

## Unidades de manejo para pinus: desenvolvimento e aplicação de metodologia em áreas de produção no oeste catarinense

Management units for pine: methodology development and application in production areas of western Santa Catarina State, Brazil

Joao Bosco Vasconcellos Gomes<sup>1</sup>, Itamar Antonio Bognola<sup>1</sup>, Lorena Stolle<sup>2</sup>, Paulo Eduardo Telles dos Santos<sup>1</sup>, Shizuo Maeda<sup>1</sup>, Lorenzo Teixeira de Melo da Silva<sup>3</sup>, Antonio Francisco Jurado Bellote<sup>1</sup> e Guilherme de Castro Andrade<sup>1</sup>**Resumo**

O presente trabalho teve por objetivos desenvolver e aplicar, no oeste catarinense, uma metodologia de estabelecimento de unidades de manejo para pinus a partir do mapeamento semi-detalhado de solos das áreas de estudo. Duas hipóteses de trabalho foram modeladas, ambas utilizando o sistema de produção de pinus local, que não faz correção da deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ ): uma interpretação baseada na ausência de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$ , ou seja, que os tetos de produtividade independem dessa ação, sendo esse o modelo atual; e uma segunda interpretação considerando que a ausência do melhoramento do  $\Delta N$  interfere nos tetos de produtividade do cultivo de pinus para as terras estudadas, modelo que representa um novo paradigma a ser testado. Cada polígono do mapa de solos detalhado foi associado a uma base de dados, que permitiu a definição dos graus de limitação das terras ( $\Delta N$ , deficiência de água, deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos ao manejo) para o cultivo do pinus. Conjuntos de critérios, considerando os diferentes graus de limitação alcançados para cada faixa de terra (polígonos do mapeamento de solos), definiram os guias para as classes de unidades de manejo para o cultivo de pinus. O mapeamento de solos semi-detalhado das áreas de produção identificou áreas mapeáveis associadas às classes de solos, em nível de ordem, Latossolos, Nitossolos, Cambissolos, Neossolos e Gleissolos. Essas cinco ordens geraram 36 unidades de mapeamento de solos. As limitações associadas aos atributos profundidade efetiva, relevo e presença de pedregosidade/rochiosidade fizeram dos impedimentos ao manejo os fatores de limitação mais importantes para o cultivo de pinus das áreas mapeadas. Os quantitativos das classes de unidades de manejo para pinus dependeram de se considerar ou não a hipótese de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$  no sistema de manejo em uso na região. Na hipótese da ausência de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$  para a produção de pinus, temos os seguintes quantitativos: Apta superior com 113,14 ha (ou 7,5% da área mapeada); Apta inferior com 644,73 (ou 42,8% da área mapeada); Marginal superior com 408,35 (ou 27,1% da área mapeada); Marginal inferior com 277,58 ha (ou 18,4% da área mapeada) e Inapta com 63,2 ha (ou 4,2% da área mapeada). Ao se considerar a hipótese de uma resposta positiva ao melhoramento de  $\Delta N$  para a produção de pinus e que o atual sistema de manejo não faz esse melhoramento, ocorre uma piora dos resultados, com muitas terras migrando das classes de unidades de manejo Apta (superior e inferior) para a classe Marginal superior.

**Palavras-chave:** levantamento de solos, aptidão silvicultural, planejamento de uso da terra.

**Abstract**

This study was carried out in order to develop and implement an enhanced methodology for establishing management units for pine tree plantations, based on soil surveys performed in lands under investigation located in the western portion of the state of Santa Catarina. Two hypotheses were modeled using the local pine production system, which make no correction of the nutrients deficiency ( $\Delta N$ ): 1<sup>st</sup>) an interpretation based on the non-response to  $\Delta N$  improvement, i.e., the pine productivity is not dependent of this action, which is the current model; 2<sup>nd</sup>) the lack of  $\Delta N$  improvement affects the productivity of the pines, which is a model that represents a new paradigm to be tested. Each polygon of the soil map was associated with a database, which allowed the definition of the land limitation degrees for pine cultivation ( $\Delta N$ , water deficiency, oxygen deficiency, erosion susceptibility and management impediments). The management unit classes were defined by two sets of criteria, taking into account the different land limitation degrees achieved for each land polygon (from soil maps). The semi-detailed soil survey identified map polygons

<sup>1</sup>Pesquisador Doutor. Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, km 111 - 83411000 - Colombo, PR, Brasil.

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Florestal. UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Rod MS 306 Km 105 -79560000 - Chapadão do Sul, MS, Brasil.

<sup>3</sup>Gerente técnico. F&W Forestry Brasil. Rua General Daltro Filho - 92500000 - Guaíba, RS, Brasil.

associated with five soil orders, as follows: Latosols, Nitosols, Cambisols, Neosols and Gleysols. In turn, these orders generated 36 soil map units. The most important land limitation degree for pine growth in the lands under study was the management impediments, due to limitations of the soil depth, terrain slope and rocky fragments. The distribution of the management unit classes was influenced by the response or non-response to the  $\Delta N$  improvement on the current silvicultural practices used in the region. In the event of non-response to  $\Delta N$  improvement for the pine growth, we have found the following results: 113.14 ha of Highly suitable (or 7.5% of the mapped area); 644.73 ha of Lowly suitable (or 42.8% of the mapped area); 408.35 ha Upper marginal (or 27.1% of the mapped area); 277.58 ha Lower marginal (or 18.4% of the mapped area); 63.20 ha Not-suitable (or 4.2% of the mapped area). When assuming the hypothesis of a positive response to the  $\Delta N$  improvement for the pine production and also that the current management system does not consider this improvement, a worse result occurs and many lands migrate from the suitability (high and low) management unit classes to the Upper marginal ones.

**Keywords:** soil survey, silvicultural evaluation, land use planning.

## INTRODUÇÃO

Os números do setor produtivo florestal refletem a sua importância para a sociedade brasileira. Em 2013 foram 7,6 milhões de hectares de área plantada e 4,4 milhões de empregos gerados, correspondendo a aproximadamente 4,5% da população economicamente ativa do país. O plantio de pinus corresponde a 20,7% dessa área. Os estados do Paraná e de Santa Catarina se destacam, com as maiores áreas plantadas de pinus no Brasil (respectivamente 662.296 e 540.542 ha, que somados representam 76% da área total) (IBÁ, 2014). Apesar de existir uma tendência de estagnação ou até mesmo ligeira redução dos plantios desse gênero no país, essa substituição apresenta limites. Inicialmente, os fortes riscos de ocorrência de geadas de boa parte das áreas de produção de pinus nos estados do sul do Brasil, principalmente nas áreas de maior altitude, limitam a entrada de plantios de eucalipto, considerando que não existe disponibilidade de materiais genéticos de espécies de eucalipto com boa adaptação a esse grau de ocorrência de geadas. Além disso, o mercado de celulose de fibra longa, ideal para a fabricação de papéis para embalagens e outros tipos, acaba sendo muito dependente dos plantios de pinus (CIT, 2007).

