

4

Aptidão das terras para o cultivo de eucalipto metodologia e aplicação nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina¹

*João Bosco Vasconcellos Gomes
Marcos da Silva Wrege
Itamar Antonio Bognola
Wilson Anderson Holler
Antonio Francisco Jurado Bellote
Paulo Eduardo Telles dos Santos
Guilherme de Castro Andrade
Márcia Toffani Simão Soares
Shizuo Maeda
Edilson Batista Oliveira*

¹ Arquivo do mapa de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218094/1/Bioeste-A1-BP3-Palotina-Aptidao.pdf>>

Introdução

Os municípios formadores da Bacia do Paraná 3 (BP3), mais o município de Palotina, totalizam 14.696,85 km² e correspondem à região de atuação do projeto Bioeste Florestas, uma parceria Embrapa - Itaipu Binacional – CIBiogás, que tem como foco principal a cadeia produtiva de biomassa florestal (eucalipto) nessa região. Algumas ações envolvendo ensaios de práticas silviculturais extrapolam os limites físicos desses municípios, com parcelas experimentais instaladas em terras limítrofes a esse perímetro, no esforço de realizar testes em condições ambientais de solos e clima que abrangem a diversidade regional.

Predominam na região terras de ótimo potencial para o cultivo de grãos (Zanão; Medeiros, 2015), aspecto que é conhecido e aproveitado por empresas agrícolas, cooperativas e produtores locais. Entretanto, a própria cadeia produtiva de grãos e as cadeias associadas (produção de suínos e aves e diversos tipos de agroindústrias) necessitam, em diferentes momentos, da energia advinda da biomassa florestal. Secagem de grãos e aquecimento de caldeiras e granjas são demandas constantes, sendo as cooperativas, seus cooperados e as agroindústrias da região os grandes consumidores dessa biomassa.

A cadeia produtiva de biomassa florestal na região, embora importante, sofre os reveses da ausência de planejamento. Períodos de excesso e carência da oferta dessa biomassa se mesclam ao longo do tempo, gerando insegurança para todos os participantes do processo (produtores e consumidores), lembrando que os custos de frete rodoviário tendem a inviabilizar o transporte à medida que a distância aumenta entre os locais de produção e de consumo da biomassa para a produção de energia. Espacializar o potencial das terras da região para o cultivo do eucalipto é um dos pré-requisitos para se alcançar um estudo de logística geoespacial da cadeia produtiva de biomassa florestal na região.

Interpretações de mapeamentos de solos que procuram definir o potencial de uso agrícola das terras de determinada área, sempre complementados por informações climáticas, são muito comuns. Essas metodologias utilizam classificações técnicas tradicionais ou, por vezes, criam seus próprios parâmetros. A classificação mais utilizada no Brasil é o sistema conhecido como FAO/Brasileiro de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, cujos critérios metodológicos foram estabelecidos por Bennema e Camargo (1964), sendo posteriormente atualizados (Ramalho; Beek, 1995). Para estudos mais detalhados e áreas mais pontuais também é bastante utilizado o Sistema de Capacidade de Uso das Terras (Lepsch et al., 1991).

O número de trabalhos com metodologias de aptidão das terras específicas para o cultivo florestal vem aumentando ao longo do tempo (Gomes et al., 2005, 2016; Costa et al., 2009; Carvalho et al., 2013) e são reflexo da valorização que o uso das informações de solos e clima apresenta nas ações de planejamento de plantio e no operacional da silvicultura. O potencial de uso das terras, quando realizado para um tipo de cultivo específico, no caso o eucalipto, deve levar em consideração exigências ecofisiológicas do material genético, seja espécie, cultivar ou clone, que necessariamente trazem para os polígonos do mapa de solos qualificações advindas de um zoneamento climático. Isso é mais importante quanto maior a área de abrangência do estudo, tornando mais comuns variações climáticas entre polígonos de solos mais distantes.

Plantios florestais, de forma geral, suportam terras com restrições bem mais fortes que aquelas requeridas para o plantio de grãos e outros cultivos de espécies anuais. Os solos florestais podem ser, até certo

ponto, declivosos, ácidos, rochosos, esqueléticos e até mesmo de difícil acesso (Miller; Donahue, 1992). O baixo número de intervenções ao longo do ciclo, o tamanho do ciclo (aproximadamente sete anos) e a flexibilidade do momento de colheita, entre outros aspectos, ajudam a explicar porque uma interpretação para fins de cultivo florestal, mais do que desqualificar, deve informar mediante suas classes de aptidão o gradiente de risco que um polígono de terras representa para a atividade.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto, considerando particularidades de oferta ambiental e de sistemas de produção regionais e utilizando essa metodologia para interpretar informações básicas de solos e clima já existentes (Bognola et al., 2020; Wrege et al., 2020), gerando o mapa de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da BP3 e Palotina. A escala de trabalho utilizada, 1:250.000, condiz com uma precisão de distinção ambiental coerente com o planejamento regional. Características gerais da região são apresentadas por Gomes et al. (2020).

Metodologia

Sistema de manejo para o cultivo de eucalipto na região

O cultivo de eucalipto na região apresenta um conjunto de intervenções que caracterizam, de forma mais ampla, um nível tecnológico desenvolvido para moderado. Dependendo da escala do plantio, do tipo de produtor (empresa, cooperativa, pequeno proprietário etc.) e do tipo de solo e paisagem, esse nível tecnológico pode ser alterado, importando em maior ou menor aplicação de capital no uso dos insumos envolvidos na silvicultura do eucalipto. A maioria absoluta dos plantios tem finalidade energética e é de responsabilidade das próprias empresas e cooperativas que demandam essa biomassa para energia. Os maciços não são muito extensos, com áreas contíguas de plantio podendo alcançar, no máximo, algumas centenas de hectares, sendo que estes constituem exceções. Pequenos talhões, menores até que 1 ha, podem ser vistos em áreas de menor potencial, geralmente em solos mais rasos e não mecanizáveis de pequenos produtores. Dessa forma, o nível tecnológico predominante envolve uma boa dose de insumos, mas não é comparável às áreas de tradição florestal, que apresentam quantitativos das suas áreas de plantio de eucalipto que ultrapassam muito o total da região oeste do Paraná.

As características apresentadas a seguir dizem respeito às áreas de reforma, que são mais comuns e também de manejo mais complexo. O acréscimo de novas áreas, geralmente substituindo cultivos anuais ou pastagens, ocorre bem mais raramente. Diversas variações podem ocorrer, mas o descrito fornece uma boa ideia do processo predominante de cultivo do eucalipto na região:

- Limpeza da área: coleta de galhos grossos com potencial para a produção de cavaco, que se desprenderam durante o arraste das árvores. É comum a passagem de grade de disco para quebrar um pouco o acúmulo de galhos finos deixados no campo.
- Controle de mato-competição antes do plantio: herbicida sistêmico dessecante e pré-emergente.
- Calagem: até 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico.

- Preparo do solo e adubação de plantio: subsolagem e adubação fosfatada em uma mesma operação realizada com trator de pneus. Resíduos orgânicos podem também ser utilizados, provenientes de granjas e podem ser líquidos ou secos, espalhados por tanques ou espalhadores de calcário.
- Principais materiais plantados: clone AEC 144 (ou I-144) é o predominante, vindo a seguir os clones H-13, Super clone (1528), GG-100 e outros. Parte dos plantios com material seminal.
- Espaçamento de plantio: a tendência atual é de 3 m x 2 m. As áreas de reforma perpetuam espaçamentos um pouco menores, em função dos tocos remanescentes dos plantios anteriores, que dificultam novos espaçamentos.
- Plantio das mudas no campo: manual com uso de matraca (plantadeira de mudas em tubetes). Procura-se evitar os meses de maior estiagem (junho e julho) e também os meses muito quentes com chance de ocorrência de veranicos (dezembro, janeiro e fevereiro). Sítios da região com maior probabilidade de geadas também influenciam as épocas de plantio.
- Replantio: realizado quando o percentual de falhas ultrapassa 5% ou as falhas se concentram em uma determinada faixa do talhão.
- Controle de mato-competição após o plantio: aplicação de herbicida pós-emergente 30 dias após o plantio. Até aproximadamente 2-3 anos de idade do plantio, capinas mecânicas com o foco nas plantas prejudiciais ao desenvolvimento do eucalipto.
- Controle de formigas: antes e após o plantio, pela aplicação de iscas.
- Adubação de cobertura: aproximadamente quatro meses após o plantio, sobre o solo e circulando a muda ou ao lado da muda, por matraca tradicional.
- Controle de pragas e doenças: tratamentos pontuais, quando necessário.
- Colheita: cabeçote feller de tesoura acoplada a uma máquina pá carregadeira, fazendo o empilhamento de até sete árvores para, depois, um mini-skidder arrastar o material até local de embarque ou de picador móvel para a produção de cavacos. Uso de motosserra para o corte de árvores em locais com dificuldades para o tráfego de máquinas de colheita.
- Idade do plantio para colheita (corte raso): preferencialmente aos sete anos de idade, variando para mais ou para menos, conforme a necessidade.

