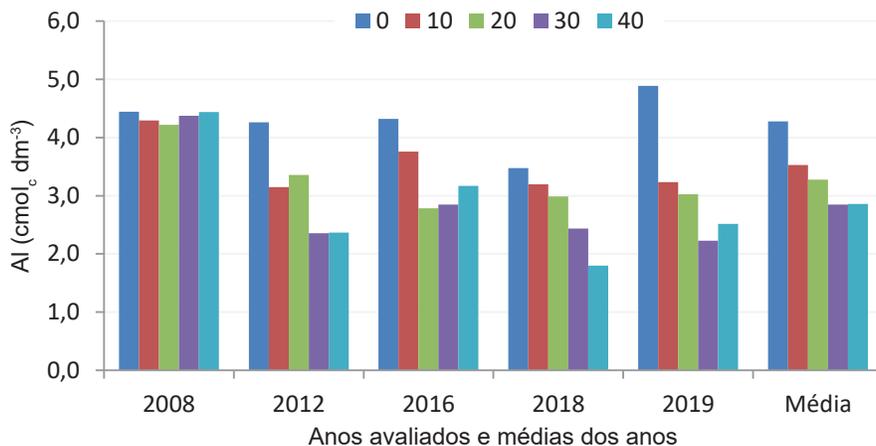


Figura 2. Teores de Al verificados em diferentes anos e doses de lodo celulósico aplicadas, avaliados na camada de 0 cm a 20 cm de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

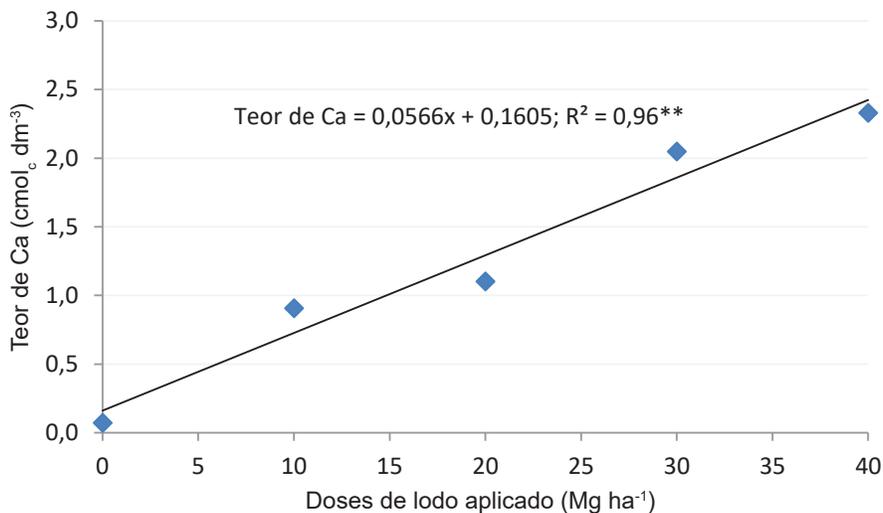


Figura 3. Teores médios de Ca verificados em diferentes anos e doses de lodo celulósico aplicadas, avaliados na camada de 0 cm a 20 cm de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