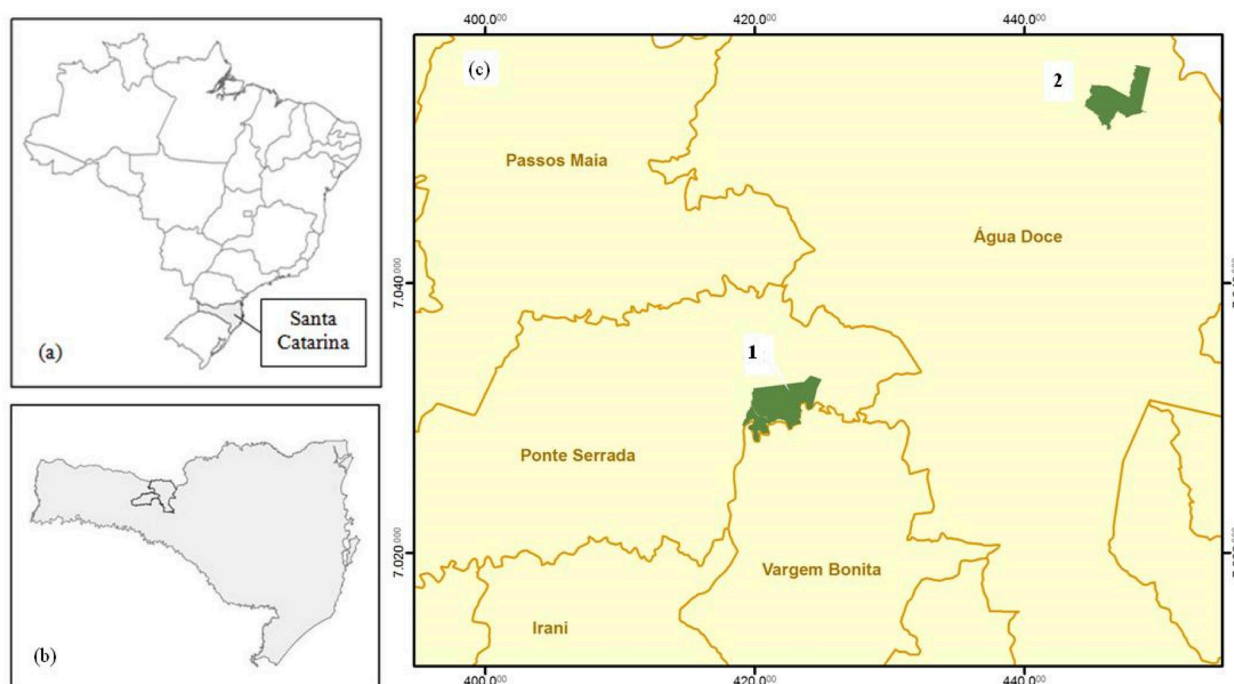
O setor florestal tem valorizado bastante o uso das informações de solos e clima nas suas ações de planejamento de plantio e no operacional da silvicultura. Os conceitos do sistema FAO/Brasileiro de aptidão agrícola (BENNEMA; CAMARGO, 1964; RAMALHO; BEEK, 1995) vêm sendo adaptados em estudos para a atividade florestal (GOMES; CURI, 2001; CURI; KER, 2004; GOMES et al., 2005; COSTA et al., 2009), principalmente na definição de unidades de manejo. Uma experiência de sistema de avaliação da aptidão silvicultural das terras para um ambiente mais amplo foi realizada em Carvalho et al. (2013), para paisagens dos tabuleiros costeiros brasileiros. Entretanto, nenhum desses estudos, envolvendo interpretações da geografia de solos, está voltado para o cultivo de pinus. Além disso, o sistema de produção de pinus no Brasil não tem por tradição considerar o melhoramento da fertilidade dos seus sítios de produção. As razões para isso envolvem um misto de rusticidade do gênero (Ferreira et al., 2001) e a ausência de pesquisas de longo prazo que avaliem a sustentabilidade de produtividade dos sítios de cultivo em função das exportações de nutrientes.

O presente trabalho teve por objetivos desenvolver e aplicar, no oeste catarinense, uma metodologia de estabelecimento de unidades de manejo para pinus. Duas hipóteses de trabalho foram modeladas, ambas se utilizando do sistema de produção de pinus local, que não faz correção da deficiência de nutrientes/fertilidade: uma interpretação baseada na ausência de resposta ao melhoramento da fertilidade, ou seja, que os tetos de produtividade independem dessa ação, sendo esse o modelo atual; e uma segunda interpretação considerando que a ausência do melhoramento da fertilidade interfere nos tetos de produtividade do cultivo de pinus para as terras estudadas, modelo que representa um novo paradigma a ser testado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas duas áreas do oeste catarinense (Figura 1). Juntas, somam 2.256,25 ha (1.507 ha de área de produção, 457,3 ha de área de reserva legal e 292 ha de área de preservação per-

manente) e estão localizadas nos municípios de Ponte Serrada (local 1) e Água Doce (local 2). Nos dois locais, áreas de preservação permanente e de reserva legal estão mapeadas e excluídas da interpretação.



**Figura 1.** Mapas de localização: (a) Estado de Santa Catarina; (b) municípios de Ponte Serrada e Água Doce no Estado de Santa Catarina; e (c) locais 1 e 2 nos municípios de Ponte Serrada e Água Doce (Sistema de projeção cartográfica UTM, Datum Sirgas 2000, Fuso 22S).

**Figure 1.** Location maps: (a) Santa Catarina State; (b) Ponte Serrada city and Água Doce city in Santa Catarina State; (c) sites 1 and 2 in Ponte Serrada city and Água Doce city (UTM coordinate system, Datum Sirgas 2000, zone 22S).

As terras das duas áreas estão associadas ao derrame de rochas efusivas da Formação Serra Geral, de idade Mesozóica. Predominam nessas terras uma litotipia de rochas de composição basáltica, de coloração cinza-escura a negra, com intercalações de efusivas ácidas e intermediárias, representadas por dacitos, riódacitos felsíticos e riolitos (SCHEIBE, 1986; PERROTTA et al., 2004). Essa litologia é responsável pela formação de extensas áreas de solos argilosos (brunados a vermelhos pelas condições de latitude e altitude), e com teores de ferro total bastante variável, porém predominantemente altos a intermediários (EMBRAPA, 2004), sendo comum, nas elevações influenciadas por materiais mais básicos (basaltos), os solos apresentarem-se com teores de ferro pelo ataque sulfúrico elevados o suficiente para a ocorrência do caráter férrico. A altitude gira em torno dos 1.000 m, com relevo predominantemente dissecado, vales profundos e encostas em patamares. Essa formação da paisagem gera uma grande quantidade de terras inaptas ou marginais ao uso agrícola intensivo, mas boa parte delas com potencial para a produção de florestas plantadas (EPAGRI, 1999).

O clima da região se apresenta na faixa de transição da zona intertropical para a temperada (temperado quente na classificação de Köppen), com grande número de horas de frio acumuladas no inverno (média de 431,83 horas de frio entre maio e setembro, e média de 383,86 horas de frio entre maio e agosto). O total (média de 2.030,5 mm para a estação climatológica de Irani) e a boa distribuição anual de chuvas tornam ocasionais os períodos secos, com diferenças sempre positivas entre as médias mensais de precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial (WREGGE et al., 2011). A presença de extremos de temperatura baixa faz com que o risco de geada seja alto, decorrência da posição meridional e da altitude local (SANTA CATARINA, 1958; WREGGE et al., 2011). As condições de solo e clima deram origem a uma cobertura vegetal dominada pela floresta ombrófila mista (floresta subtropical de ou com araucária), ocorrendo áreas campestres pontuais (EMBRAPA, 2004; IBGE, 2004), bastante alteradas pela ação antrópica ao longo do processo de ocupação da região.

## Levantamento de solos

O mapeamento de campo foi realizado através de prospecção intensiva das diferentes unidades fisiográficas delimitadas pela interpretação da base cartográfica (com curvas de nível distanciadas de 5 m de desnível, na Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator - UTM, fuso 22, datum SIRGAS 2000), procurando-se prospectar os solos do vale ao topo das elevações. Nessas prospecções, os solos locais foram examinados através de barrancos, pequenas trincheiras e tradagens, sendo descritos conforme Santos et al. (2013). Ao todo foram 219 pontos de observação, todos georreferenciados através de GPS de navegação, o que se traduz em, aproximadamente, uma densidade de uma observação a cada 7 ha, condizente com a escala de trabalho semi-detalhada e com a complexidade de relevo da área de estudo. Os solos foram classificados conforme EMBRAPA (2013). Foram coletadas amostras de solo em 33 pontos, geralmente amostrando-se o horizonte superficial e o subsuperficial (entre 60 e 100 cm de profundidade), quando existente (total de 63 amostras).