Sítios com solos muito rasos, pedregosos, rochosos e declivosos alteram muito esse sistema de manejo em vários momentos, como nas práticas de preparo do solo, adubação e colheita.

Classes de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto

Cada classe de aptidão das terras deve, idealmente, agrupar as faixas de terra (unidades de mapeamento de solos com uma determinada oferta climática) que exijam práticas de manejo similares e que tenham expectativas de produtividade do eucalipto também similares, buscando sempre um melhor custo/benefício para o empreendimento como um todo.

Cada polígono do mapa de solos (Bognola et al., 2020) foi associado a uma base de dados, que permitiu a definição dos graus de limitação das terras para o cultivo do eucalipto. Essa base de dados possui os

atributos de cada unidade de mapeamento de solos, incluindo a qualificação da retenção de água dessas unidades que, mesclado com atributos de clima, permitiu a geração do balanço hídrico dos diferentes polígonos do mapa de solos.

Graus de limitação exclusivamente pedológicos

Os graus de limitação deficiência de nutrientes/fertilidade (ΔN), deficiência de oxigênio/excesso de água (ΔO), suscetibilidade à erosão (ΔE) e impedimentos ao manejo (ΔM) (Tabelas 1, 2, 3 e 4) apresentam regras que utilizam atributos e fases disponíveis na legenda do mapa de solos, para cada uma das unidades de mapeamento existentes, incluindo atributos de terreno (relevo).

Na definição do ΔN do universo de estudo (Tabela 1), a maior diferença se relaciona com a maior quantidade de nutrientes como elementos traço nas rochas eruptivas básicas (Resende et al., 2019) relativamente ao arenito. Isso é particularmente importante em um cultivo florestal, no caso com um ciclo aproximado de sete anos. Além disso, os solos desenvolvidos a partir das rochas eruptivas básicas possuem variações de saturação de bases, ocorrendo solos eutróficos e distróficos, e de atividade da fração argila (da sua capacidade de troca catiônica) que se relaciona, em boa parte, com o grau de desenvolvimento dos solos de cada local.

Tabela 1. Definição do grau de limitação por deficiência de nutrientes (fertilidade) - ΔN .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Classe de solo	Substrato	Saturação por bases e alumínio	Textura do solo
Moderado	Gleissolo - Organossolo - Argissolo	Sedimentos	-	-
Moderado/forte 1	Neossolo	Rocha básica	Eutrófico	Argilosa - muito argilosa
Moderado/forte 2	Latossolo - Nitossolo	Rocha básica	Eutrófico	Muito argilosa
Forte 1	Latossolo	Rocha básica - arenito	Eutrófico	Argilosa - média/ argilosa
Forte 2	Latossolo - Nitossolo	rocha básica	Distrófico	Muito argilosa
Forte/muito forte	Latossolo - Argissolo	Arenito	Eutrófico	Média - arenosa/média
Muito forte	Latossolo - Argissolo	Arenito	Distrófico	Média - arenosa/média

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 2. Definição do grau de limitação por excesso de água/deficiência de oxigênio - ΔO .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Drenagem	Classe de solo	Relevo (mais suave)
Nulo	Fortemente - bem	Latossolo - Nitossolo - Argissolo	Plano
Nulo/Ligeiro 1	Bem - moderadamente	Nitossolo - Argissolo	Plano
Nulo/Ligeiro 2	Bem - moderadamente	Neossolo	Suave ondulado
Muito Forte	Mal – muito mal	Gleissolo - Organossolo	Plano

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 3. Definição do grau de limitação por suscetibilidade à erosão - ΔE .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Relevo mais crítico	Classe de solo	Textura
Nulo 1	Suave ondulado	Organossolo - Gleissolo	-
Nulo 2	Plano	Latossolo - Nitossolo	Argilosa - muito argilosa
Ligeiro	Suave ondulado	Latossolo - Nitossolo	Argilosa - muito argilosa
Ligeiro/moderado	Suave ondulado	Latossolo - Argissolo	Média/argilosa - média - arenosa/média
Moderado	Ondulado	Nitossolo	Muito argilosa
Moderado/forte 1	Ondulado	Argissolo	Arenosa/média
Moderado/forte 2	Ondulado	Latossolo - Nitossolo	Muito argilosa
Forte	Forte ondulado	Nitossolo	Muito argilosa
Forte/Muito forte	Forte ondulado	Neossolo	Argilosa - muito argilosa

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 4. Definição do grau de limitação por impedimentos ao manejo - ΔM .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Relevo	Drenagem	Pedregosidade/ rochiosidade	Textura	Classe de solo
Nulo	Plano, suave ondulado	Extremamente a bem drenado	Ausente	Arenosa - média	Latossolo - Argissolo
Nulo/ligeiro	Plano, suave ondulado	Extremamente a bem drenado	Ausente	Argilosa	Latossolo - Argissolo
Ligeiro 1	Plano, suave ondulado	Bem a moderadamente drenado	Ausente	Arenosa - média - argilosa	Argissolo
Ligeiro 2	Plano, suave ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Muito argilosa	Latossolo - Nitossolo
Moderado	Ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Arenosa - média	Latossolo - Argissolo
Moderado/forte	Ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Argilosa - muito argilosa	Latossolo - Nitossolo
Forte	Forte ondulado	Extremamente a moderadamente drenado	Ausente	Argilosa - muito argilosa	Latossolo - Nitossolo
Forte/muito forte	Forte ondulado, montanhoso	Extremamente a moderadamente drenado	Presente	Média - argilosa - muito argilosa	Neossolo Litólico - Neossolo Regolítico
Muito forte	Plano - suave ondulado	Mal a muito mal drenado	Ausente	-	Gleissolo - Organossolo

⁽¹⁾ Os graus de limitação foram definidos pelo universo existente nas unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Bognola et al. (2020).

Graus de limitação sob influência de atributos climáticos

A base de dados e procedimentos de mapeamento climáticos foram descritas por Wrege et al. (2020).

Risco de ocorrência de geada (ΔG)

O risco de geada (ΔG), que é um grau de limitação exclusivamente climático, de cada polígono do mapa de solos se originou do ΔG da estação meteorológica com maior influência nas terras desse

mesmo polígono. Para isso, utilizou-se da geração de polígonos de Thiessen, também conhecidos como diagramas de Voronoi, que estabeleceram a área de influência máxima de cada estação meteorológica nas terras de cada polígono do mapa de solos. A Tabela 5 define as classes de ΔG de cada polígono do mapa de solos.

Tabela 5. Definição do grau de limitação por risco de geada - ΔG .

Grau de limitação⁽¹⁾	Risco de geada
	%
Muito baixo	< 10
Baixo	≥ 10 e < 20
Moderado	≥ 20 e < 40
Alto	> 40

⁽¹⁾ As classes existentes referem-se a cada polígono do mapa de solos, independente da unidade de mapeamento de solos que ocorre no polígono.

O risco de geadas é o fator condicionante de maior impacto nas quebras de safras na região Sul do País. A geada chega a causar a mortalidade de plantas no campo. Potencializam essa ação deletéria nos anos mais frios, áreas de baixadas, terrenos voltados para a face sul e áreas expostas a corredores de ventos frios.

Deficiência de água (ΔH)

A deficiência de água (ΔH) é o grau de limitação de construção mais complexa, integrando o valor representativo da classe de capacidade de retenção de água até 2 m de profundidade (Tabela 6) das unidades de mapeamento de solos (Bognola et al., 2020) e os valores médios de temperatura, precipitação pluvial e, por conseguinte, evapotranspiração potencial de todos os decêndios ao longo do ano, em cada estação meteorológica (Wrege et al., 2020). Essa interação permitiu a construção de uma base de dados e o cálculo do balanço hídrico para todas as situações possíveis do universo estudado, considerando o déficit hídrico acumulado anual (disponível para dois períodos de crescimento, período de maior crescimento - setembro a abril - e período de menor crescimento - maio a agosto). Posteriormente, mediante a geração de polígonos de Thiessen, já utilizados para a definição do ΔG , estabeleceu-se a área de influência máxima de cada estação meteorológica, nas terras de cada polígono do mapa de solos. Nesse momento, foi possível definir os campos de déficit hídrico acumulado para cada polígono, com os resultados do balanço hídrico da estação associada a cada polígono e utilizando o valor de capacidade de água disponível (CAD), diferença entre a água armazenada nas tensões associadas à capacidade de campo e ao ponto de murchamento, representativa da unidade de mapeamento de solos a que pertence esse mesmo polígono, nos cálculos desses resultados. Os valores de déficit hídrico anual encontrados foram relativizados pelo menor valor de ocorrência do atributo entre todos os polígonos. De posse do valor de déficit hídrico anual relativizado de cada polígono do mapa de solos, definiu-se o ΔH conforme as classes da Tabela 7. Assim, para cada decêndio foi calculado o déficit hídrico acumulado (em mm) para os valores de CAD 15 mm, 70 mm, 100 mm, 150 mm e 180 mm, que são representativos das classes que ocorrem nas diferentes unidades de mapeamento de solos (Tabela 6). Todo o caminhar de cálculo e estimativas do balanço hídrico foram descritos por Wrege et al. (2020).