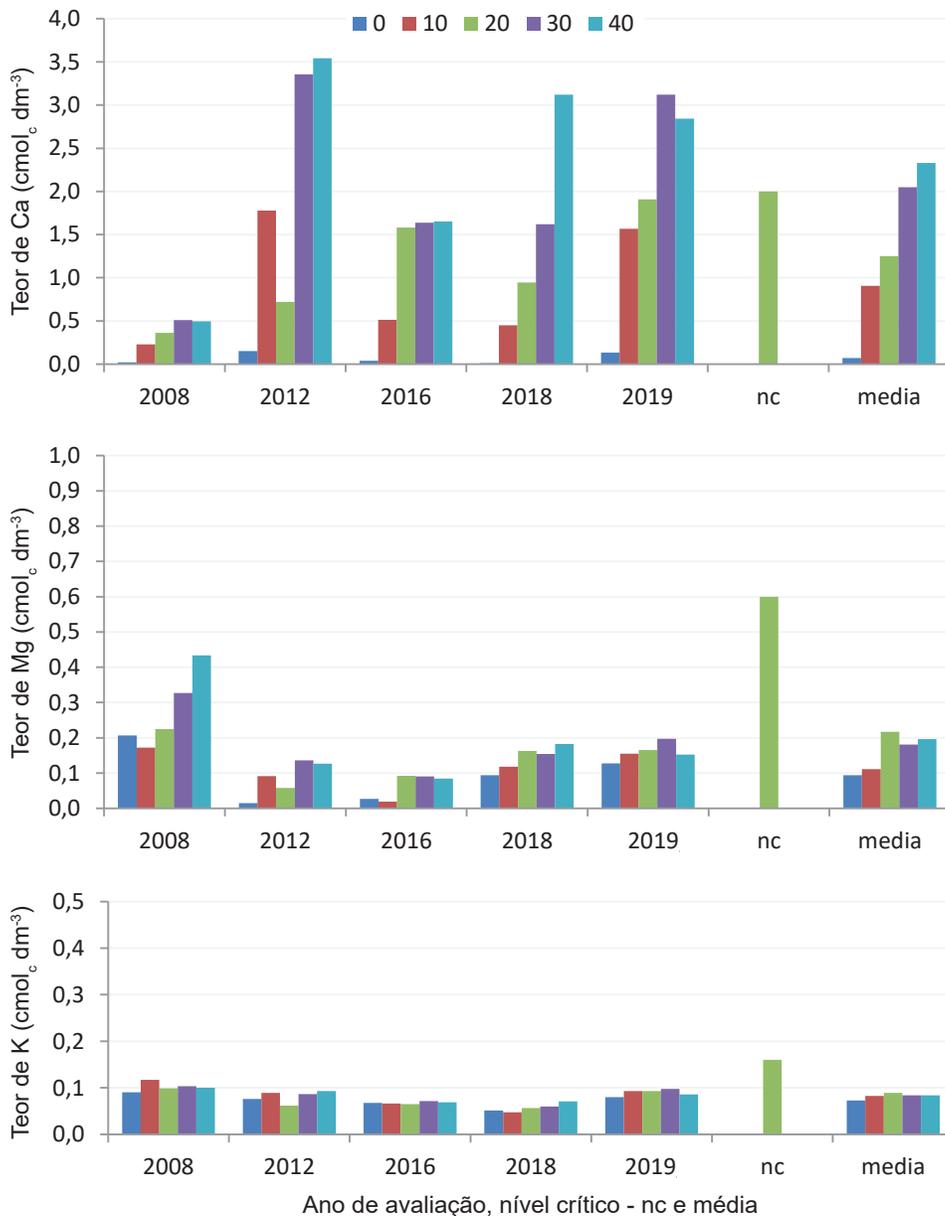


Figura 4. Teores de Ca, Mg e K verificados em diferentes anos e doses de lodo celulósico aplicadas, avaliados na camada de 0 cm a 20 cm de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

fatores como a absorção pelo pinus, a lixiviação do Ca e a lenta solubilização do material aplicado, constatada visualmente pela presença de resíduos do material aplicado sobre a superfície do solo e misturado à serapilheira. Considerando o valor médio dos teores de Ca, amostrados nos diferentes tratamentos e anos, seriam necessárias a aplicação de 30 Mg ha⁻¹ para o alcance do nível médio do teor de Ca, conforme pode ser observado na Tabela 1. Embora variável nos anos avaliados, em geral, pode ser observado na Figura 4 que os teores de Ca, na dose 30 Mg ha⁻¹ do lodo aplicado e na superior, atendem as necessidades nutricionais do pinus, no solo estudado. A análise de regressão entre as doses do lodo e o volume cilíndrico individual de tronco de árvores de pinus indica

uma relação quadrática, e os maiores volumes foram obtidos com a aplicação de doses entre 30 Mg ha⁻¹ e 40 Mg ha⁻¹ (Figura 5).

Ao contrário do efeito observado nos teores de Ca, os teores de Mg e K foram pouco influenciados pela aplicação das doses do lodo estudado, justificado pelos reduzidos teores presentes no mesmo (Tabela 2). Em função das elevadas quantidades de Ca e reduzidas quantidades de Mg aplicadas, seria de se esperar que as razões das relações entre os mesmos fossem elevadas nos tratamentos. Porém, não se observaram razões das relações em níveis considerados potencialmente prejudiciais (valores superiores a 20 Mg ha⁻¹) (Figura 6).