Ao longo do mapeamento de campo foram sendo delineados os polígonos das unidades de mapeamento de solos, considerando os modelados do terreno conforme as curvas de nível das cartas topográficas. Os ajustes finais dos polígonos se deram pelas correlações e modelos criados a partir do conhecimento global da área de estudo, principalmente pelo conjunto dos pontos de prospecção e resultados das análises de solos.

O mapeamento de campo, o conhecimento do padrão de repetibilidade das feições de paisagens e dos solos e os resultados das análises de solo (dados não mostrados), permitiram a construção gradativa da legenda do mapa de solos. Após o levantamento de campo, as cartas topológicas com a delimitação das unidades cartográficas foram escaneadas na resolução de 300 DPI, registradas segundo a base cartográfica já citada e digitalizadas na escala 1:10.000 para delimitação dos polígonos (das unidades de mapeamento de solos) pelo software ArcGIS 10.3 de geoprocessamento.

## Sistema de manejo

O sistema de manejo considerado é aquele previsto para a cadeia produtiva do pinus para celulose no oeste catarinense. São consideradas diferentes espécies de pinus (*Pinus taeda*, *P. patula*, *P. elliotti*). A cultura tem um ciclo de 14 anos entre o plantio e a colheita.

O preparo do solo para o plantio envolve subsolagem na linha de plantio. O espaçamento de plantio é de 2,5 m x 2,5 m. O plantio das mudas no campo é manual e realizado ao longo de todo o ano. Não é realizado nenhum tipo de correção e, ou, adubação no plantio e ao longo do ciclo cultural (informação que diferencia os resultados alcançados pelas duas hipóteses de trabalho testadas). É realizado o controle de mato-competição e de formigas. Ainda ocorrem diferentes práticas de manutenção de estradas. A colheita é semi-mecanizada. O corte é realizado com moto-serra. Após o corte é feito o arraste das toras com *skidder* de rodantes (pneus). As máquinas pesam entre 18 e 22 toneladas e operam em terras de até 25 graus (46,6%) de declividade. O processamento é realizado na borda do talhão com implemento *harvester* que organiza a madeira para ser carregada pela garra que transfere a madeira para os caminhões e carretas. Ainda na colheita, as acículas são retiradas junto com outros restos culturais. Um ancinho recolhe e amontoa todo o material, que em seguida é direcionado para um picador, ou seja, o material é arrastado, colocado na borda do talhão, moído e exportado. O sistema é denominado "full-tree", onde todo o material é exportado.

## Graus de limitação

Cada polígono do mapa de solos detalhado foi associado a uma base de dados, que permitiu a definição dos graus de limitação das terras (deficiência de nutrientes/fertilidade -  $\Delta N$ , deficiência de água -  $\Delta H$ , deficiência de oxigênio/excesso de água -  $\Delta O$ , suscetibilidade à erosão -  $\Delta E$  e impedimentos ao manejo -  $\Delta M$ ) para o cultivo do pinus, conforme regras das Tabelas 1 a 5. As diferentes fases das unidades de mapeamento de solos alimentaram a base de dados utilizada, incluindo atributos de terreno (relevo e posição de paisagem).

**Tabela 1.** Definição do grau de limitação por deficiência de nutrientes (fertilidade) -  $\Delta N$ .**Table 1.** Definition of the limitation degree by nutrients (fertility) deficiency -  $\Delta N$ .

Grau de Limitação	Classe de solo	Substrato	Espessura mínima do horizonte superficial
Moderado	Cambissolo – Neossolo – Gleissolo	rocha básica a intermediária ou sedimentos recentes	$\geq 30$ cm
Moderado/Forte 1	Cambissolo – Neossolo	rocha básica a intermediária	$< 30$ cm
Moderado/Forte 2	Latossolo – Nitossolo	rocha básica a intermediária	$\geq 30$ cm
Moderado/Forte 3	Cambissolo – Neossolo	rocha ácida a intermediária	$\geq 30$ cm
Forte 1	Latossolo – Nitossolo	rocha básica a intermediária	$< 30$ cm
Forte 2	Cambissolo – Neossolo	rocha ácida a intermediária	$< 30$ cm
Forte 3	Nitossolo	rocha ácida a intermediária	$\geq 30$ cm
Forte/Muito Forte	Nitossolo	rocha ácida a intermediária	$< 30$ cm

**Tabela 2.** Definição do grau de limitação por deficiência de água -  $\Delta H$ .**Table 2.** Definition of the limitation degree by water deficiency -  $\Delta H$ .

Grau de Limitação	Relevo	Classe de solo <sup>1</sup>
Nulo	plano – suave ondulado	Gleissolo – Cambissolo gleissólico
Nulo/Ligeiro	plano – suave ondulado	Latossolo– Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Ligeiro	ondulado	Latossolo– Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Ligeiro/Moderado 1	ondulado - forte ondulado	Latossolo– Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Ligeiro/Moderado 2	ondulado	Cambissolo léptico
Ligeiro/Moderado 3	plano – suave ondulado	Neossolo Regolítico
Moderado 1	plano – suave ondulado	Neossolo Litólico
Moderado 2	ondulado	Neossolo Regolítico
Moderado/Forte 1	forte ondulado - montanhoso	Cambissolo léptico
Moderado/Forte 2	ondulado	Neossolo Litólico
Forte	forte ondulado - montanhoso	Neossolo

<sup>1</sup>A informação sobre a profundidade efetiva do solo está implícita na classe de solo.

**Tabela 3.** Definição do grau de limitação por excesso de água/deficiência de oxigênio -  $\Delta O$ .**Table 3.** Definition of the limitation degree by water excess/oxygen deficiency -  $\Delta O$ .

Grau de Limitação	Drenagem	Classe de solo	Relevo (mais suave)
Nulo	acentuadamente – bem	Latossolo – Nitossolo	plano
Nulo/Ligeiro 1	bem – moderadamente	Nitossolo	plano
Nulo/Ligeiro 2	bem – moderadamente	Cambissolo – Neossolo	suave ondulado
Ligeiro	bem – moderadamente	Cambissolo – Neossolo	plano
Moderado	moderadamente - imperfeitamente	Cambissolo	plano
Forte	mal – imperfeitamente	Gleissolo	plano

**Tabela 4.** Definição do grau de limitação por suscetibilidade à erosão -  $\Delta E$ .**Table 4.** Definition of the limitation degree by erosion susceptibility -  $\Delta E$ .

Grau de Limitação	Relevo (o mais forte)	Classe de solo
Nulo	plano	–
Ligeiro	suave ondulado	Latossolo – Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Ligeiro/Moderado 1	suave ondulado	Cambissolo léptico – Neossolo
Ligeiro/Moderado 2	ondulado	Latossolo– Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Moderado	ondulado	Cambissolo léptico – Neossolo
Moderado/Forte	forte ondulado	Latossolo– Nitossolo
Forte	forte ondulado – montanhoso	Cambissolo (que não seja léptico)
Muito Forte	forte ondulado – montanhoso	Cambissolo léptico – Neossolo

Os atributos de clima foram definidos a partir de Wrege et al., 2011. Para o cultivo de pinus, mais importante que os extremos de temperatura (o que para o sul do Brasil inclui o risco de ocorrência de geadas), é a ótima distribuição de chuvas da região. Esses atributos e outros, que são homogêneos para o total ou a quase totalidade da área estudada, foram considerados de forma uniforme em todas as unidades de mapeamento de solos. São exemplos deles, a saturação de bases, sempre muito baixa, fazendo com que o menor  $\Delta N$  seja o Moderado; a textura muito argilosa ou argilosa, raramente média (mesmo nos solos mais jovens) e que influi em vários graus de limitação, mais diretamente no  $\Delta H$  (de forma positiva) e no  $\Delta M$  (de forma negativa).

**Tabela 5.** Definição do grau de limitação por impedimentos ao manejo -  $\Delta M$ .  
**Table 5.** Definition of the limitation degree due to management impediments -  $\Delta M$ .

