



Caracterização da fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no bioma Pampa do Rio Grande do Sul¹

Grasiele Dick²; Mauro Valdir Schumacher³; Dione Richer Momolli⁴

Resumo: O monitoramento da qualidade do solo, como das propriedades químicas, pode fornecer subsídios para o manejo silvicultural e conservação do solo, visando à manutenção da produtividade de sítios florestais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as mudanças nos atributos químicos do solo em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, aos dois e aos cinco anos de idade, no bioma Pampa do Rio Grande do Sul. Para tanto, foram coletadas amostras de solo em cinco profundidades (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), com posterior determinação de atributos físicos, além de pH, matéria orgânica, teores de alumínio, cálcio, magnésio, potássio e fósforo, bem como CTC potencial e efetiva, saturação por bases e por alumínio. Aplicou-se o teste t ($\alpha = 5\%$) para detecção de diferenças significativas nas propriedades do solo, em função do tempo. A análise química do solo revelou que, em ambas ocasiões, houveram baixos teores de nutrientes, matéria orgânica, bem como pH ácido, além de alta saturação por alumínio. Após três anos de crescimento das árvores de *Eucalyptus dunnii* o pH reduziu em todas as profundidades do solo, o cálcio e potássio reduziram em 20-40 cm e 0-20 cm, respectivamente. Já o teor de alumínio aumentou em todas as profundidades, assim como o fósforo e a matéria orgânica de 40 até 100 cm do solo. Após três anos da primeira avaliação do solo, verificou-se alteração da fertilidade do mesmo, principalmente no pH, matéria orgânica e teores de potássio e fósforo.

Palavras - chave: Nutrição florestal; Fertilidade do solo; Silvicultura.

Characterization of soil fertility in a *Eucalyptus dunnii* Maiden stand in Pampa biome of Rio Grande do Sul state

Abstract: Monitoring ecological aspects, such as chemical soil quality, can provide subsidies for silvicultural management and soil conservation, to maintain the productivity of forest sites. This study aimed to evaluate changes in soil chemical properties in a *Eucalyptus dunnii* stand, in two and five-year-old, in the Pampa biome of Rio Grande do Sul state. Therefore, at two and the five-year-old stand soil samples were collected at five depths (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), with subsequent determination of physical attributes and pH, organic matter, content of aluminum, calcium, magnesium, potassium and phosphorus, as well as potential and effective CEC, base saturation and aluminum saturation. We applied the t-test ($\alpha = 5\%$) to detect significant differences in the properties of soil in function of time. The soil chemical analysis revealed that, on both occasions, there were low levels of nutrients, organic matter as well as acid pH, and high aluminum saturation. After three years of growth of *Eucalyptus dunnii* trees, the pH decreased in all soil depths, Ca and K decreased by 20-40 cm and 0-20 cm, respectively. The aluminum content increased at all depths, as well as phosphorus and organic matter from 40 to 100 cm of soil. After three years of the first evaluation of the soil, there was change of fertility, especially in pH, organic matter and phosphorus and potassium contents.

Keywords: Forest nutrition; Soil fertility; Silviculture..

¹ Recebido em 01.12.2015 e aceito para publicação como **artigo científico** em 18.11.2016.

² Engenheira Florestal, M.Sc., Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <grasidick@hotmail.com>.

³ Engenheiro Florestal, Dr. nat. techn., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <mvschumacher@gmail.com>.

⁴ Acadêmico, Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <dionemomolli@gmail.com>.

Introdução

O conhecimento atual sobre os solos do Rio Grande do Sul revela uma diversidade pedológica, que ocorre em função do material de origem, da variabilidade climática, das formas de relevo e da diversidade de organismos. No entanto, a degradação dos solos, principalmente no bioma Pampa gaúcho, é decorrente da pecuária extensiva realizada há séculos e sem manejo adequado da pastagem e do rebanho. Além disto, a intensificação da agricultura mecanizada em área de cultivo de arroz, principalmente irrigado, favoreceu os processos erosivos de origem hídrica e eólica, com consequente formação de ravinas e voçorocas em área de solos de textura argilosa e arenização em áreas de solos arenosos (VERDUM et al., 2014).

