

Figura: Henrique Noguez da Cunha

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

6 ÁGUA POTÁVEL  
E SANEAMENTO



COMUNICADO  
TÉCNICO

381

Pelotas, RS  
Novembro, 2020

**Embrapa**

# Descrição da Metodologia para o Zoneamento das Áreas Potenciais ao Recebimento e Disposição de Biossólidos

Henrique Noguez da Cunha  
Viviane Spiering  
Rodrigo de Oliveira Siqueira  
Adalberto Koiti Miura  
Odir Fernando Vidal Couto  
Leticia Penno de Sousa  
Ernestino de Souza Gomes Guarino

# Descrição da Metodologia para o Zoneamento das Áreas Potenciais ao Recebimento e Disposição de Biossólidos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Henrique Noguez da Cunha, Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, bolsista do Projeto Zoneamento da Corsan, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Viviane Spiering, Geógrafa, mestre em Geografia, bolsista do Projeto Zoneamento da Corsan, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Rodrigo de Oliveira Siqueira, Geógrafo, bolsista do Projeto Zoneamento Corsan, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Adalberto Koiti Miura, Biólogo, doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Odir Fernando Vidal Couto, Geógrafo, mestre em geografia, técnico da Corsan, Porto Alegre, RS. Leticia Penno de Sousa, Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Ernestino de Souza Gomes Guarino, Engenheiro florestal, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

A eficiência, a qualidade e a universalidade dos serviços de saneamento básico são fundamentais para a qualidade de vida da população em todo o mundo. A adequada destinação final do lodo originário das estações de tratamento de esgoto é de responsabilidade social, tendo impactos diretos sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico de um país (Bittencourt et al., 2009).

As estações de tratamento de esgotos (ETEs), ao conduzirem a água residuária a processos que tornam possível sua disposição no ambiente, geram um resíduo denominado “lodo de estação de tratamento de esgoto” (LETE), ocasionando outro problema relacionado à destinação desse resíduo (Quintana et al., 2011). O mesmo ocorre, gerando “lodo de estação de tratamento de água” (LETA), no processo de potabilização de água pelas Estações de Tratamento de Água (ETA).

A grande quantidade de resíduos sólidos, gerados pelo crescente número de ETEs e ETAs em operação, exige procedimentos adequados de disposição no ambiente, resultando na necessidade da avaliação temporal e ambiental desse processo. Contudo, a avaliação de alternativas para a disposição final dos lodos é complexa, por abarcar fatores técnicos, econômicos, ambientais e legais, que ultrapassam os limites das estações de tratamento.

Por outro lado, a reciclagem agrícola desses resíduos, neutralizados sob forma de biossólidos, possui potencial aplicação como insumo para agricultura.

Os solos gaúchos possuem altos teores de alumínio, e poderia ser controversa a disposição de LETA, por conter teores de alumínio resultante do processo de tratamento

da água. Porém, quando confrontadas as características dos LETAs do RS com a Instrução Normativa IN 27/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2006), as concentrações de elementos como arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, níquel, selênio e chumbo, e dos indicadores bacteriológicos estão abaixo dos limites estabelecidos pela referida Instrução, não caracterizando impeditivo ao seu uso como matéria-prima de substratos e condicionantes do solo, embora o que se espere dos LETAS seja conferir melhoria nos atributos físicos do solo (Queiroz, 2016).