Grau de Limitação <sup>1</sup>	Relevo	Drenagem	Classe de solo
Ligeiro	plano, suave ondulado	bem a moderadamente	Latossolo – Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Ligeiro/Moderado	ondulado	bem a moderadamente	Latossolo – Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Moderado 1	forte ondulado	bem a moderadamente	Latossolo – Nitossolo – Cambissolo (que não seja léptico)
Moderado 2	plano, suave ondulado	imperfeitamente drenado	Cambissolo gleissólico
Moderado 3	ondulado	bem a moderadamente	Cambissolo léptico
Moderado/Forte	plano - ondulado	bem a moderadamente	Neossolo Regolítico
Forte <sup>1</sup>	plano - ondulado	bem a moderadamente	Neossolo Litólico
Forte <sup>2</sup>	forte ondulado - montanhoso	bem a moderadamente	Cambissolo léptico
Muito Forte <sup>1</sup>	forte ondulado, escarpado	bem a moderadamente	Neossolo Litólico – Neossolo Regolítico
Muito Forte <sup>2</sup>	plano	mal a muito mal drenado	Gleissolo

<sup>1</sup> A informação sobre a profundidade efetiva do solo e a presença de pedregosidade e rochiosidade estão implícitas na classe de solo.

O  $\Delta N$  (Tabela 1) considerou que os solos mais jovens (grau de intemperismo) tendem a apresentar maior reserva de nutrientes, o que pode ser importante em um cultivo florestal com ciclo de 14 anos. Também foi considerada a maior quantidade de nutrientes como elementos traços das rochas básicas relativamente às rochas ácidas (RESENDE et al., 1988).

O único grau de limitação que apresenta possibilidade de melhoramento no contexto do atual sistema de produção de pinus da região é o  $\Delta M$  (Tabela 6). São práticas de mecanização que facilitam desde ações de preparo do solo e plantio até a colheita do pinus.

**Tabela 6.** Viabilidade de melhoramento dos desvios por impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ).  
**Table 6.** Viability of improving deviations due to management impediments ( $\Delta M$ ).

$\Delta M$ antes do melhoramento	$\Delta M$ após o melhoramento
Ligeiro	Nulo a
Ligeiro/Moderado 1	Nulo/Ligeiro a
Ligeiro/Moderado 2	Ligeiro b
Moderado 1	Ligeiro a
Moderado 2	Ligeiro/Moderado b
Moderado 3	Ligeiro/Moderado b
Moderado/Forte 1	Moderado b
Moderado/Forte 2	Moderado b
Forte 1	Moderado/Forte b
Forte 2	Moderado/Forte b
Muito Forte 1	Forte b
Muito Forte 2	Forte b

<sup>1</sup>a - classe de melhoramento viável com práticas simples e de pequeno custo (como subsolagem pouco profunda). <sup>2</sup>b - classe de melhoramento viável com práticas intensivas e de custo considerável (subsolagem, retirada de pedregosidade/rochiosidade, confecção de drenos de pequeno porte etc.).

### Classes de unidades de manejo

Os conjuntos de critérios, considerando os diferentes graus de limitação alcançados para cada faixa de terra (polígonos do mapeamento de solos), definiram os guias para as classes de unidades de manejo para o cultivo de pinus (Tabelas 7 e 8). Todos os passos do sistema especialista, desde a definição dos graus de limitação, foram organizados dentro de planilhas eletrônicas, utilizando funções de lógica booleana.

É importante realçar que uma resposta positiva ao melhoramento do  $\Delta N$ , afetando a sustentabilidade da produção do pinus, como o colocado na Tabela 8, carece de resultados na região. Diferenças entre classes de unidades de manejo para pinus de uma mesma faixa de terra entre as duas metodologias são uma hipótese de trabalho e devem ser testadas antes de serem encaradas como um resultado definitivo. A possibilidade de melhoramento do  $\Delta N$  em sistemas de produção

de pinus ainda gera controvérsias. Comparando com o cultivo de eucalipto, por exemplo, é pouco estudada e utilizada. No Brasil, a pouca literatura cita respostas mais consistentes para a aplicação de P (MUNIZ et al., 1975; VOGEL et al., 2005), mas os resultados não podem ser extrapolados.

A Tabela 9 e a Figura 2 procuram explicar a simbologia utilizada para apresentar as unidades de manejo de cada faixa de terra.

**Tabela 7.** Guia da classificação das unidades de manejo para pinus, considerando a hipótese da ausência de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$  para a produção de pinus na região estudada. O grau de limitação colocado é o mais restritivo que cada fator pode alcançar para determinada classe de unidade de manejo.

**Table 7.** Classification Guide of management units for pine, considering the hypothesis of non-response to  $\Delta N$  improvement for pine production in the study area. The limitation degree considered it is the most restrictive that each factor can achieve for a given management unit class.

$\Delta N$	$\Delta H$	$\Delta O$	$\Delta E$	$\Delta M$ com melhoramento	Unidade de manejo	
					Classe	Símbolo
Forte/Muito Forte	Ligeiro	Ligeiro	Ligeiro/Moderado	Nulo a	Apta Superior	AS
-	Moderado	--	Moderado	Ligeiro/Moderado b	Apta Inferior	AI
--	Moderado/Forte	Moderado	Forte	Moderado/Forte b	Marginal Superior	MS
--	Forte	--	Muito Forte	Forte/Muito Forte b	Marginal Inferior	MI
--	--	Forte	--	--	Inapta	IN

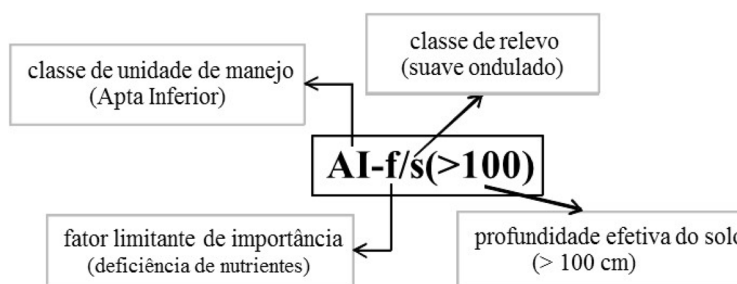
\*O risco de geada ( $\Delta G$ ) está avaliado como "Forte" para toda a área mapeada, porém é um fator de limitação secundário para o cultivo de pinus.

**Tabela 8.** Guia da classificação das unidades de manejo para pinus, considerando a hipótese de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$  para a produção de pinus na região estudada. O grau de limitação colocado é o mais restritivo que cada fator pode alcançar para determinada classe de unidade de manejo.

**Table 8.** Classification Guide of management units for pine, considering the hypothesis of response to  $\Delta N$  improvement for pine production in the study area. The limitation degree placed it is the most restrictive that each factor can achieve for a given management unit class.

$\Delta N$	$\Delta H$	$\Delta O$	$\Delta E$	$\Delta M$ com melhoramento	Unidade de manejo	
					Classe	Símbolo
Ligeiro/Moderado	Ligeiro	Ligeiro	Ligeiro/Moderado	Nulo a	Apta Superior	AS
Moderado	Moderado	--	Moderado	Ligeiro/Moderado b	Apta Inferior	AI
Forte/Muito Forte	Moderado/Forte	Moderado	Forte	Moderado/Forte b	Marginal Superior	MS
-	Forte	--	Muito Forte	Forte/Muito Forte b	Marginal Inferior	MI
-	--	Forte	--	--	Inapta	IN

\*O  $\Delta G$  está avaliado como "Forte" para toda a área mapeada, porém é um fator de limitação secundário para o cultivo de pinus.



**Figura 2.** Exemplo de símbolo de classe de unidade de manejo. Duas primeiras letras maiúsculas = classe de unidade de manejo; letras minúsculas antes da barra de fração (aparecem, se decisivos) = graus de limitação por deficiência de nutrientes (f), deficiência de água (h) e deficiência de oxigênio (o); letra minúscula após da barra de fração = classe de relevo mais forte da unidade de terra; entre parênteses = profundidade efetiva do solo. Os fatores limitantes suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização não aparecem no símbolo, desde que a presença decisiva deles mesmos pode, de forma geral, ser inferida pela classe de relevo e pela profundidade efetiva do solo da unidade de terra.