A prática da silvicultura nestes locais também está sujeita à degradação do solo, e no caso da região do bioma Pampa são demandadas ações de cultivo mínimo e manejo de resíduos (GONÇALVES et al., 2004) para evitar o exaurimento nutricional do solo. Segundo Leite (2014), situações como compactação do solo, perda de estrutura, erosão, desequilíbrio de nutrientes, entre outras, podem ocorrer tanto no caso das áreas com a cultura de eucalipto, como de qualquer outra espécie.

No entanto, de acordo com Leite et al. (2010), modificações em características edáficas, assim como as consequências resultantes dessas alterações sobre a sustentabilidade do processo de produção do eucalipto, ainda são pouco conhecidas. Conforme Lima (1996), estudos que envolvem as propriedades químicas do solo em povoamentos florestais são voltados às detecções nas alterações de pH, conteúdo de matéria orgânica, estoque de nutrientes, capacidade de troca de cátions, entre outros aspectos, e podem indicar o efeito das plantações de eucalipto na fertilidade do solo.

Especificamente para o eucalipto, os solos destinados ao seu plantio são, em geral, de baixa fertilidade, ao passo que as técnicas de manejo florestal adotadas no cultivo do eucalipto no

Brasil ainda são muito intensivas (BARROS et al., 2014). Neste contexto, o conhecimento sobre o impacto de eucalipto de curta rotação nas reservas de nutrientes e matéria orgânica do solo é essencial para definir práticas silviculturais sustentáveis (LEITE et al., 2010).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do *Eucalyptus dunnii* na fertilidade do solo aos dois e aos cinco anos de idade, no bioma Pampa do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Descrição do sítio de estudo

O estudo foi realizado na região da fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul, que compreende a fisiografia da Campanha sudoeste, em local distanciado a aproximadamente 76 km do município de Alegrete, propriedade da empresa StoraEnso Florestal RS Ltda. As coordenadas geográficas centrais da localização do povoamento de *Eucalyptus dunnii* são 29° 47' sul e 55° 17' oeste, com altitude média em relação ao nível do mar de 98 m.

O clima da região é do tipo subtemperado úmido, em que os verões podem apresentar período de seca, com temperatura média anual de 18,6 °C e precipitação média anual de 1.640 mm (MATZENAUER et al., 2011). Na Figura 1 consta a caracterização climática do município de Alegrete, elaborado a partir de dados médios de temperatura e precipitação, obtidos em uma estação de monitoramento no local do estudo, durante o período de 2010 a 2015.

A maioria dos solos da Campanha tem o basalto como material de origem, mas também há áreas cobertas por arenito, com ampla dominância de Neossolos Litólicos ou Regolíticos eutróficos (STRECK et al., 2008). Na área de estudo, o solo é do tipo Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013) de textura arenosa, variando de franco-arenosa a franco-argilo-arenosa.