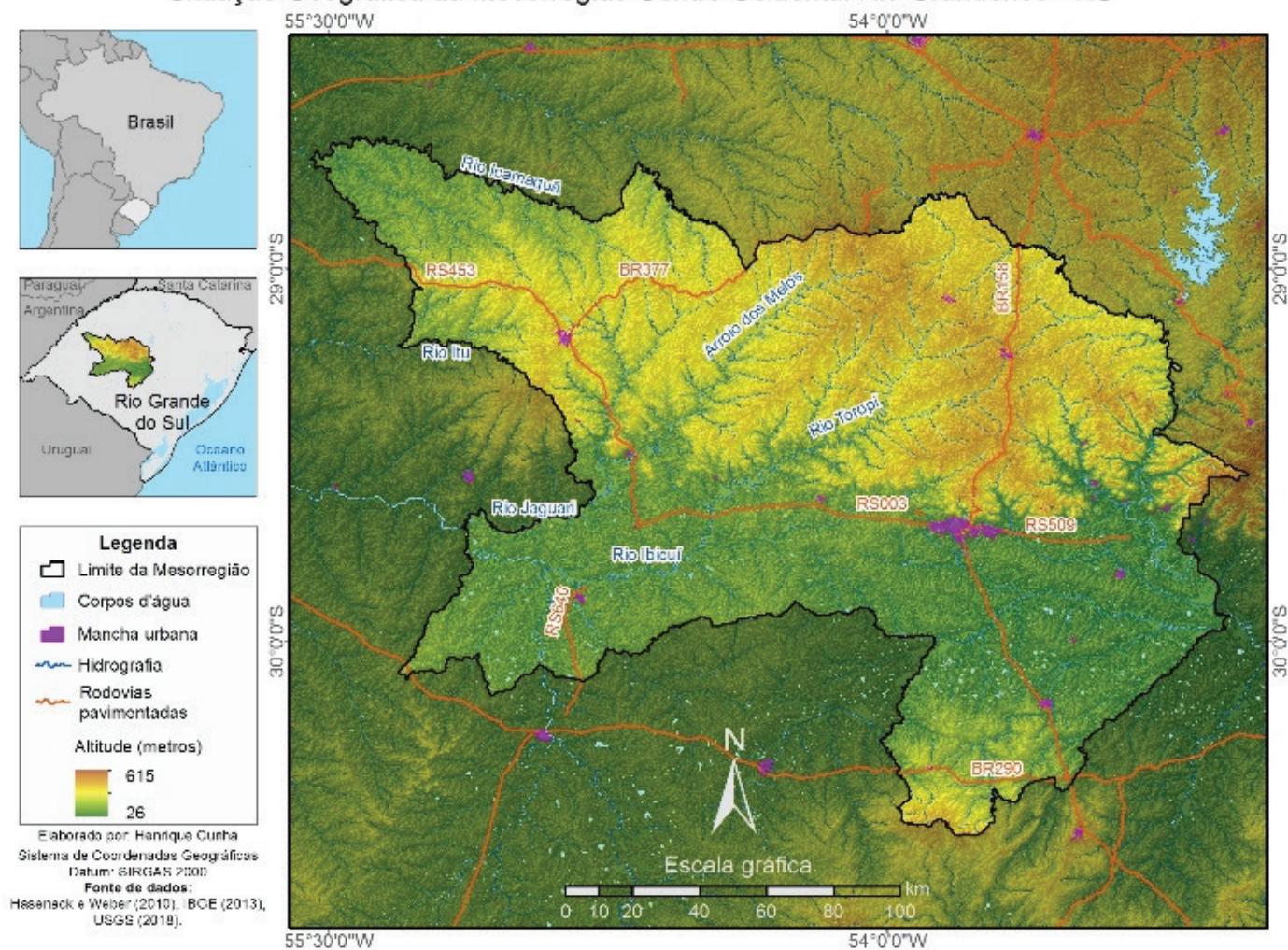
O uso agrícola de biossólido pode ser uma alternativa econômica, ambiental e socialmente adequada, em consonância com a legislação (Conama 375 e Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS) (Conama, 2006).

Este trabalho é parte de um resultado prévio da cooperação técnica entre a Embrapa Clima Temperado e a Corsan, e tem por objetivo descrever um método para delinear e quantificar as áreas sem restrições ambientais para a destinação agrícola de biossólidos advindos de ETEs, que foram utilizados para subsidiar o “Zoneamento do uso agrossilvicultural de resíduos de LETA/LETE e derivados no Rio Grande do Sul”. Zoneamentos dessa grandeza já foram elaborados para os estados do Paraná (Gomes et al., 2001) e Espírito Santo (Taqes, 2015).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho desenvolvido tem foco na mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense, utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) até o ano de 2017 (Figura 1).