**Figure 2.** Example symbol of management unit class. First two capital letters = management unit class; lowercases before the fraction bar (appear if decisive) = the limitation degree by nutrient deficiency (f), water deficiency (h), and oxygen deficiency (o); lowercase after the fraction bar = stronger slope class of the land unit; brackets = soil deep. The limitation degree by erosion susceptibility and by management impediments does not appear in the symbol, since the decisive presence of them can, in general, be inferred from the slope class and the soil depth of the land unit.

**Tabela 9.** Códigos dos fatores limitantes nos símbolos das unidades de manejo.

**Table 9.** Codes of the limitation factors in the management units symbols.

	<b>Símbolo</b>
Deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ )	f
Deficiência de água ( $\Delta H$ )	h
Deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ )	o
Classe de relevo <sup>1</sup>	plano (p), suave ondulado (s), ondulado (o), forte ondulado (f) e montanhoso (m)
Profundidade efetiva (cm)	> 100, < 100, < 75, < 50 e AR (afioramento de rocha)

<sup>1</sup>Está informada a classe de relevo mais forte que ocorre no componente da unidade de mapeamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Unidades de mapeamento de solos e graus de limitação das terras

Mesmo excluindo, de antemão, as terras de reserva legal e áreas de preservação permanente, o relevo dissecado da região tornou comum a presença de solos com baixo grau de desenvolvimento (Tabela 10), o que já era realçado para a área de estudo no mapeamento de solos do estado, em nível de reconhecimento (EMBRAPA, 2004). Solos pouco profundos a rasos (predominância de profundidade efetiva  $\leq 100$  cm, Cambissolos lépticos e Neossolos) somam 626,4 ha, o que corresponde a 41,6% da área de estudo. Esses solos pouco profundos a rasos muitas vezes estão associados às paisagens mais dissecadas, sendo que os associados às classes de relevo forte ondulada e montanhosa somam 277,6 ha (18,4% da área estudada).

O  $\Delta O$  só aparece como fator de limitação restritivo em três unidades de mapeamento (CHaf1, CHa1 e GMal). Os Cambissolos gleissólicos (CHaf1 e CHa1) podem apresentar excesso de água sazonal, que vai variar conforme a distribuição de chuvas de cada ano. Nessas áreas, o risco de deficiência de oxigênio existe ( $\Delta O$  = moderado), principalmente se o excesso de água ocorrer em áreas de renovação, com plantas muito novas. A unidade GMal, presente apenas no local 2 (em 63,2 ha), apresenta um  $\Delta O$  forte, que se constitui em um risco constante ao normal desenvolvimento do pinus e torna o tráfego de máquinas (inclusive na colheita) muito difícil.

A boa distribuição de chuvas da região (WREGGE et al., 2011) evita maiores problemas com o  $\Delta H$ , embora estes estejam presentes com grau moderado/forte a forte, dependendo da combinação de relevo e profundidade efetiva do solo nas unidades de mapeamento CHa5, RRh6, RRh7, RLh3, RLh4, RLh5 e RLh6.

O melhoramento do  $\Delta M$  ameniza, mas não exclui os problemas de manejo nas terras com a combinação de relevo dissecado, solo pouco profundo a raso e, nos Neossolos, presença de pedregosidade e rochiosidade. Além disso, a textura predominante, muito argilosa, dificulta os trabalhos de preparo do solo e gera maiores riscos de compactação (FOX, 2000). Um solo com predominância da fração argila apresenta menor número de dias com a umidade do solo abaixo da umidade ótima de compactação, relativamente a um solo mais arenoso (MILDE et al., 2010). Isso aumenta a chance de ocorrer tráfego de máquinas, principalmente das operações de colheita, em uma faixa de umidade do solo que gere compactação (HAMZA et al. 2011).

O  $\Delta E$  é bastante relevante na área de estudo, alcançando o grau de limitação muito forte em seis unidades de mapeamento (CHaf8, CHa5, RRh6, RRh7, RLh5 e RLh6). Porém, o peso do  $\Delta E$  como fator restritivo ao cultivo de pinus (Tabelas 7 e 8) é muito baixo.

O  $\Delta N$  alcança grau que pode ser restritivo para várias unidades de mapeamento de solos. São doze unidades de mapeamento com  $\Delta N$  forte e duas com  $\Delta N$  forte/muito forte (Tabela 10). A precipitação da região, bem mais elevada que a evapotranspiração, gera alta lixiviação (RESENDE et al., 1988) e ajuda a explicar o porquê de todos os solos de todas as unidades de mapeamento apresentarem caráter álico desde a superfície (dados não mostrados). No modelo que desconsidera a resposta do pinus à adubação (Tabela 7), por mais forte que seja o  $\Delta N$ , sua importância é irrelevante. Mesmo no modelo que considera que o cultivo de pinus é sensível ao  $\Delta N$  (Tabela 8), o peso do fator não é muito grande. Para o pior  $\Delta N$  (forte/muito forte), a pior classe de unidade de manejo que pode ser alcançada é a marginal superior.



**Tabela 10.** Algumas características e graus de limitação das terras para pinus, primeiro componente das unidades de mapeamento de solos.

**Table 10.** Some characteristics and the land limitation degree for pine, first component of soil map units.

Unidade de mapeamento	Subgrupo	Relevo <sup>2</sup>	Substrato <sup>3</sup>	ΔN <sup>4</sup>	ΔH	ΔO	ΔE	ΔM com melhoramento <sup>5</sup>	Área ha	%
LBdf1	típico	p-s	ba/rin	M/F	N/L	N	L	Na	16,02	1,1
LBdf3	típico	o	ba/rin	F	L	N	L/M	N/La	22,87	1,5
NBdf1	cambissólico	p-s	ba/rin	M/F	N/L	N/L	L	Na	50,54	3,4
NBdf2	cambissólico	o	ba/rin	F	L	N	L/M	N/La	252,72	16,8
NBdf3	cambissólico	o	ba/rin	F	L	N	L/M	N/La	84,64	5,6
NBdf5	cambissólico	f-o	ba/rin	F	L/M	N	M/F	La	2,90	0,2
NBdf6	cambissólico	f	ba/rin	F	L/M	N	M/F	La	7,85	0,5
NBa1	cambissólico	p-s	aci/rin	F	N/L	N/L	L	Na	16,12	1,1
NBa2	cambissólico	o	aci/rin	F/MF	L	N	L/M	N/La	88,10	5,8
NBa3	cambissólico	f	aci/rin	F/MF	L/M	N/L	M/F	La	2,76	0,2
CHaf1	gleissólico	p-s	ba/rin	M	N	M	N	L/Mb	16,00	1,1
CHaf2	latossólico	p-s	ba/rin	M	N/L	L	L	Na	8,93	0,6
CHaf3	saprolítico	p-s	ba/rin	M/F	N/L	L	L	Na	20,27	1,3
CHaf5	saprolítico	o	ba/rin	M/F	L	N/L	L/M	N/La	171,09	11,4
CHaf6	léptico	o	ba/rin	M/F	L/M	N/L	M	L/Mb	1,33	0,1
CHaf7	saprolítico	f	ba/rin	M/F	L/M	N/L	F	La	6,37	0,4
CHaf8	léptico	f	ba/rin	M/F	M/F	N/L	MF	M/Fb	3,49	0,2
CHa1	gleissólico	p-s	aci/rin	M/F	N	M	N	L/Mb	45,30	3,0
CHa2	típico	p-s	aci/rin	M/F	N/L	L	L	Na	1,27	0,1
CHa3	saprolítico	o	aci/rin	F	L	N/L	L/M	N/La	3,68	0,2
CHa4	léptico	o	aci/rin	F	L/M	N/L	M	L/Mb	20,29	1,3
CHa5	léptico	f	aci/rin	F	M/F	N/L	MF	M/Fb	3,55	0,2
RRh1	léptico	p-s	ba/aci	M	L/M	L	L/M	Mb	30,84	2,0
RRh2	típico	p-s	aci/rin	M/F	L/M	L	L/M	Mb	9,53	0,6
RRh3	típico	o	ba/aci	M	M	N/L	M	Mb	4,17	0,3
RRh4	léptico	o	ba/aci	M/F	M	N/L	M	Mb	113,45	7,5
RRh5	léptico	o	aci/rin	F	M	N/L	M	Mb	48,35	3,2
RRh6	léptico	f-m	ba/aci	M/F	F	N/L	MF	Fb	77,84	5,2
RRh7	léptico	f-m	aci/rin	F	F	N/L	MF	Fb	22,02	1,5
RLh1	fragmentário	p-s	ba/aci	M/F	M	L	L/M	M/Fb	21,29	1,4
RLh2	típico	p-s	aci/rin	M/F	M	L	L/M	M/Fb	13,38	0,9
RLh3	fragmentário	o	ba/aci	M/F	M/F	N/L	M	M/Fb	21,52	1,4
RLh4	típico	o	aci/rin	F	M/F	N/L	M	M/Fb	64,64	4,3
RLh5	fragmentário	f-m	ba/aci	M/F	F	N/L	MF	Fb	128,97	8,6
RLh6	típico	f-m	aci/rin	F	F	N/L	MF	Fb	41,71	2,8
GMal	organossólico	p	sed rec	M	N	F	N	Fb	63,20	4,2