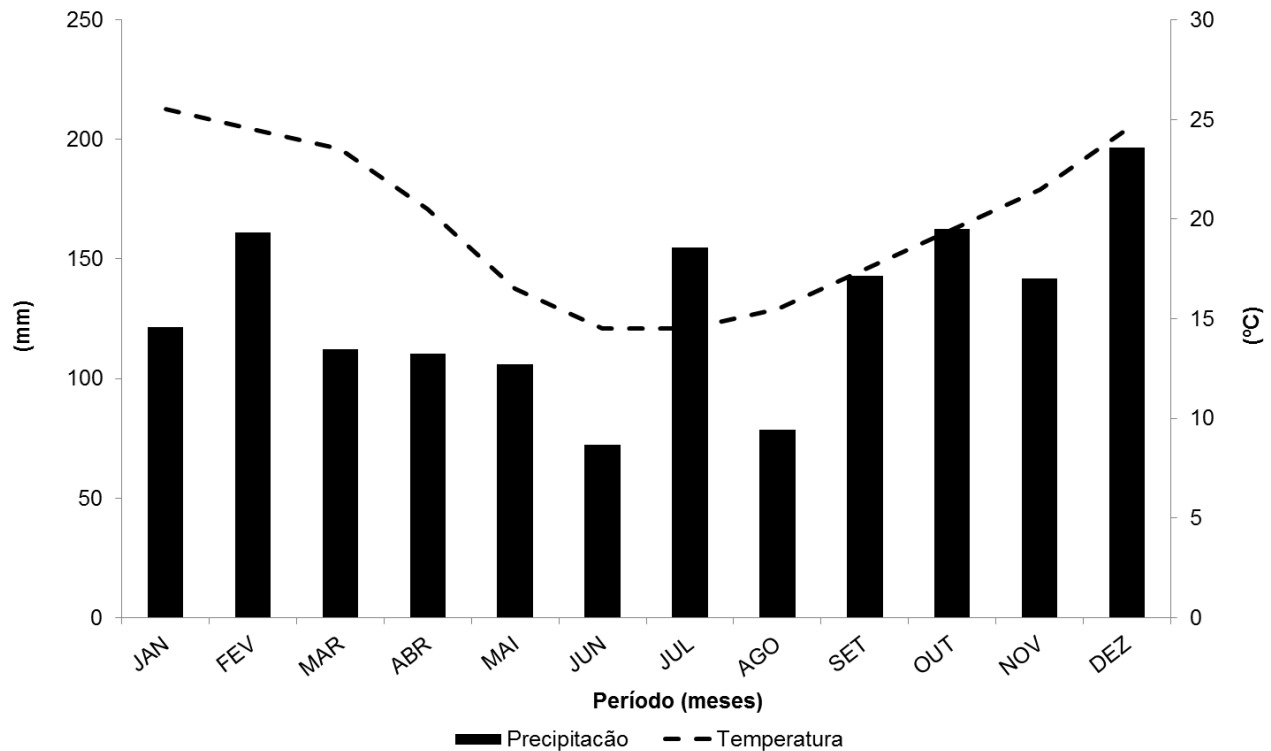


Figura 1 - Variáveis climáticas médias do período de 2010 a 2015, município de Alegrete/RS.

Figure 1 - Mean climate variables of 2010 at 2015 period, in Alegrete town/RS.

As pastagens nativas são ainda largamente dominantes nessa região do estado, pois grande parte da vegetação herbácea natural se adapta às condições de solo arenoso e distrófico e também à presença da pecuária sobre os campos (VERDUM et al., 2014). A vegetação que se desenvolve predominantemente são os campos nativos, caracterizados fisionomicamente pelas gramíneas, entremeados por capões florestais ao longo dos cursos dos rios (BOLDRINI et al., 2010).

As atividades de implantação do povoamento de *Eucalyptus dunnii* foram iniciadas em 2008, sobre uma área que anteriormente estava em processo de degradação do solo, em função da intensa exploração pastoril. Foram plantadas mudas oriundas de sementes, no espaçamento 3,5 m x 2,0 m entre plantas.

Na área foi realizado preparo de solo com uma subsolagem na linha de plantio, utilizando trator de pneu, em profundidade média de 60 cm, além de 300 kg ha⁻¹ de Fósforo Natural Gafsa em

linha no preparo do solo, irrigação, adubação de arranque e de cobertura, capinas na linha e entrelinha. Foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de N-P-K na formulação 06-30-06 + 0,6% de boro. A segunda adição do fertilizante foi aos 90 dias após plantio, onde foram aplicados 140 kg ha⁻¹ de N-P-K utilizando 22-05-20 + 0,2% de boro + 0,4% de zinco. A terceira fertilização foi aos 270 dias, com uso de 140 kg ha⁻¹ de N-P-K, 22-00-18 + 1,0% de enxofre + 0,3% de boro, aplicada mecanicamente na entrelinha.