Tabela 6. Classes de capacidade de água disponível no solo até a profundidade de 2 m.

Classe	Limites de água disponível no solo até a profundidade de 2 m		
	Limite inferior	Limite superior	Valor representativo da classe
 mm		
Muito baixa	-	< 25,5	15
Baixa	25,5	< 100,5	70
Moderada	100,5	< 135,5	100
Suficiente	135,5	< 172,5	150
Ideal	172,5	-	180

Fonte: Bognola et al. (2020).

Tabela 7. Definição do grau de limitação por deficiência de água - ΔH .

Grau de limitação ⁽¹⁾	Déficit hídrico anual relativizado pelo menor valor encontrado para a região de estudo
Nulo	$\leq 3,6$
Nulo/ligeiro	$> 3,6$ e $\leq 4,2$
Ligeiro	$> 4,2$ e $\leq 6,5$
Moderado	$> 6,5$ e $\leq 8,5$
Forte	$> 8,5$

⁽¹⁾ As classes existentes referem-se a cada polígono do mapa de solos, independente da unidade de mapeamento de solos que ocorre no polígono.

Viabilidade de melhoramento dos graus de limitação

As Tabelas 8 e 9 apresentam a viabilidade de melhoramento dos graus de limitação ΔN e ΔM .

Tabela 8. Viabilidade de melhoramento dos desvios por deficiência de nutrientes (fertilidade) (ΔN).

ΔN antes do melhoramento	Classe de solo	Textura	Relevo mais forte da unidade	ΔN após o melhoramento
Moderado	Gleissolo, Organossolo, Argissolo	-	Suave ondulado	Nulo/ligeiro ⁽¹⁾
Moderado/forte	Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico	Média, argilosa, muito argilosa	Montanhoso	Ligeiro ⁽²⁾
Moderado/forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Suave ondulado	Nulo _b
Moderado/forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Ondulado	Nulo/ligeiro _b
Moderado/forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Forte ondulado	Ligeiro _b
Forte	Latossolo	Média, argilosa	Suave ondulado	Nulo/ligeiro _b
Forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Suave ondulado	Nulo/ligeiro _b
Forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Ondulado	Ligeiro _b
Forte	Latossolo, Nitossolo	Argilosa, muito argilosa	Forte ondulado	Ligeiro/moderado _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Suave ondulado	Ligeiro _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Ondulado	Ligeiro/moderado _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Forte ondulado	Moderado _b
Muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Suave ondulado	Ligeiro _b
Muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Ondulado	Ligeiro/moderado _b
Forte/muito forte	Latossolo, Argissolo	Arenosa/média, média	Forte ondulado	Moderado _b

⁽¹⁾ a - classe de melhoramento viável com práticas (adubações) simples e de médio custo.

⁽²⁾ b - classe de melhoramento viável com práticas (adubações) intensivas e de custo considerável.

Tabela 9. Viabilidade de melhoramento dos desvios por impedimentos ao manejo (ΔM).

ΔM antes do melhoramento	ΔM após o melhoramento
Nulo	Nulo ⁽¹⁾
Nulo/ligeiro	Nulo _b ⁽²⁾
Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
Moderado	Nulo/ligeiro _b
Moderado/forte	Ligeiro _b
Forte	Moderado _b
Forte/muito forte	Forte _b
Muito Forte	Forte/muito forte _b

⁽¹⁾ a - classe de melhoramento viável com práticas simples e de pequeno custo (subsolação pouco profunda).

⁽²⁾ b - classe de melhoramento viável com práticas intensivas e de custo considerável (além da subsolação, pode envolver retirada de pedregosidade/rochosidade e confecção de drenos de pequeno porte).

Classes e subclasses de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto

As regras que definem a classe de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto são apresentadas no quadro guia da Tabela 10, considerando o sistema de manejo e os graus de limitação descritos anteriormente.

Tabela 10. Guia da classificação das classes de aptidão das terras para cultivo de eucalipto no sistema de manejo com nível tecnológico empresarial regional. O grau de limitação colocado é o mais restritivo que cada fator pode alcançar para determinada classe de aptidão.

$\Delta N^{(1)}$ com melhoramento	$\Delta O^{(1)}$	$\Delta E^{(1)}$	$\Delta M^{(1)}$ com melhoramento	$\Delta H^{(1)}$	$\Delta G^{(1)}$	Classe de aptidão	
						Nome	Símbolo
Ligeiro _b	Ligeiro	Ligeiro/ moderado	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ ligeiro	Baixo	Apta Superior	AS
Ligeiro/ moderado _b	-	Moderado	Ligeiro _b	Ligeiro	Moderado	Apta Inferior	AI
-	-	Moderado/ forte	Moderado _b	Moderado	Alto	Regular Superior	RS
-	-	Forte	-	-	-	Regular Inferior	RI
-	-	Muito forte	Forte _b e solum > 50 cm ou material da rocha fragmentário	Forte	-	Marginal	MA
-	Muito forte	-	Forte _b e solum < 50 cm ou presença de lage contínua em profundidade < 75 cm	-	-	Inapta	IN

⁽¹⁾ ΔN – deficiência de nutrientes, ΔO – deficiência de oxigênio, ΔE – suscetibilidade à erosão, ΔM – impedimentos ao manejo, ΔH – deficiência de água e ΔG – risco de geada.

A Tabela 11 e a Figura 1 mostram a simbologia utilizada para apresentar as subclasses de cada faixa de terra.

Tabela 11. Código dos fatores limitantes que acompanham os símbolos das subclasses de aptidão das terras para cultivo de eucalipto, no sistema de manejo com nível tecnológico empresarial regional.

Fator de limitação	Grau do fator de limitação	Símbolo
Deficiência de nutrientes (ΔN)	Ligeiro/moderado	f
Deficiência de água (ΔH)	Ligeiro/moderado	h
Deficiência de oxigênio (ΔO)	Muito forte	o
Risco de geada (ΔG)	Moderado/alto	g
Textura	Arenosa/média	a/m
	Média	m
	Argilosa	r
	Muito argilosa	rr
	Indiscriminada	i
Classe de relevo	Plano a suave ondulado	p
	Suave ondulado a ondulado	s
	Ondulado a forte ondulado	o
	Forte ondulado a montanhoso	f
Profundidade do solum (cm)	<100	(<)

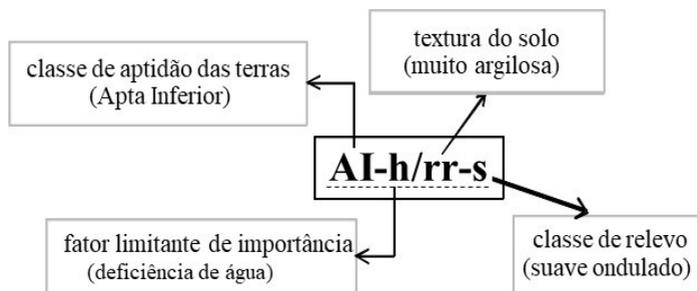


Figura 1. Exemplo do símbolo das subclasses de aptidão das terras para cultivo de eucalipto. Duas primeiras letras maiúsculas = classe de aptidão das terras; letras minúsculas antes da barra de fração = fatores de limitação de importância da faixa de terra; primeira letra minúscula após da barra de fração = classe de textura do solo; segunda letra minúscula após da barra de fração = classe de relevo da faixa de terra; se a profundidade efetiva do solo < 100 cm, aparece por último “(<)”. A simbologia dos fatores limitantes suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização não aparece, sendo inferida pelos atributos relevo, textura e profundidade do solum. Se o símbolo da subclasse aparece com sublinhado cheio ou tracejado, existem nas terras do polígono, respectivamente, faixas de terras com aptidão superior e inferior a classe preponderante.

Classes de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina

A Tabela 12 apresenta os graus dos fatores de limitação exclusivamente pedológicos (ΔN , ΔO , ΔE e ΔM) para todos os componentes das unidades de mapeamento de solos constantes em Bognola et al. (2020). Os fatores de limitação ΔH e ΔG , por possuírem influência de aspectos climáticos, variam entre os polígonos de uma mesma unidade de mapeamento de solos. A Tabela 13 apresenta as subclasses de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto que ocorrem no universo do estudo, com os quantitativos de área (em km²).

Tabela 12. Graus de limitação exclusivamente pedológicos dos componentes das unidades de mapeamento de solos dos municípios da BP3 e Palotina.