<sup>1</sup>Classes do 1º e 2º nível hierárquico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS): LB – Latossolo Bruno, NB – Nitossolo Bruno, CH – Cambissolo Húmico, GM – Gleissolo Melânico, RL – Neossolo Litólico, RR – Neossolo Regolítico. Classe do 3o nível hierárquico do SiBCS: a – Alumínico, af – Aluminoférrico, al – Alítico, df – Distroférico, h – Húmico. A textura é predominantemente muito argilosa, variando até argilosa nas unidades de mapeamento NBdf3, NBdf6, NBa1, NBa2, NBa3, GMal e todas de Cambissolos e Neossolos.

<sup>2</sup>Classe de relevo: p – plano, s – suave ondulado, o – ondulado, f – forte ondulado, m – montanhoso.

<sup>3</sup>Litologia: ba – basalto, rin – rocha efusiva intermediária, aci – rocha efusiva ácida, sed rec – sedimentos recentes.

<sup>4</sup>Graus de limitação: N – nulo, L – ligeiro, M – moderado, F – forte, MF – muito forte.

<sup>5</sup>Classes de melhoramento: a - viável com práticas simples e de pequeno custo; b - classe de melhoramento viável com práticas intensivas e de custo considerável.

## Unidades de manejo para pinus

As terras dos dois locais apresentaram bom custo/benefício para o plantio industrial de pinus, alavancadas pela boa distribuição de chuvas ao longo do ano na região e pela excelente adaptação genética das espécies de pinus à forte ocorrência de geadas. A existência de terras da classe de unidade de manejo inapta para a atividade nas áreas de produção se restringiram as áreas de solos hidromórficos (Gleissolos e inclusões de Organossolos), perfazendo apenas 63,2 ha, ou 4% da área de produção (Tabelas 11 e 12 e Figuras 3 e 4).

**Tabela 11.** Unidades de manejo para pinus, considerando a hipótese da ausência de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$  para a produção de pinus na área estudada.

**Table 11.** Management units for pine, considering the hypothesis of non-response to  $\Delta N$  improvement for pine production in the study area.

Classe de unidade de manejo <sup>1</sup>	Local		Total ha	%	Unidades do mapeamento de solos que correspondem à unidade de manejo
	1	2			
AS-/s(>100)	76,01	37,12	113,14	7,5	LBdf1, NBdf1, NBa1, CHaf2, CHaf3 e CHa2
AI-/o(>100)	457,42	165,68	623,10	41,3	LBdf3, NBdf2, NBdf3, NBa2, CHaf5 e CHa3
AI-h/o(<100) <sup>2</sup>	1,33	20,29	21,63	1,4	CHaf6 e CHa4
MS-o/s(>100)	9,93	51,36	61,30	4,1	CHaf1 e CHa1
MS-/s(<75)	30,84	9,53	40,37	2,7	RRh1 e RRh2
MS-/s(<50) <sup>2</sup>	0,00	34,67	34,67	2,3	RLh1 e RLh2
MS-/o(<75) <sup>3</sup>	108,10	57,87	165,97	11,0	RRh3, RRh4 e RRh5
MS-h/o(<50) <sup>2</sup>	20,74	65,42	86,16	5,7	RLh3 e RLh4
MS-/f(>100)	6,37	13,50	19,87	1,3	NBdf5, NBdf6, NBa3 e CHaf7
MI-/f(<100)	0,00	7,04	7,04	0,5	CHaf8 e CHa5
MI-h/m(<75)	70,95	28,90	99,86	6,6	RRh6 e RRh7
MI-h/m(<50) <sup>2</sup>	121,65	49,03	170,68	11,3	RLh5 e RLh6
IN-o/p(>100)	0	63,2	63,20	4,2	GMal
Totais	903,36	603,64	1.507,00	100,0	

<sup>1</sup>Classes de unidade de manejo: AS – Apta superior, AI – Apta inferior, MS – Marginal superior, MI – marginal inferior, IN – Inapta. Subscritos à esquerda da fração são fatores limitantes importantes para aquelas faixas de terra: h – deficiência de água, o – deficiência de oxigênio/excesso de água. Subscritos à direita da fração é a classe de relevo mais declivosa das faixas de terra: p – plano, s – suave ondulado, o – ondulado, f – forte ondulado e m – montanhoso. Entre-parênteses é a profundidade efetiva do solo predominante: > 100 - > 100 cm, < 100 – entre 100 e 75 cm, < 75 - entre 75 e 50 cm, < 50 - < 50 cm.

<sup>2</sup>Representa que a classe possui, em menor quantidade, terras de menor potencial.

<sup>3</sup>Representa que a classe possui, em menor quantidade, terras de maior potencial.

**Tabela 12.** Unidades de manejo para pinus, considerando a hipótese da resposta ao melhoramento do  $\Delta N$  para a sua produção na área estudada.

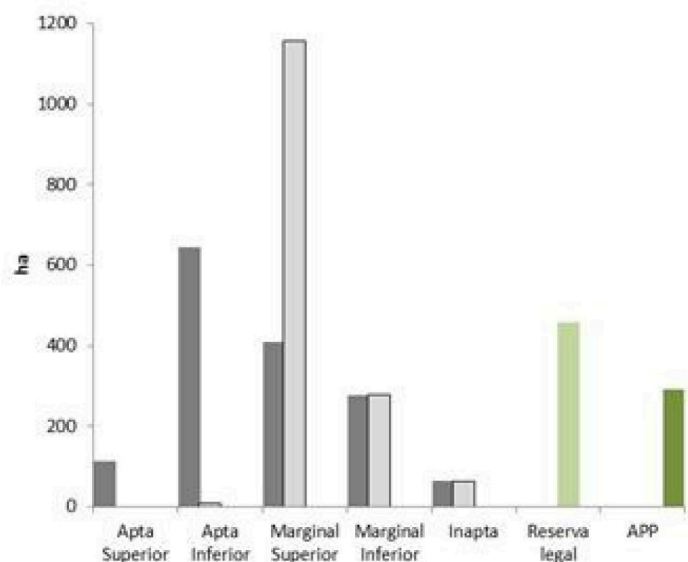
**Table 12.** Management units for pine, considering the hypothesis of response to  $\Delta N$  improvement for pine production in the study area.