Aos dois anos de idade do povoamento, Corrêa (2011) realizou inventário na área e constatou que havia 1.280 árvores ha⁻¹, com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) médio de 9,0 cm, altura média em torno de 8,7 m e volume cilíndrico de 87 m³ ha⁻¹. Já aos cinco anos, Silva (2014) verificou que as árvores do povoamento possuíam DAP médio de 11,9 cm, altura média de 13,8 m e volume total de 124,3 m³ ha⁻¹. Observa-se assim que, em três anos houve aumento de 2,9 cm de DAP das árvores do

povoamento e $37,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de incremento em volume, revelando uma baixa produtividade do sítio.

Amostragem do solo

A coleta de solo aos dois e cinco anos do povoamento ocorreu em 2010 e 2013, respectivamente, onde em cada ocasião houve abertura de três trincheiras com auxílio de pá de corte, obtendo-se amostras em cinco profundidades: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. A amostragem do solo foi sistemática, onde as trincheiras foram distribuídas nas posições linha de plantio, entrelinha e diagonal.

Análises químicas e físicas do solo

As amostras destinadas à análise química foram encaminhadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 40°C , até peso constante e passaram por peneiras com malha de 2 mm *mesh*. Analisou-se então o pH (1:2,5_{água}), conteúdo de matéria orgânica (MOS), alumínio trocável (Al^{3+}), fósforo disponível (P extraído pelo método Melich-1), potássio (K), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis, com posterior determinação da capacidade de troca de cátions potencial/pH₇ (T) e efetiva (t), saturação por bases (V) e saturação por Al (m).

Todas as análises foram executadas segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995), sendo realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal, do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.

Para análise física do solo, realizada somente aos dois anos do povoamento (S1), foram coletadas amostras indeformadas por meio de anéis volumétricos para determinação da densidade do solo, conforme descrito em Embrapa (1997). Também foram determinadas as frações granulométricas (TEDESCO et al., 1995), considerando a proporção de argila, silte, areia fina e grossa.

Análise dos dados

A interpretação dos resultados das análises

químicas do solo foi realizada com base no “Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina”, elaborado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004).

Para análise estatística dos dados utilizou-se o teste t ($\alpha = 5\%$), para comparativo entre os dois períodos, distinguindo a profundidade em que a amostra foi obtida. As análises foram realizadas com auxílio do *software* Assistat versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Resultados e Discussão

Os atributos físicos e químicos do solo sob o povoamento de *Eucalyptus dunnii*, nos dois períodos de monitoramento estão descritos na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

A análise granulométrica do solo revelou que, a textura variou de arenosa a franco-arenosa até 40 cm de profundidade, passando então para franco-argilo-arenosa nas camadas de 40-100 cm. Estes resultados refletiram na densidade do solo, que pode ser considerada alta, não ocasionada pela compactação do mesmo, mas sim em função do predomínio das frações mais grosseiras na composição textural.

Já a interpretação da análise química do solo (Tabela 2) revelou pH muito baixo, baixo conteúdo de matéria orgânica (MOS), teores de Ca e Mg trocáveis baixos e teores de K e P muito baixos em todas as profundidades do solo. A CTC potencial (T) é média, além de saturação por bases (V) muito baixa e alta saturação por Al (m), tanto aos dois quanto aos cinco anos de idade das árvores.

Alguns atributos químicos do solo sob o povoamento de *Eucalyptus dunnii* diferiram significativamente ($p < 0,05$) em função do tempo. Depois de três anos pode-se verificar que o pH do solo ficou mais ácido, sendo que, houve aumento do teor de alumínio trocável (Al^{3+}), concomitantemente da saturação por alumínio (m), em todas as profundidades do solo. Em contrapartida, houve redução dos teores de Ca trocável (ou Ca^{2+}) nas camadas de 20-40 e 80-



100 cm, e de K trocável nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, no entanto, o para o Mg trocável (ou Mg^{2+}) não foram detectadas

diferenças significativas durante o período avaliado.