Código legenda	Símbolo classe componente ⁽¹⁾	Deficiência de nutrientes (ΔN com melhoramento)	Deficiência de oxigênio (ΔO)	Suscetibilidade à erosão (ΔE)	Impedimento à mecanização (ΔM com melhoramento)
PVd	PVd	Ligeiro/moderado _b	Nulo	Moderado/forte ¹	Nulo/ligeiro _b
PVe1	PVe	Ligeiro _b	Nulo	Ligeiro/moderado	Nulo _a
PVe2	PVe	Ligeiro/moderado _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/forte ¹	Nulo/ligeiro _b
GX1	GX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo ¹	Forte/muito forte _b
GX2	GX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo ¹	Forte/muito forte _b
GX2	PVe	Nulo/ligeiro _a	Nulo/ligeiro ¹	Ligeiro/moderado	Nulo/ligeiro _b
LVdf1	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVdf2	LVdf	Ligeiro _b	Nulo	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
LVdf3	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVdf4	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVdf4	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
LVdf5	LVdf	Ligeiro _b	Nulo	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
LVd	LVd	Ligeiro _b	Nulo	Ligeiro/moderado	Nulo _a
LVEf1	LVEf	Nulo _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVEf2	LVEf	Nulo _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
LVEf2	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado	Ligeiro _b
LVE1	LVE	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo _b
LVE2	LVE	Ligeiro _b	Nulo	Ligeiro/moderado	Nulo _a
RRe	RRe	Ligeiro _a	Nulo/ligeiro ²	Forte/muito forte	Forte _b + solum > 50cm
RRe	RLm	Ligeiro _a	Nulo/ligeiro ²	Forte/muito forte	Forte _b + solum < 50cm
RRe	NVEf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Forte	Moderado _b
NVdf1	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
NVdf2	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/Forte ²	Ligeiro _b
NVdf2	LVdf	Nulo/ligeiro _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
NVdf3	NVdf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado	Ligeiro _b
NVEf1	NVEf	Nulo _b	Nulo	Ligeiro	Nulo/ligeiro _b
NVEf2	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
NVEf3	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado	Ligeiro _b
NVEf4	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
NVEf5	NVEf	Nulo/ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Moderado/forte ²	Ligeiro _b
NVEf5	GX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo ¹	Forte/muito forte _b
NVEf6	NVEf	Ligeiro _b	Nulo/ligeiro ¹	Forte	Moderado _b
OX	OX	Nulo/ligeiro _a	Muito forte	Nulo ¹	Forte/muito forte _b

¹ Classes do 1º e 2º nível hierárquico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS): PV – Argissolo Vermelho, GX – Gleissolo Háptico, LV – Latossolo Vermelho, RL – Neossolo Litólico, RR – Neossolo Regolítico, NV – Nitossolo Vermelho, OX – Organossolo Háptico. Classe do 3º nível hierárquico do SiBCS: d – Distrófico, e – Eutrófico, df – Distroférico, ef – Eutroférico, m – Chernossólico.

Tabela 13. Símbolo, descrição e área (km²) das subclasses de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da BP3 e Palotina.

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
AS/r-s	Classe de aptidão apta superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água nula/ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura argilosa, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVe1	30,9
AS/rr-s	Classe de aptidão apta superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula a nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro, deficiência de água nula a nula/ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura muito argilosa, relevo suave ondulado (algum relevo ondulado), solum mais espesso que 100 cm	LVdf3, LVef1, LVef2, NVef1	2.152,0
AI h/a/m-s	Classe de aptidão apta inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura arenosa/média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVe1	64,2
AI h/m-s	Classe de aptidão apta inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água ligeira e risco de geada baixo, textura média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVd, LVe2	229,0
AI g/rr-s	Classe de aptidão apta inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula a nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão ligeira a moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro a ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada moderado, textura muito argilosa, relevo suave ondulado (algum relevo ondulado), solum mais espesso que 100 cm	LVdf1, LVdf3, LVdf4, LVef1, LVef2, NVef1, NVef3	2.535,3
RS fh/a/m-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira/moderada, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro, deficiência de água ligeira e risco de geada muito baixo, textura arenosa/média, relevo suave ondulado a ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVd	15,4
RS H/a/m-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água moderada e risco de geada baixo, textura arenosa/média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVe1	35,2

Continua...

Tabela 13. Continuação...

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
RS H/m-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula, suscetibilidade à erosão ligeira/moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo, deficiência de água moderada e risco de geada baixo, textura média, relevo suave ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVd, LVe2	67,5
RS G/rr-s	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula a ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão ligeira a moderada, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro a ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada alto, textura muito argilosa, relevo suave ondulado a ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVdf1, LVdf3, LVdf4, LVef1, NVdf3	787,5
RS fh/a/m-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira/moderada, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) nulo/ligeiro, deficiência de água ligeira e risco de geada muito baixo a baixo, textura arenosa/média, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	PVe2	48,5
RS /rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada muito baixo a baixo, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	NVef4	1.402,8
RS/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada muito baixo a baixo, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm . Existem terras com aptidão inferior à classe preponderante	NVef4	14,4
RS g/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira a ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula a nula/ligeira e risco de geada moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	LVdf2, LVdf5, NVdf1, NVef2, NVef4	2.197,0
RS_g/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula e risco de geada moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm . Existem terras com aptidão inferior (Classe Inapta por má drenagem do solo) à classe preponderante	NVef5	14,9

Continua...

Tabela 13. Continuação...

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
RS h/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água ligeira e risco de geada baixo, textura muito argilosa, relevo ondulado, solum mais espesso que 100 cm	NVef4	20,8
RS G/rr-o	Classe de aptidão regular superior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nulo/ligeira a ligeira, deficiência de oxigênio nula a nula/ligeira, suscetibilidade à erosão moderada/forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) ligeiro, deficiência de água nula a nula/ligeira e risco de geada alto, textura muito argilosa, relevo ondulado (pouco relevo suave ondulado), solum mais espesso que 100 cm	LVdf2, LVdf5, NVdf1, NVdf2, NVef2, NVef4	553,4
RI G/rr-o	Classe de aptidão regular inferior para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) moderado, deficiência de água nula e risco de geada alto, textura muito argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, solum mais espesso que 100 cm	NVef6	23,5
<u>MA h/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água ligeira e risco de geada baixo, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	514,4
<u>MA H/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água moderada a forte e risco de geada muito baixo a baixo, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	85,0
<u>MA HG/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água moderada e risco de geada alto, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	41,6
<u>MA hG/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água ligeira e risco de geada alto, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	387,1

Continua...

Tabela 13. Continuação...

Símbolo ⁽¹⁾	Descrição	Unidade de mapeamento	Área
<u>MA Hg/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água moderada a forte e risco de geada moderado, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	483,1
<u>MA hg/r-f(<)</u>	Classe de aptidão marginal para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) ligeira, deficiência de oxigênio nula/ligeira, suscetibilidade à erosão forte/muito forte, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte, deficiência de água ligeira e risco de geada moderado, textura argilosa pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, solum menos espesso que 100 cm (variações para < 50 cm e > 100 cm) . Existem terras com aptidão inferior e superior à classe preponderante	RRe	66,9
IN o/i-p	Classe de aptidão inapta para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio muito forte, suscetibilidade à erosão nula, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte/muito forte, textura indiscriminada, relevo plano	OX	9,8
<u>IN o/i-p</u>	Classe de aptidão inapta para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio muito forte, suscetibilidade à erosão nula, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte/muito forte, textura indiscriminada, relevo plano . Existem terras com aptidão superior à classe preponderante	GX2	5,9
IN o/r-p	Classe de aptidão inapta para o cultivo de eucalipto, formada por terras com limitações por deficiência de fertilidade (após melhoramento) nula/ligeira, deficiência de oxigênio muito forte, suscetibilidade à erosão nula, impedimentos ao manejo (após melhoramento) forte/muito forte, textura argilosa, relevo plano	GX1	103,9

⁽¹⁾ Símbolo da unidade de manejo com sublinhado tracejado indica que a classe possui, em menor quantidade, terras de menor potencial e símbolo da unidade de manejo com sublinhado contínuo representa que a classe possui, em menor quantidade, terras de maior potencial.

A Figura 2 mostra os quantitativos das classes de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto na área de estudo, incluindo as terras chamadas não produtivas, que reúnem áreas urbanas, espelhos de água, áreas de preservação oficiais e reservas indígenas.