O efeito pouco pronunciado do material estudado na acidez do solo,

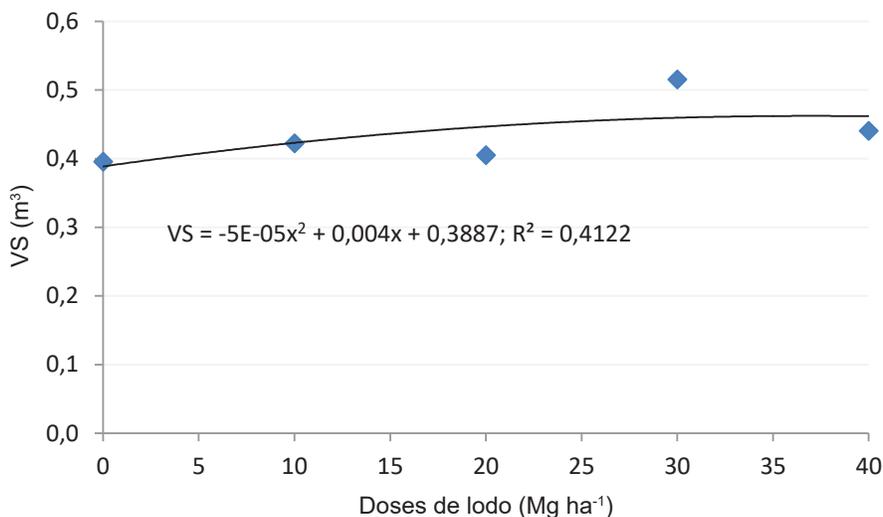


Figura 5. Relação entre doses de lodo da reciclagem de papel e volume sólido individual de árvores de *Pinus taeda* com 14 anos de idade, avaliado em CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

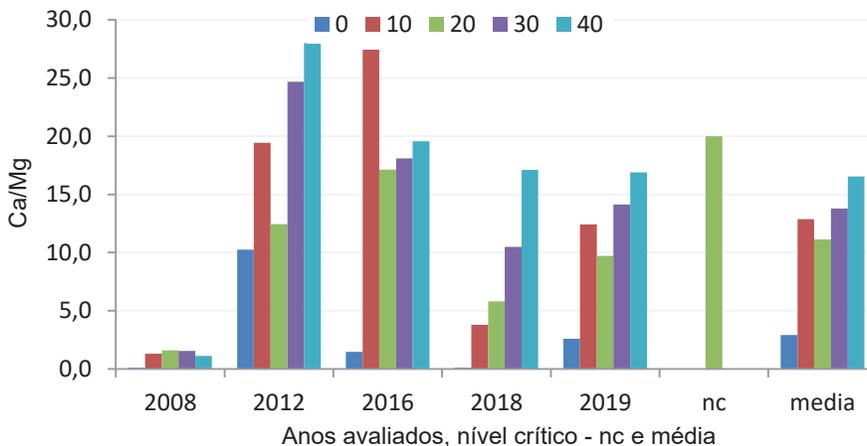


Figura 6. Valores da relação Ca/Mg, verificados em diferentes anos e doses de lodo celulósico aplicadas, avaliados na camada de 0 cm a 20 cm de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média. Ensaio instalado em área da Companhia Volta Grande, talhão São Judas, distrito de Volta Grande, Rio Negrinho, SC.

avaliado pelo pH CaCl_2 , está relacionado ao elevado tamponamento do solo e à forma de aplicação do mesmo, além da sua baixa reatividade. Com relação aos efeitos sobre o Al trocável, houve redução da concentração do mesmo com o aumento da dose do material aplicado, resultante do seu caráter alcalino.

Referências

- ANDRADE, G. de C.; SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. Efeitos da adubação fosfatada e da aplicação de resíduo de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 47, p. 43-54, 2003. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/300359>>.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 37, p. 99-106, 1998. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/282198>>.
- COLE, D. W. Nutrient cycling in world forest. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17., Kyoto, 1981. **Proceedings...** Ibaraki, IUFRO, 1981. v. 1. p. 139-160.
- MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Propriedades químicas de solo tratado com resíduos da indústria de celulose e papel. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 169-177, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.417>.
- MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. 2016. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376 p.

PRITCHET, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley, 1979. 500 p.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

Exemplares desta edição 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
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2019)



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



Comitê Local de Publicações da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

Cristiane Aparecida Fioravante Reis,

Krisle da Silva, Marilice Cordeiro Garrastazu,

Valderês Aparecida de Sousa, Annete Bonnet,

Álvaro Figueredo dos Santos,

Guilherme Schnell e Schühli,

Marcelo Francia Arco-Verde

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

CGPE 15634