Tabela 1 - Atributos físicos do Argissolo Vermelho Distrófico típico aos dois (S_1) anos de idade do povoamento de *Eucalyptus dunnii*, Alegrete/RS.

Table 1 - Physical attributes of a Rhodic Paleudult in two (S_1) years of the *Eucalyptus dunnii* stand, Alegrete/RS.

Atributo	Unidade	Profundidade (cm)				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Ds	$g\ cm^{-3}$	1,52	1,58	1,53	1,49	1,43
AG	%	33	31	29	28	27
AF		46	46	43	41	37
Silte		7	6	7	8	10
Argila		15	17	21	23	26

Onde: Densidade do Solo em $g\ cm^{-3}$ (Ds); Areia Grossa (2 - 0,2 mm) (AG); Areia Fina (0,2 - 0,05 mm) (AF); Silte (0,05 - 0,002 mm); Argila (< 0,002 mm).

Tabela 2 - Atributos químicos do Argissolo Vermelho Distrófico típico aos dois (S_1) e aos cinco (S_2) anos de idade do povoamento de *Eucalyptus dunnii*, Alegrete/RS.

Table 2 - Chemical attributes of a Rhodic Paleudult in two (S_1) and five (S_2) years of the *Eucalyptus dunnii* stand, Alegrete/RS.

Atributo	Unidade	Profundidade (cm)									
		0-20		20-40		40-60		60-80		80-100	
		S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
pH	-	4,7 a*	4,3 b	4,8 a	4,2 b	5,0 a	4,4 b	5,0 a	4,5 b	5,0 a	4,5 b
Al^{3+}	$cmol_c\ dm^{-3}$	2,0 b	2,3 a	1,9 b	2,4 a	1,9 b	2,7 a	2,0 b	2,5 a	1,7 b	2,5 a
Ca^{2+}		0,4 a	0,3 a	0,8 a	0,4 b	1,2 a	1,1 a	1,8 a	1,6 a	1,9 a	1,7 b
Mg^{2+}		0,3 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,3 a	0,4 a	0,4 a	0,3 a
t		2,8 a	2,8 a	3,0 a	2,9 a	3,4 a	4,0 a	4,2 a	4,5 a	4,0 a	4,5 a
T	$mg\ dm^{-3}$	9,0 a	6,7 b	9,6 a	7,7 a	10,1 a	8,5 a	10,8 a	9,7 a	10,9 a	9,7 a
P^i		1,9 b	3,0 a	1,6 b	2,3 a	1,5 b	2,2 a	1,5 b	1,8 a	1,5 b	2,3 a
K		20,3 a	10,9 b	12,0 a	7,9 a	9,7 a	10,3 a	8,3 a	9,4 a	8,3 a	7,6 a
MOS	%	1,0 a	0,9 a	0,9 a	1,0 a	0,8 b	1,1 a	0,8 b	1,0 a	0,7 b	1,0 a
V		9,1 a	7,7 a	11,0 a	7,1 b	15,1 a	14,9 a	20,5 a	20,9 a	21,2 a	21,0 a
m		71,3 a	81,6 a	65,0 b	81,3 a	55,7 b	68,0 a	48,4 b	55,0 a	43,1 b	54,9 a

Onde = *Para cada profundidade, as linhas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro; S_1 : análise de solo aos 2 anos; S_2 : análise de solo aos 5 anos; pH em 1:2,5_{água}; Al^{3+} : alumínio trocável; Ca^{2+} : cálcio trocável; Mg^{2+} : magnésio trocável; CTC efetiva (t); CTC pH_7 (T); P^i : fósforo disponível extraído pelo método Melich-1; K: potássio trocável; MOS: Matéria Orgânica do Solo; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

A capacidade de troca de cátions potencial (T) reduziu no quinto ano, bem como a saturação por bases (V), nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente. Já para o P disponível houve aumento dos teores em todas as profundidades do solo, além de incremento no

conteúdo de matéria orgânica de 40 até 100 cm do solo, aos cinco anos de idade do povoamento.