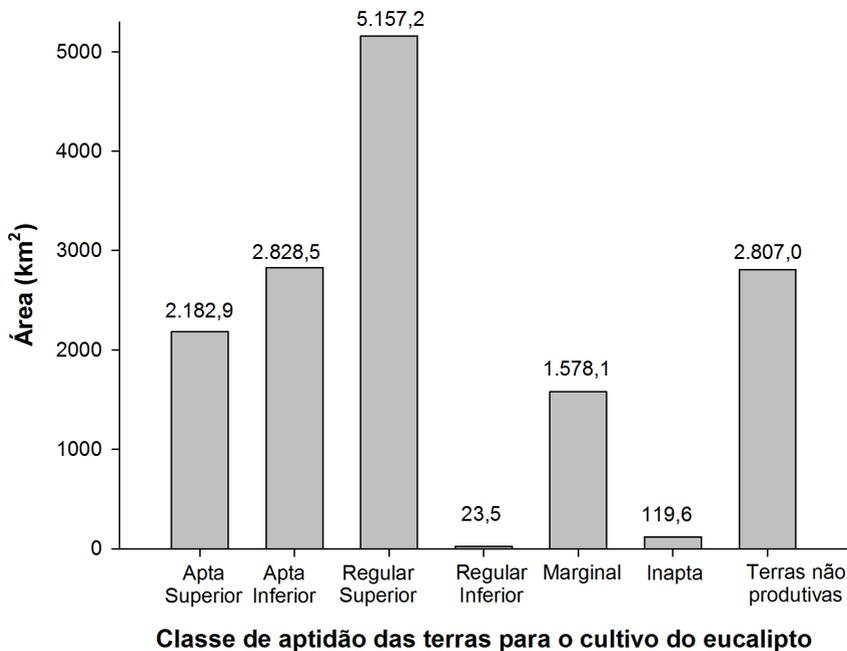


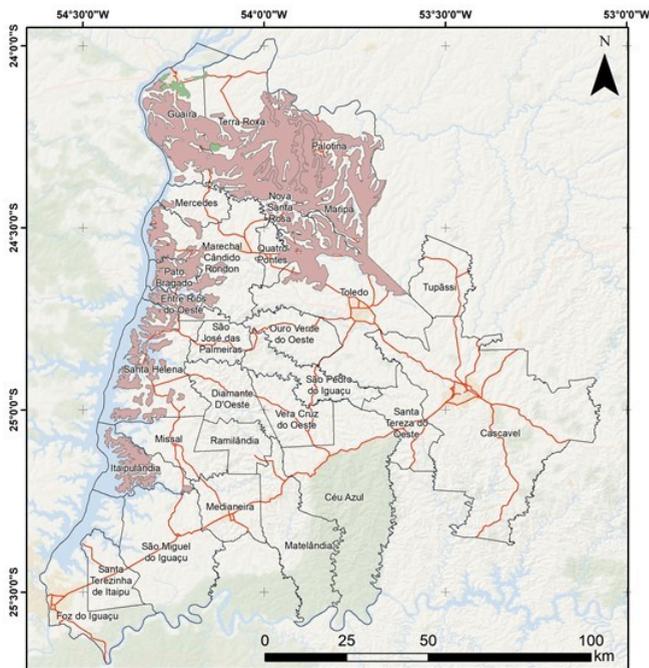
Figura 2. Quantitativos das classes de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina, incluindo as terras não produtivas (áreas urbanas, espelhos de água, áreas de preservação oficiais e reservas indígenas).

Classe Apta Superior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (AS)

As terras da classe AS representam 2.189,9 km² das terras da área de estudo ou 15% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 3 e 4). A subclasse AS /rr-s se espalha por boa parte da área de estudo (2.152 km²) e corresponde às unidades de mapeamento de Latossolos e Nitossolos de relevo predominantemente suave ondulado e desenvolvidos em substrato de rochas básicas. A subclasse AS /r-s possui apenas 30,9 km², com poucos polígonos na parte norte da área. Tem como diferencial solos desenvolvidos em substrato de rochas eruptivas básicas com alguma influência do arenito.

Todas as terras da classe AS apresentam potencial muito elevado para diferentes cultivos agrícolas. O cultivo do eucalipto nessas terras, com a quase ausência de fatores de limitação de solos e clima, corresponde a taxas de incremento médio anual muito elevadas, difíceis de encontrar em qualquer parte do mundo, para sistemas de produção semelhantes.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto



Legenda:



Figura 3. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando as subclasses Apta Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição das subclasses na Tabela 13).

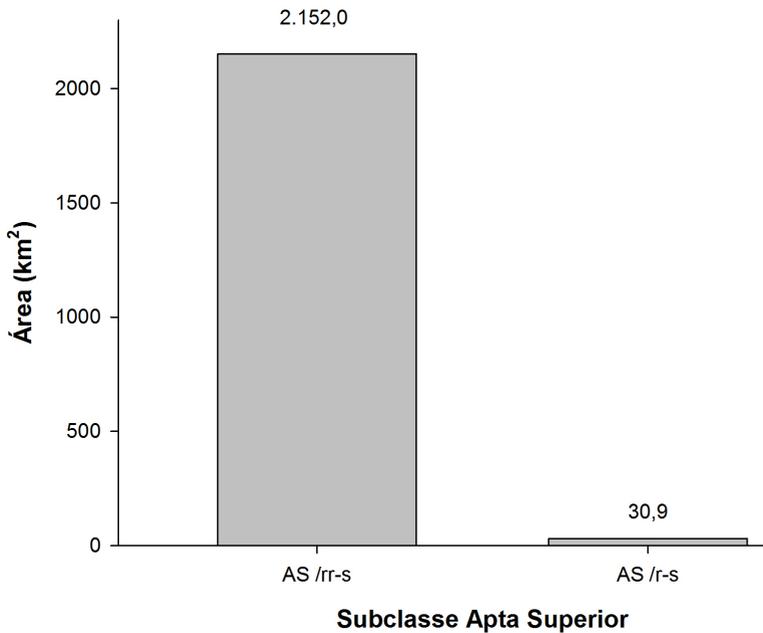


Figura 4. Quantitativos das subclasses Apta Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto, nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Apta Inferior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (AI)

As terras da classe AI representam 2.828,5 km² das terras da área de estudo, ou 19% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 5 e 6). As subclasses AI h/a/m-s e AI h/m-s (64,2 km² e 229,0 km², respectivamente) correspondem a poucos polígonos, ao norte da área de estudo, de unidades de mapeamento de solos que apresentam o arenito como material de origem e a deficiência de água é o fator de limitação mais importante. As terras da subclasse AI g/rr-s, com 2.535,3 km², apresentam ocorrência generalizada na área de estudo. São Latossolos e Nitossolos Vermelhos desenvolvidos em substrato de rochas eruptivas básicas que apresentam risco moderado de ocorrência de geadas.

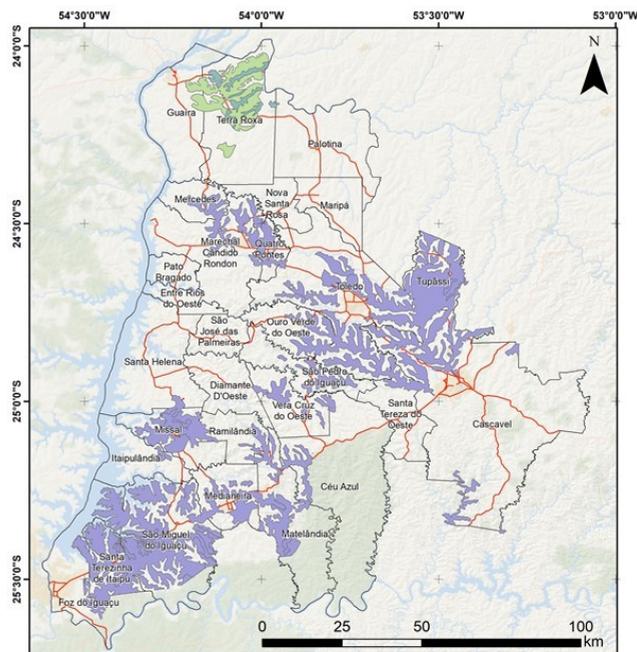


Figura 5. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando as subclasses Apta Inferior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição das subclasses na Tabela 13).