Classe de unidade de manejo <sup>1</sup>	Local		Total ha	%	Unidades do mapeamento de solos que correspondem à unidade de manejo
	1	2			
AI-f/s(>100)	2,58	6,35	8,93	0,6	CHaf2
MS-f/s(>100)	73,43	30,78	104,21	6,9	LBdf1, NBdf1, NBa1, CHaf3, CHa2
MS-fo/s(>100)	0	45,30	45,30	3,0	CHa1
MS-o/s(>100)	9,9	6,1	16,00	1,1	CHaf1
MS-/s(<75)	30,8	0	30,84	2,0	RRh1
MS-f/s(<75)	0	9,53	9,53	0,6	RRh2
MS-f/s(<50) <sup>2</sup>	0	34,67	34,67	2,3	RLh1, RLh2
MS-f/o(>100)	457,42	165,68	623,10	41,3	LBdf3, NBdf2, NBdf3, NBa2, CHaf5, CHa3
MS-f/o(<100)	1,33	20,29	21,63	1,4	CHaf6, CHa4
MS-/o(<75) <sup>3</sup>	4,17	0	4,17	0,3	RRh3
MS-f/o(<75)	103,93	57,87	161,80	10,7	RRh4, RRh5
MS-f/o(<50) <sup>2</sup>	20,74	65,42	86,16	5,7	RLh3, RLh4
MS-/f(>100)	6,37	13,50	19,87	1,3	NBdf5, NBdf6, NBa3, CHaf7
MI-/f(<100)	0	3,49	3,49	0,2	CHaf8
MI-f/f(<100)	0	3,55	3,55	0,2	CHa5
MI-fh/m(<75)	0	22,02	22,02	1,5	RRh7
MI-h/m(<75)	70,95	6,88	77,84	5,2	RRh6
MI-fh/m(<50) <sup>2</sup>	0	41,71	41,71	2,8	RLh6
MI-h/m(<50) <sup>2</sup>	121,65	7,32	128,97	8,6	RLh5
IN-o/p(>100)	0	63,20	63,20	4,2	GMal
Totais	903,36	603,64	1.507,00	100,0	

<sup>1</sup>Classes de unidade de manejo: AI – Apta inferior, MS – Marginal superior, MI – marginal inferior, IN – Inapta. Subscritos à esquerda da fração são fatores limitantes importantes para aquelas faixas de terra: f – deficiência de nutrientes, h – deficiência de água, o – deficiência de oxigênio/excesso de água. Subscritos à direita da fração é a classe de relevo mais declivosa das faixas de terra: p – plano, s – suave ondulado, o – ondulado, f – forte ondulado e m – montanhoso. Entre-parênteses é a profundidade efetiva do solo predominante: > 100 - > 100 cm, < 100 – entre 100 e 75 cm, < 75 - entre 75 e 50 cm, < 50 - < 50 cm.

<sup>2</sup>Representa que a classe possui, em menor quantidade, terras de menor potencial.

<sup>3</sup>Representa que a classe possui, em menor quantidade, terras de maior potencial.



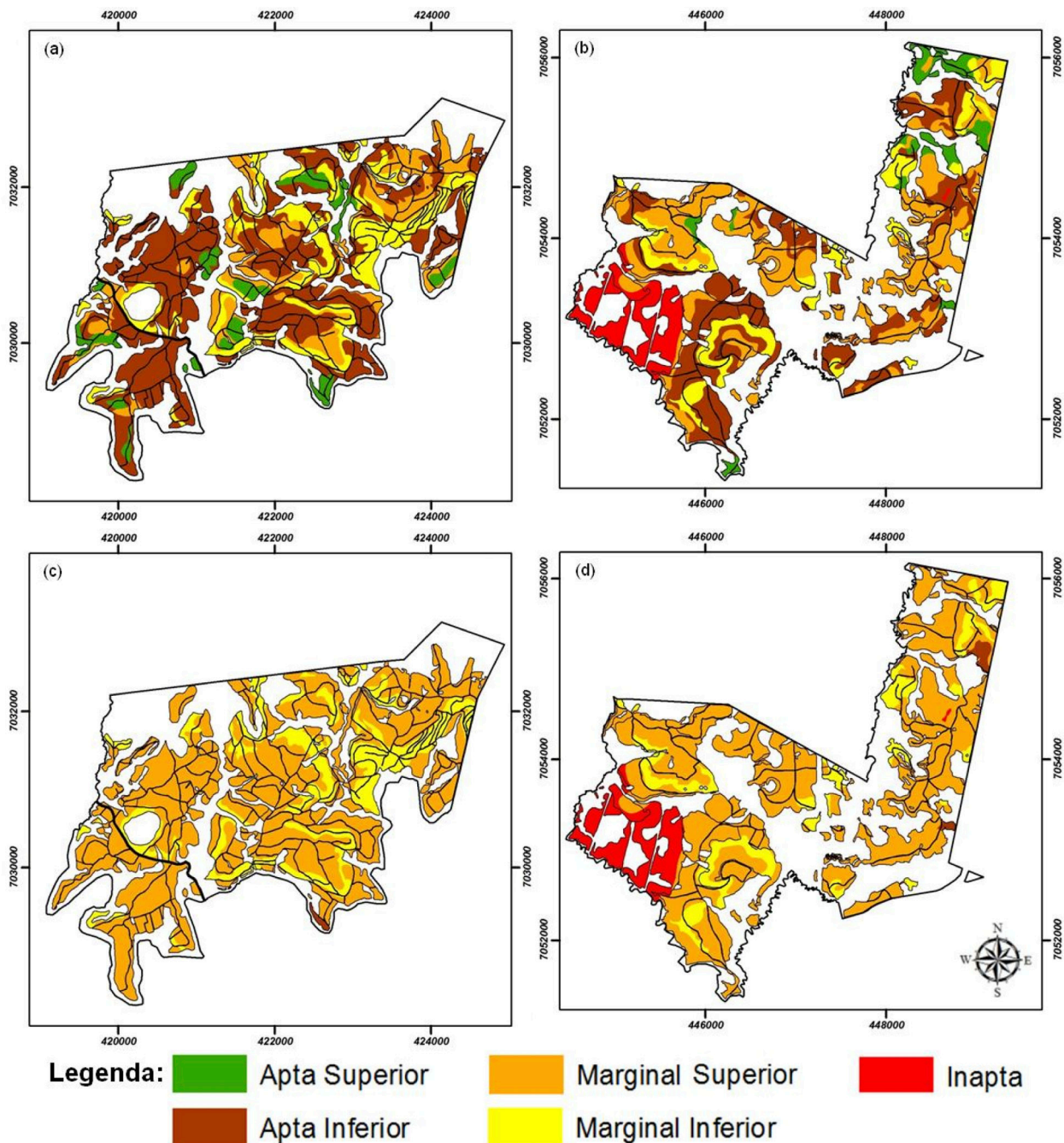
**Figura 3.** Distribuição (em ha) das classes de unidades de manejo para pinus (áreas de produção), da área de reserva legal (RL) e da área de preservação permanente (APP) das áreas de estudo. Barras em cinza escuro: sistema de manejo considerando ausência de resposta do pinus ao melhoramento do  $\Delta N$ ; barras em cinza claro: sistema de manejo considerando presença de resposta do pinus ao melhoramento do  $\Delta N$ .

**Figure 3.** Distribution of management unit classes for pinus (production areas), legal reserve area (RL) and permanent preservation areas (APP) of the study areas. Dark gray bars: management system considering the hypothesis of non-response to  $\Delta N$  improvement; Light gray bars: management system considering the hypothesis of response to  $\Delta N$  improvement.

Na atual realidade do cultivo de pinus na região, onde se desconsidera a resposta do cultivo de pinus ao melhoramento do  $\Delta N$ , as terras das classes de unidade de manejo apta superior e apta inferior somam 757,8 ha (mais de 50% da área de produção, Tabela 11 e Figuras 4a e 4b).