A baixa fertilidade do solo na área de estudo, situação típica dos solos da região da Campanha no bioma Pampa (VERDUM et al., 2014; STRECK et al., 2008), está vinculada ao

predomínio da fração areia na composição do solo e ao baixo conteúdo de matéria orgânica, o que condicionou menor adsorção e retenção dos nutrientes nos colóides (SILVA e MENDONÇA, 2007; MEURER et al., 2010).

Alguns elementos tiveram suas concentrações reduzidas à medida que aumentou a profundidade do solo, especialmente para o fósforo e potássio. Situação semelhante foi observada por Gatto et al. (2014) para o solo sob um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e por Baber et al. (2006), ao avaliar o solo em *Eucalyptus camaldulensis*, onde também verificaram diminuição do teor de matéria orgânica.

Teores muito baixos de fósforo e potássio podem ser limitantes ao desenvolvimento vegetal, ao passo que estes são elementos essenciais para as diversas reações, dentre elas as que envolvem ATP e manutenção do turgor celular, respectivamente (TAIZ e ZEIGER, 2013). No entanto, o P é um nutriente disponível em baixa quantidade em praticamente todas as classes de solos no Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2008), e o potássio é facilmente lixiviado em função de sua alta mobilidade (NOVAIS et al., 2007).

A alta saturação por alumínio também contribuiu para a menor disponibilização de nutrientes às plantas, além de condicionar pH mais ácido ao solo, pois este elemento acaba sendo adsorvido preferencialmente aos demais íons, como cálcio, magnésio e potássio, que são indispensáveis à nutrição do povoamento florestal (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). No entanto, altos teores de alumínio não são limitantes ao crescimento do *Eucalyptus*, uma vez que as espécies do gênero são altamente tolerantes à presença expressiva deste elemento no solo (NEVES et al., 1982).

Neste estudo houve redução do pH do solo em função do tempo, o que pode ser em razão do aumento do teor de ácido carbônico, em decorrência da decomposição e mineralização do material orgânico depositado sob o piso florestal, que contém substâncias altamente acidificante do meio (SILVA e MENDONÇA, 2007). O mesmo foi observado por Rhoades e

Binkley (1996) em um povoamento de *Eucalyptus saligna*, em que os autores constataram que após oito anos de cultivo o pH reduziu de 5,9 para 5,0 em 15 cm de profundidade do solo. Os autores afirmam que o fornecimento contínuo de nutrientes pelas intempéries e/ou fertilização vai acabar controlando a redução do pH do solo melhorando, assim, o nível de produtividade. A maioria dos solos destinados à silvicultura possuem baixo pH, no entanto, de acordo com Alem et al. (2010), este não é um fator limitante à produtividade, uma vez que a decomposição de resíduos vegetais evita o depauperamento do solo.

Quanto ao impacto na fertilidade do solo após três anos de cultivo, pode-se observar que houve significativa absorção de potássio pelas árvores de *Eucalyptus dunnii*, principalmente nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, região onde há maior concentração de raízes finas (WISTCHORECK et al., 2003; BARROS et al., 2014). O aumento da biomassa do sistema radicular com o avanço da idade do povoamento, consequentemente acaba sendo um fator que condiciona a maior absorção de potássio pela planta (ERNANI et al., 2007).