Legenda:



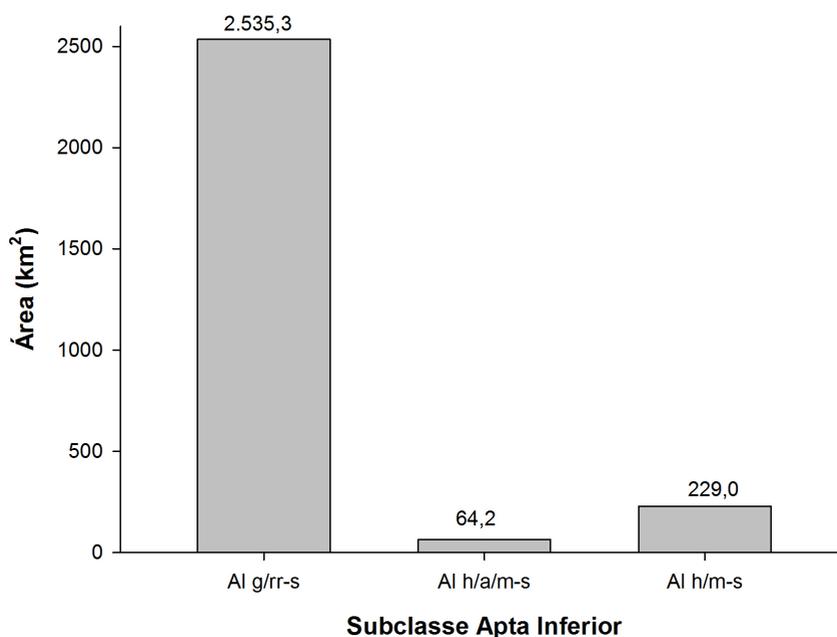


Figura 6. Quantitativos das subclasses Aptidão Inferior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto, nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (RS)

É a classe de maior ocorrência, com 5.157,2 km² (ou 35%) de terras na área de estudo, e também aquela que apresenta maior número de subclasses, onze no total (Tabela 13 e Figuras 2, 7, 8, 9 e 10). A subclasse de maior extensão é a RS g/rr-o (símbolo presente em duas subclasses, a RS g/rr -o e a RS g/rr-o, com respectivamente 1.402,8 km² e 14,4 km²), que ocorre em polígonos de unidades de mapeamento de Latossolos e Nitossolos Vermelhos com caráter férrico em relevo ondulado, de ocorrência ampla na área de estudo. Em segundo plano está a subclasse RS /rr-o, que ocorre em polígonos das unidades de mapeamento NVef4 e NVef5, Nitossolos Vermelhos Eutroféricos em relevo ondulado, mais presentes na metade norte da área, na altura das sedes dos municípios de Marechal Cândido Rondon e Toledo. Ainda com um volume de terras significativo, aparecem as terras com risco de geada alto, subclasses RS G/rr-s e RS G/rr-o (com respectivamente 787,5 km² e 553,4 km²), polígonos que aparecem em maiores altitudes, principalmente no município de Cascavel. As outras subclasses, a maioria em solos desenvolvidos do arenito Caiuá, ocorrem ao norte da área.

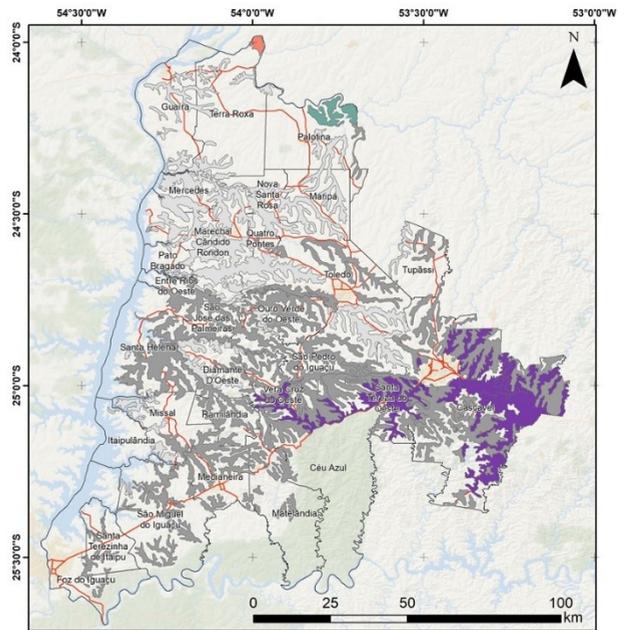


Figura 7. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição das subclasses na Tabela 13) – Parte 1.

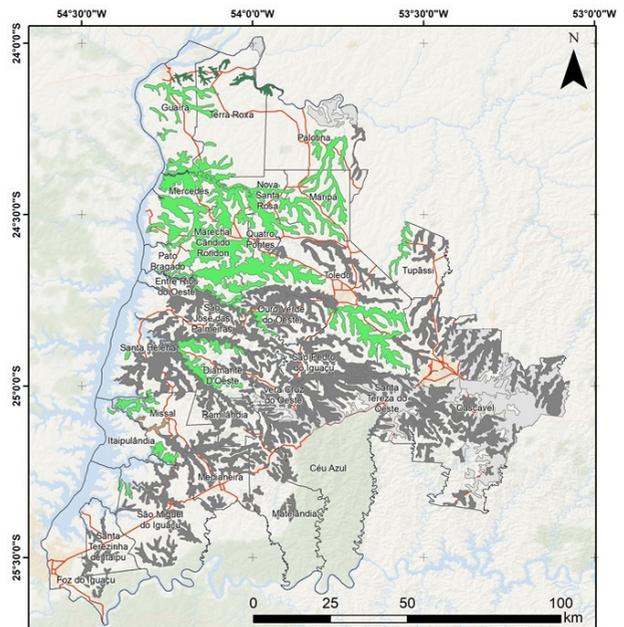


Figura 8. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 2.



Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

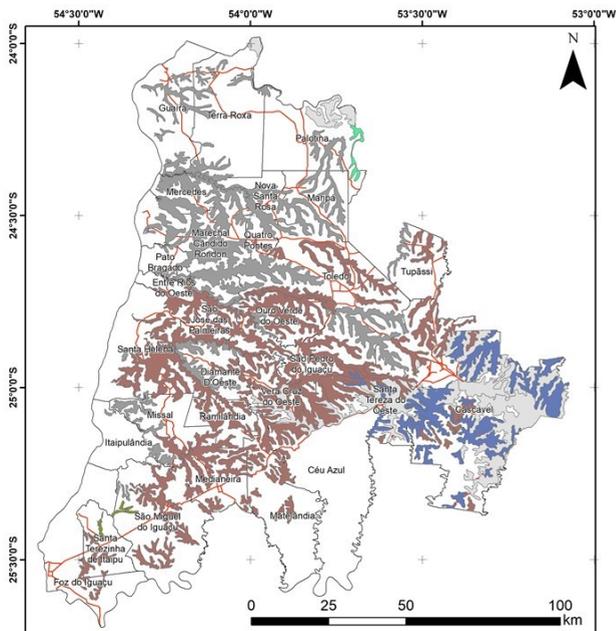


Figura 9. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 3.

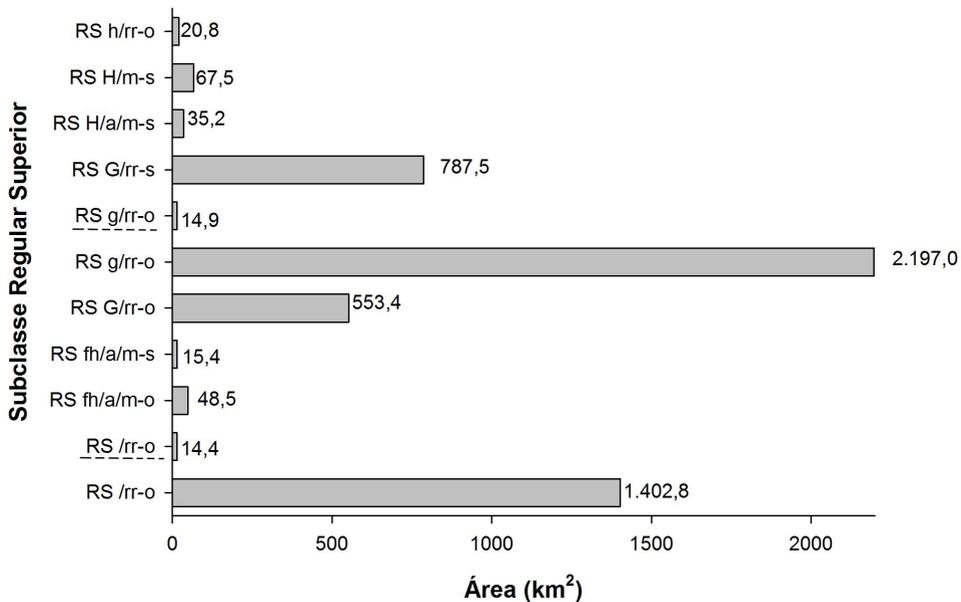


Figura 10. Quantitativos das subclasses Regular Superior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Regular Inferior de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (RI)

É a classe de menor ocorrência, com apenas 23,5 km² (ou 0,2%) de terras na área de estudo (Tabela 13 e Figuras 2, 11 e 12). São três polígonos da unidade de mapeamento Nvef6 no município de Cascavel, com limitações por risco de geada forte, suscetibilidade à erosão forte e impedimentos ao manejo moderado.

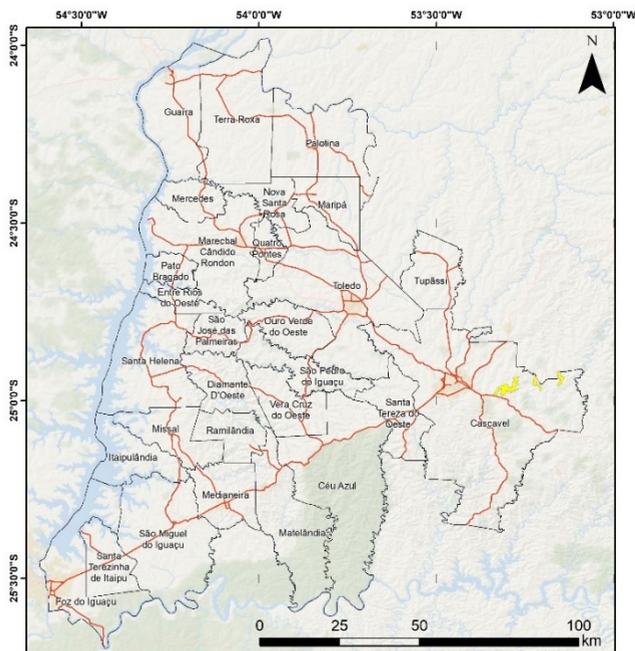


Figura 11. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando a subclasse Regular Inferior RI G/r-r-o de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13).