Tendo em vista a hipótese de resposta positiva da produção de pinus ao melhoramento do  $\Delta N$  (e que no sistema de produção idealizado e predominante na região esse melhoramento não é realizado), parte das terras migraram das classes apta superior e apta inferior para a classe marginal superior (Figura 3). O modelo alteraria para baixo o teto de produtividade nas terras de 14 unidades de mapeamento de solos, considerando a ausência de reposição de nutrientes do sistema de produção de pinus. A unidade de mapeamento CHaf2 saiu da classe apta superior para apta inferior. Saindo de subclasses apta superior para subclasses marginal superior foram 5 unidades de mapeamento de solos (LBdf1, NBdf1, NBa1, CHaf3 e CHa2) e saindo de subclasses apta inferior para subclasses marginal superior foram 8 unidades de mapeamento de solos (LBdf3, NBdf2, NBdf3, NBa2, CHaf5, CHaf6, CHa3 e CHa4).

A discussão sobre o custo/benefício do melhoramento do  $\Delta N$  na produção de pinus ocorre também em regiões produtoras tradicionais e envolve a dicotomia entre maior taxa de crescimento e pior qualidade de madeira (MÄKINEN et al., 2002). Esse custo/benefício pode ser profícuo, como o encontrado por Jaakkola et al. (2006) para florestas de pinus da Noruega. Além disso, a dicotomia entre crescimento e qualidade da madeira é muito influenciada por outras práticas de manejo, mas principalmente pela idade de corte da árvore (CAO et al., 2008). De qualquer forma, deve-se considerar que a baixa fertilidade natural dos solos locais (todos álicos) aumenta a chance de resposta à adição de nutrientes dos plantios florestais (CAO et al., 2008). No universo estudado, pode-se ainda conjecturar que as terras mais conservadoras de água e nutrientes apresentam uma maior chance de resposta a esse melhoramento do  $\Delta N$ . São essas as terras das unidades de mapeamento de solos que aliam fases de relevo mais suave (principalmente plano a suave ondulado) e um maior desenvolvimento do solo (classes de solo Latossolo, Nitossolo e os Cambissolos intermediários para as duas classes citadas).



**Figura 4.** Mapas de classes de unidades de manejo para pinus, áreas de produção dos locais 1 [(a) e (c)] e 2 [(b) e (d)]: (a) e (b) sistema de manejo considerando a hipótese da ausência de resposta ao melhoramento do  $\Delta N$ ; (c) e (d) sistema de manejo considerando a hipótese da resposta positiva ao melhoramento do  $\Delta N$ .

**Figure 4.** Maps of management unit classes for pinus (production areas), sites 1 [(a) e (c)] and 2 [(b) e (d)]: (a) and (b) management system considering the hypothesis of non-response to  $\Delta N$  improvement; (c) and (d) management system considering the hypothesis of response to  $\Delta N$  improvement.

## CONCLUSÕES

O mapeamento de solos semi-detalhado das áreas de produção identificou áreas mapeáveis associadas às classes de solos, em nível de ordem, Latossolos, Nitossolos, Cambissolos, Neossolos e Gleissolos. Essas cinco ordens geraram 36 unidades de mapeamento de solos.

As limitações associadas aos atributos profundidade efetiva, relevo e presença de pedregosidade/rochiosidade fizeram dos impedimentos ao manejo o fator de limitação mais importante para o cultivo de pinus das áreas mapeadas.

Os quantitativos das classes de unidades de manejo para pinus das áreas de produção mapeadas dependeram de se considerar ou não a hipótese de resposta ao melhoramento da deficiência de nutrientes/fertilidade ( $\Delta N$ ) no sistema de manejo em uso na região. Ao se considerar a hipótese de

uma resposta positiva ao melhoramento de  $\Delta N$  para a produção de pinus e que o atual sistema de manejo não faz esse melhoramento, ocorre uma piora dos resultados, com muitas terras migrando das classes de unidades de manejo Apta (superior e inferior) para a classe Marginal superior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNEMA, J.; CAMARGO, M. N. **Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros: subsídio à VI reunião técnica de levantamento de solos.** Rio de Janeiro: DPEA/DPFS, 1964. 45 p.

CAO, T.; VALSTA, L.; HÄRKÖNEN, S.; SARANPÄÄ, P.; MÄKELÄ, A. Effects of thinning and fertilization on wood properties and economic returns for Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 256, n. 6, p. 1280-1289, 2008.

CARVALHO FILHO, A.; CURTI, N.; FONSECA, S. **Avaliação informatizada e validada da aptidão silvicultural das terras dos tabuleiros costeiros brasileiros para Eucalipto.** Lavras: Editora UFLA, 2013. 138 p.

CIT, E. J. **Qualidades da folha de polpa kraft em diferentes proporções de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* M.** 2007. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

COSTA, A. M.; CURTI, N.; ARAÚJO, E. F.; MARQUES, J. J.; MENEZES, M. D. Unidades de manejo para o cultivo de eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 465-473, 2009.

CURTI, N.; KER, J. C. **Levantamento pedológico de áreas da Aracruz Celulose S.A. nos estados da Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais e sua interpretação para o cultivo de eucalipto e para o ambiente em geral.** Lavras: UFLA, 2004. 105 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos do Estado de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA E EXTENSÃO AGROPECUÁRIA DE SANTA CATARINA. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis, 1999. CD-ROM.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; REISSMANN, C. B.; BELLOTE, A. F. J.; MARQUES, R. **Nutrição de pinus no sul do Brasil: diagnóstico e prioridades de pesquisa.** Colombo: EMBRAPA Florestas, 2001. 23 p. (Documentos, 60).

FOX, T. R. Sustained productivity in intensively managed forest plantations. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 138, n. 1-3, p. 187-202, 2000.

GOMES, J. B. V.; CURTI, N. **Proposição de redefinição das unidades de manejo da Aracruz Celulose S.A.** Lavras: DCS-UFLA, 2001, 12 p.

GOMES, J. B. V.; LUMBRERAS, J. F.; OLIVEIRA, R. P.; BHERING, S. B.; ZARONI, M. J.; ANDRADE, A. G.; CALDERANO, S. B. Aptidão para reflorestamento das sub-bacias dos canais do Mangue e do Cunha, município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2005.

HAMZA, M. A.; AL-ADAWI, S. S.; AL-HINAI, K. A. Effect of combined soil water and external load on soil compactation. *Soil Research*, Collingwood, v. 49, n. 2, p. 135-142, 2011.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Ibá 2014**. São Paulo e Brasília: Indústria Brasileira de Árvores, 2014. 97 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil 1:5.000.000**. 3 .ed. Brasília, 2004.

JAAKKOLA, T.; MÄKINEN, H.; SARANPÄÄ, P. Wood density of Norway spruce: Responses to timing and intensity of first commercial thinning and fertilisation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 237, n. 1-3, p. 513-521, 2006.

MÄKINEN, H.; SARANPÄÄ, P.; LINDER, S. Wood-density variation of Norway spruce in relation to nutrient optimization and fibre dimensions. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 32, n. 2, p. 185-194, 2002.

MILDE, G. A.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Unidades de colheita: estratégias para evitar a compactação dos solos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p.1075-1083, 2010.

MUNIZ, P. J. C.; BALDANZI, G.; PÉLLICO NETTO, S. Ensaio de adubação em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 5-13, 1975.

PERROTTA et al. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**. Folha SG.22. Curitiba-Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

RAMALHO F, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Piracicaba: MEC/ESAL/POTAFÓS, 1988. 83 p.

SANTA CATARINA. Departamento de Geografia e Cartografia. **Atlas geográfico de Santa Catarina**. Florianópolis. 1958.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6.ed. Viçosa: SBCS, 2013. 100 p.

SCHEIBE, L. F. **A geologia de Santa Catarina - sinopse provisória**. Geosul, Florianópolis, 1986. v. 1, p. 7-38.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; STORCK, L.; WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 199-206, 2005.

WREGE, M. S.; STENMETZ, S.; REISSER JR., C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da região sul do Brasil. Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado – Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

Recebido em 03/11/2014

Aceito para publicação em 12/08/2015