A redução nos teores de potássio aos cinco anos de idade do povoamento também ocorreu em função da alta mobilidade deste elemento, que é facilmente translocado e acumulado nos tecidos da planta, principalmente no componente madeira das espécies de *Eucalyptus*, o que pode ser constatado em estudos realizados por Zaia e Gama-Rodrigues (2004), Schumacher e Caldeira (2001), Schumacher et al. (2011), Gatto et al. (2014), entre outros. Segundo Santana et al. (2008), mais de 62 % e 65 % do potássio fica alocado no tronco do eucalipto, aos 4,5 e 8 anos de idade, respectivamente.

Verificou-se também que, à medida que ocorreu o crescimento das árvores, estas absorveram os nutrientes disponíveis na solução do solo, consequentemente houve aumento nos teores de alumínio e redução do pH (MEURER et al., 2010). O mesmo foi observado por Leite et al. (2010) em áreas cultivadas com eucalipto, onde os autores constataram redução nos teores

de Ca, Mg e K, além de redução no pH e aumentos nos teores de Al, após três ciclos de produção (30 anos).

Em contrapartida, os teores de fósforo no solo aumentaram após três anos de cultivo do *Eucalyptus dunnii*, o que ocorreu provavelmente em função do efeito residual da adubação aplicada na área, conforme descrito na metodologia. Esta situação também foi relatada por Leite et al. (2010), em um solo de baixa fertilidade natural, na região do Vale do Rio Doce, Minas Gerais.

Um dos principais indicadores de qualidade do solo é a matéria orgânica, sendo que, no presente estudo verificou-se que houve aumento do teor de MOS, principalmente nas camadas mais profundas (40 a 100 cm), o que também foi relatado por Leite et al. (2010). A incorporação de matéria orgânica pode ter ocorrido em virtude da percolação de ácidos húmicos provenientes da decomposição da serapilheira acumulada, uma vez que o solo da área de estudo possui textura composta predominantemente por frações mais grosseiras. A morte de raízes aliada à decomposição do material vegetal e à exsudação do sistema radicular leva à liberação de compostos orgânicos nas camadas mais profundas do solo, o que também pode ter contribuído para o aumento no teor de matéria orgânica (NOVAIS et al., 2007; SILVA e MENDONÇA, 2007).

O impacto positivo do povoamento de *Eucalyptus dunnii* sobre a matéria orgânica, especialmente em ecossistemas frágeis, como é o caso da região da Campanha no bioma Pampa, reflete na manutenção da fertilidade do solo, que está associada à continuidade dos processos de ciclagem biogeoquímica de nutrientes, sendo imprescindível que se mantenha os resíduos vegetais sobre o piso florestal (GONÇALVES et al., 2004). De acordo com Kumaraswamy et al. (2014), manter os resíduos pode ajudar a conservar a fertilidade do solo em rotações subsequentes, além de minimizar a perda de nutrientes, no entanto, os fertilizantes ainda são uma parte importante do regime de gestão de nutrientes para as plantações produtivas.

Segundo Chaer e Totóla (2007), o sistema de

manejo adotado nos povoamentos de eucalipto influencia, em médio prazo, o potencial dos solos de estocar e reciclar nutrientes. Desta forma, os impactos do cultivo de eucalipto no solo devem ser reduzidos e a produtividade florestal poderá ser assegurada por vários ciclos (SCOLFORO, 2008).

Conclusões

Houve impacto do povoamento de *Eucalyptus dunnii* na fertilidade do solo aos cinco anos de idade principalmente no pH, teores de potássio e alumínio, no entanto, houve incorporação de matéria orgânica e aumento de teores de fósforo.

Especialmente para o bioma Pampa, na região da sudoeste da Campanha do Rio Grande do Sul, onde os solos são de baixa fertilidade e muitas vezes degradados pelas atividades agrícolas e pecuárias, a silvicultura pode ser uma prática sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Empresa StoraEnso RS Ltda pelo apoio financeiro e pela disponibilidade da área experimental.