Legenda:

Limites municipais	SubClasses Regular Inferior	Sistema de Projeção: Albers
Rodovias	RI G/r-r-o	Sistema de Referência: SIRGAS2000



Figura 12. Quantitativos da subclasse Regular Inferior de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Classe Marginal de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (MA)

As terras da classe MA representam 1.578,1 km² das terras da área de estudo ou 11% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 13, 14 e 15). Todos os polígonos da classe pertencem à unidade de mapeamento de solos RRe, uma associação de solos cujo primeiro componente são Neossolos Regolíticos. Por si só, os Neossolos Regolíticos já definiriam a classe MA da aptidão para o cultivo do eucalipto dessas terras, pela profundidade efetiva do solo < 100 cm, embora a ΔH moderada (subscrito “H”) também determine isso. As variações de clima definem as subclasses, ao interagirem com o solo para definir o fator de limitação ΔH (ligeira - subscrito “h” - ou moderada), que aparece em todas subclasses, ou pelo risco de geada (moderado e alto, respectivamente subscritos “g” e “G”), que aparece em quatro das seis subclasses MA.

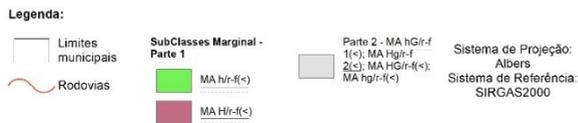
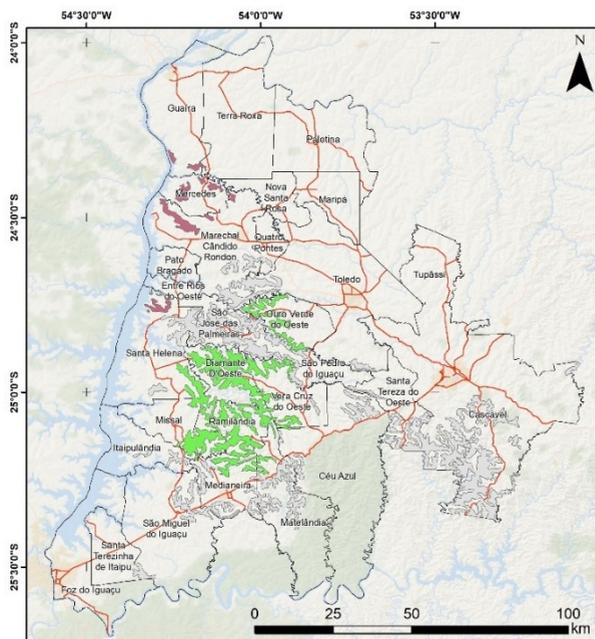


Figura 13. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Marginal de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 1.

Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina:
estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto

Figura 14. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Marginal de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13) - Parte 2.

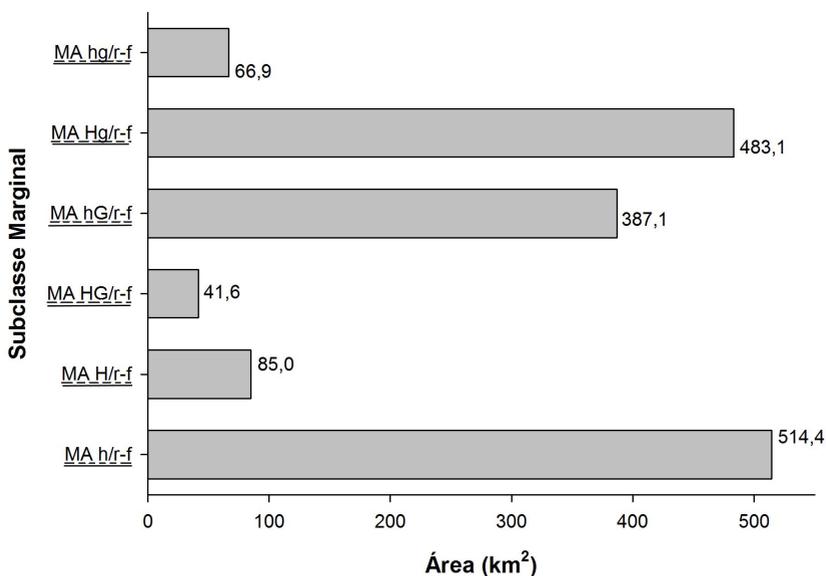
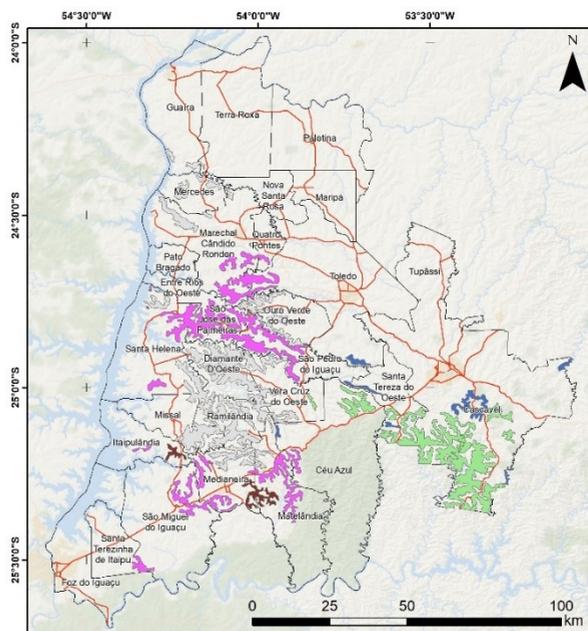


Figura 15. Quantitativos das subclasses Marginal de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

O segundo componente da unidade de mapeamento de solos RRe apresenta, de forma geral, classe de aptidão Inapta (profundidade efetiva do solo < 50 cm) e o terceiro componente aptidão RI a MA, dependendo das variações de clima de polígono a polígono. Planejar o plantio de eucalipto nessas terras envolve um significativo grau de risco. Mas, se for considerado o amplo domínio de uma agricultura industrial de grãos na região e como isso eleva o custo das terras para níveis muito altos, as terras da classe MA podem representar uma boa relação custo/oportunidade para a atividade florestal, mesmo que essa escolha envolva riscos.

Classe Inapta de aptidão das terras para o cultivo do eucalipto (IN)

As terras da classe IN representam apenas 119,6 km² das terras da área de estudo ou 0,8% da área total (Tabela 13 e Figuras 2, 16 e 17). Os polígonos da classe pertencem às três unidades de mapeamento de solos que apresentam forte hidromorfismo, com Gleissolos e Organossolos, sendo que o ΔO muito forte determina a classe IN para essas faixas de terra, independente da influência dos parâmetros climáticos. A maior parte dos polígonos da classe está na parte norte da área de estudo.

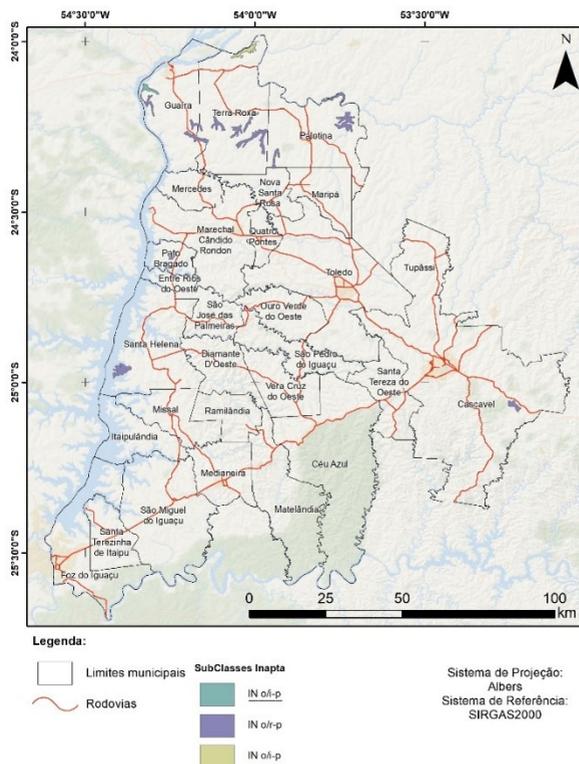


Figura 16. Mapa da área de estudo (municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina) realçando subclasses Inapta de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto (descrição na Tabela 13).

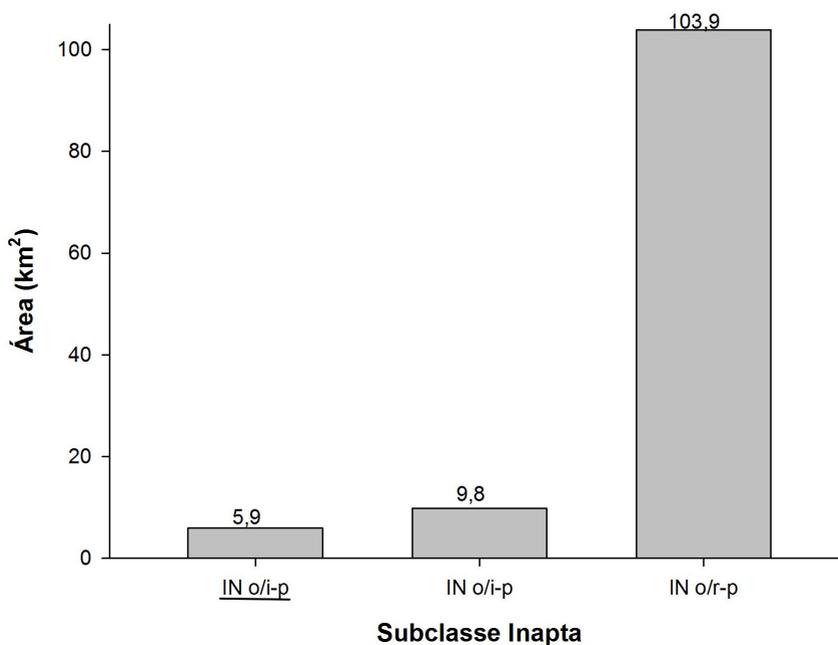


Figura 17. Quantitativos das subclasses Inapta de aptidão das terras para o cultivo de eucalipto nos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina.

Considerações finais

A ótima oferta de terras de boa qualidade dos municípios da BP3 e Palotina se reflete na importância estratégica que essa região possui para a produção de grãos e proteína animal no estado do Paraná. Os ativos de terra estão entre os mais valorizados do País e pressionam para um uso agrícola intensivo que, em princípio, não abriria espaço para a produção florestal. Isso seria totalmente verdade se não existisse uma significativa utilização de biomassa florestal para a secagem de grãos, caldeiras das agroindústrias, aquecimento de aviários e em outras atividades do agronegócio que necessitam de energia térmica, principalmente nas cooperativas e agroindústrias da região. O paradigma atual, envolvendo os elevados custos de frete da biomassa florestal, impede que a demanda da região venha de locais distantes, pelo menos em épocas normais de oferta e demanda, mesmo que atravesse a região no seu sentido mais longo, uma distância aproximada de 250 km de estradas. Essa situação pode até se agravar, considerando que a demanda por madeira estará sofrendo a concorrência crescente de novos parques industriais de produção de celulose em implantação.

Desse conflito, entre o plantio prioritário de grãos, principalmente milho e soja em duas a três safras anuais, e a necessidade dos maciços florestais para atender as demandas de produção de energia da região, surge o número aproximado 10.000 ha de terras plantadas com eucalipto. Esse número pode ter sido um pouco menor, nos últimos anos de crise, mas deve se elevar se o parque de agroindústrias voltar a crescer.

O gradiente de terras entre as classes de aptidão AS, AI e RS representam baixíssimo risco para o plantio de eucalipto e são nessas terras, mesmo disputadas pela produção de grãos, que se concentra a produção de biomassa florestal regional. Isso ocorre não só pela garantia de produção sem riscos, mas também pelas boas condições que os solos e paisagens dessas terras possibilitam para a logística de produção, principalmente maciços maiores (interflúvios mais longos) e mecanização (preparo do solo, colheita) em diversas etapas da produção. A ausência de riscos de produção passa, em boa parte, pelos riscos de déficit hídrico refreados pela boa quantidade e pela regular distribuição das chuvas.

No extremo norte da região, onde os solos começam a ter maior influência do arenito como material de origem, até a sua total prevalência em detrimento da influência das rochas eruptivas básicas, essa equação fica facilitada pela menor vocação das terras para cultivos anuais, uma somatória de uma pior distribuição de chuvas e das menores taxas de retenção de água do solo. E essa disponibilidade de terras vai aumentar ainda mais da fronteira da região em direção ao noroeste do Estado, onde solos desenvolvidos do arenito Caiuá e relevos mais íngremes geram limitações por suscetibilidade à erosão muito fortes, facilitando a entrada de cultivos florestais, que se apresentam mais sustentáveis que os cultivos anuais.

Outras terras, principalmente as da classe MA, representam uma oportunidade para a dispersão da produção florestal em maciços menores, embora também representem riscos maiores, podendo também representarem custos de colheita mais altos.

As terras com ΔG moderado, embora possam utilizar germoplasmas predominantemente tropicais, correm riscos de perdas, principalmente em plantios mais novos e em posições de paisagem que favorecem a presença de frios mais acentuados (fundos de vales, face sul, corredores de ventanias). Para diminuir esses riscos, materiais de *Eucalyptus dunnii* e *E. saligna* seriam recomendados, embora apresentem rendimento energético inferior comparativamente a outros germoplasmas, desenvolvidos para a finalidade de produção de energia. Nas terras com ΔG alto (subscrito “G”), principalmente nos polígonos presentes no entorno do município de Cascavel, a espécie mais recomendada é *E. benthamii*, alternativa com maior tolerância ao clima subtropical-temperado.

Ainda cabem alguns comentários envolvendo o sistema de manejo que prevalece nas áreas de produtores de biomassa florestal da região. Se o processo de produção é muito facilitado pela boa oferta de solos e, principalmente, chuvas da região, isso não impede que seja perceptível a necessidade de ajustes em diferentes fatores de produção, como o controle de mato-competição e formigas, a adubação e preparo do solo. Esse último fator, quando mal ajustado, pode magnificar o efeito deletério de fortes ventos que estão se tornando uma constante nessa região nos últimos anos. Eles não são espacialmente previsíveis e chegam a representar perdas próximas de 30% nos talhões de plantio onde ocorrem. O preparo do solo com subsolagem é uma boa prática e difundida na região. Mas, quando realizada em áreas de reforma, com muitos tocos do ciclo anterior, é comum não alcançar a profundidade de preparo do solo desejada (≥ 40 cm de profundidade), independente da umidade e da consistência do solo no momento do preparo. Não é raro se observar no campo plantas de pouca idade (com menos de 1 ano) e crescimento acelerado (6-8 m de altura) com sistema radicular muito superficial, mostrando as raízes de sustentação horizontalizadas na profundidade da subsolagem, algo entorno de 10-15 cm. Essas são as plantas preferencialmente tombadas pelas ventanias.

Referências

- 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.
- BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; HOLLER, W. A.; CURCIO, G. R.; RAUEN, M. J.; CARVALHO, A. P.; PÖTTER, R. O.; CARDOSO, A. Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. p. 41-74.
- CARVALHO F. A. C.; CURI, N.; FONSECA, S. **Avaliação informatizada e validada da aptidão silvicultural das terras dos tabuleiros costeiros brasileiros para eucalipto**. Lavras: Ed UFLA, 2013. 138 p.
- COSTA, A. M.; CURI, 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**, v. 37, p. 465-473, 2009.
- GOMES, J. B. V.; BOGNOLA I. A.; STOLLE, L.; SANTOS, P. E. T.; MAEDA, S.; SILVA, L. T. M.; BELLOTE, A. F. J.; ANDRADE, G. C. Unidades de manejo para pinus: desenvolvimento e aplicação de metodologia em áreas de produção no oeste catarinense. **Scientia Forestalis**, v. 44, p. 191-204, 2016.
- 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 Manguê e do Cunha, município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 459-466, 2005.
- GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S.; HOLLER, W. A.; BOGNOLA, I. A. Características gerais dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 11-16.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI J. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**: 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.
- MILLER, R.W.; DONAHUE, R. L. **Soils**: an introduction to soils and plant growth. 6th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990. 768 p.
- 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.; REZENDE, S. B.; SILVA, S. H. G. **Da rocha ao solo**: enfoque ambiental. Lavras: Ed UFLA, 2019. 512 p.
- WREGE, M. S.; GOMES, J. B. V.; BOGNOLA, I. A.; HOLLER, W. A.; SOARES, M. T. S.; ANDRADE, G. C.; NIETSCHKE, P. R. Zoneamento agrícola de espécies de eucalipto para municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina. In: GOMES, J. B. V.; WREGE, M. S. (ed.). **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. p. 17-39.
- ZANÃO, J. L. A.; MEDEIROS, G. B. Caracterização dos solos do entorno do reservatório de Itaipu. In: ZANÃO, J. L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. (ed.). **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**. Londrina: IAPAR, 2015. p. 117-151.