Referências Bibliográficas

- ALEM, S.; WOLDEMARIAM, T. & PAVLIS, J. Evaluation of soil nutrients under *Eucalyptus grandis* plantation and adjacent sub-montane rain forest. **Journal of Forestry Research**. 21(4): 457–460, 2010.
- BABER, S.; AHMAD, M. F. & BHATTI, A. A. The effect of *Eucalypts camaldulensis* on soil properties and fertility. **Journal of Agricultural and Biological Science**. 1(3): 47-50, 2006.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. & NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação mineral do Eucalipto.



- In: VALE, A. B.; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B. & NACIF, A. P. **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: UFV, 2014. p.187-207.
- BOLDRINI, I.I.; FERREIRA, P.M.A.; ANDRADE, B.O.; SCHNEIDER, A.A.; SETUBAL, R.B.; TREVISAN, R. & FREITAS, E.M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre/RS, Pallotti, 2010. 64p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Boletim Técnico Nº 30, Recife: Embrapa Solos, 1973. p. 431.
- CHAER, G.M. & TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1381-1396, 2007.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre/RS, SBCS, 2004. 400p.
- CORRÊA, R. S. **Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* estabelecido no bioma pampa**. 2011. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2011.
- DECHEN, A.R. & NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa/MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. & SANTOS, F. C. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa/MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.
- GATTO, A.; BUSSINGER, A.P.; RIBEIRO, F.C.; AZEVEDO, G.B.; BUENO, M.C.; MONTEIRO, M.M. & SOUZA, P.F. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp. no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 38(3):879-887, 2014.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G. & GAVA, J. L. An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. **Forestry nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 13-64.
- KUMARASWAMY, S.; MENDHAM, D.S.; GROVE, T.S.; O'CONNELL, A.M.; SANKARAN, K.V. & RANCE, S.J. Harvest residue effects on soil organic matter, nutrients and microbial biomass in eucalypt plantations in Kerala, India. **Forest Ecology and Management**. (328): 140–149, 2014.
- LEITE, F. P.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. & NEVES, J. C. L. Alterations of soil chemical properties by eucalyptus cultivation in five regions in the Rio Doce Valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, p. 821-831, 2010.
- LEITE, F. P. Conservação de solo e água. In: VALE, A. B.; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B. & NACIF, A. P. **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: UFV, 2014. p. 441-460.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: EdUSP, 1996. p. 307.

- MATZENAUER, R.; RADIN, B. & ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.
- MEURER, E. J.; RHEINHEIMER, R. D. & BISSANI, C.A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Ed. Evangraf LTDA, 2010. p.107-147.
- NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. & BARROS, N.F. Effect of aluminum in nutrient solution on growth and nutrient uptake by *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, 6:1-16, 1982
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. & NUNES, F. N. Potássio. In: In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa/MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.
- RHOADES, C. & BINKLEY, D. Factors influencing decline in soil pH in Hawaiian *Eucalyptus* and *Albizia* plantations. **Forest Ecology and Management**, 80:47-56, 1996.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G. & COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. (32):2723-2733, 2008.
- SCHUMACHER, M. V. & CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (labillardiere) subespécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, v. 11, p. 45-53, 2001.
- SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R. & CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 17-22, 2011.
- SCOLFORO, J. R. **O mundo Eucalipto: os fatos e mitos de sua cultura**. Rio de Janeiro: Mar de Idéias, 2008. p. 71.
- SILVA, F. de S. & AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produção Agroindustrial**, v 4, n. 1, p. 71-78, 2002.
- SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa/MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.
- SILVA, J. M. **Ciclagem biogeoquímica de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* Maiden em uma microbacia hidrográfica experimental do bioma pampa**. 2014. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2014.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre/RS, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p.918.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 174.
- VERDUM, R.; STRECK, E. V. & VIEIRA, L. F. S. Degradação dos solos no Rio Grande do Sul. In: GUERRA, A. J. T. & JORGE, M. C. O. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2014. p. 87-125.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V. & CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* s.t. Blake no município de

Santa Maria/RS. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 177-183, 2003.

ZAIA, F.C. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 843-852, 2004.