## Situação Geográfica da Mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense - RS

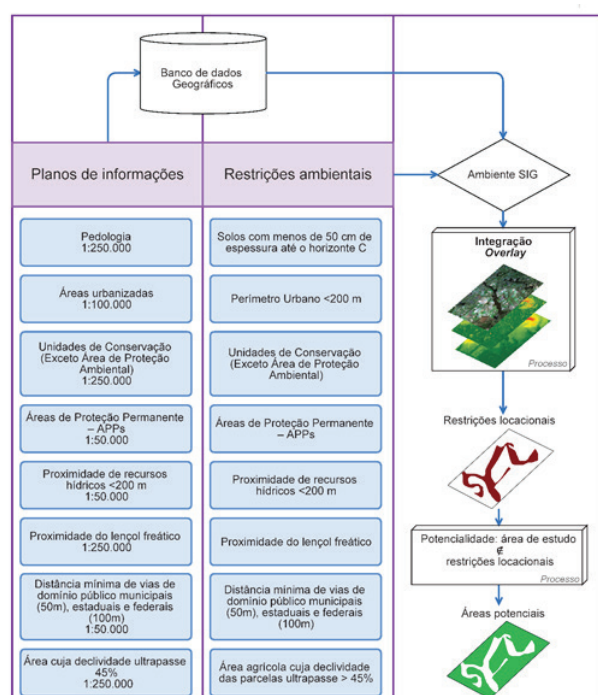


**Figura 1.** Situação geográfica da mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense. Fonte: Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Inicialmente, foi realizada a revisão bibliográfica com base normativa e metodológica sobre os parâmetros a serem considerados em um zoneamento de áreas aptas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Os planos de informações geográficas foram inserido em um banco de dados geográficos em ambiente SIG ArcMAP 10.2.2 (Esri, 2014).

Sequencialmente, os planos de informações foram classificados de acordo com informações contendo as restrições ambientais para o recebimento de LETA/LETE e produtos derivados no Brasil, baseada no atendimento de princípios constantes nos critérios adaptados de Gomes et al. (2001), Conama 375 (2006) e Taques (2015). Esses planos de informações foram representados e quantificados conforme descrito no fluxograma abaixo (Figura 2).



**Figura 2.** Fluxograma metodológico na identificação das restrições locais para aplicação de biossólidos segundo Gomes et al. (2001); Conama 375 (2006); e Taques (2015), com adaptações.

Os procedimentos metodológicos realizados para cada tema estão descritos nos subitens a seguir.

## Determinação das restrições em Áreas de Preservação Permanente - APP

Para o processo de definição das restrições para disposição de biossólido em Áreas de Preservação Permanente (APP) de rios, foram utilizados os planos de informações altimétricas SRTM (USGS, 2016), com resolução espacial de 30 metros.

Inicialmente, foi realizada a mosaicagem das cenas do SRTM (USGS, 2016), com abrangência sobre a mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense. Esse mosaico foi submetido à correção das inconsistências existentes no modelo. Em seguida, por meio do ambiente SIG ArcGIS (Esri, 2014), foram identificadas as direções de fluxo e fluxo acumulado, tornando possível a extração da rede hidrográfica. Essa malha hidrográfica resultante foi classificada quanto à sua hierarquia fluvial por meio do método proposto por Strahler (1980). Os trechos com mesma ordem fluvial foram exportados em KML e avaliados no *software* GoogleEarth (Google Earth, 2016) quanto à largura da calha hidrográfica. Os trechos de rio foram reclassificados de acordo com o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), em que: rios com largura inferior a 10 metros foram agrupados e associados a APPs de 30 m; com largura entre 10 m e 50 m a APPs de 50 m; com largura entre 50 m e 200 m a APPs de 100 m; e nascentes com raio de APP de 50 m. As APPs foram delineadas em ambiente SIG sobre os grupos de rios associados, por meio da geração de uma zona de proximidade com distância determinada no Novo Código Florestal. O detalhamento das APPs por tamanho de propriedade, determinado por módulos fiscais, é recomendado para estudos em escala maiores, não tendo sido realizado nessa abordagem.

## Determinação das restrições em recursos hídricos

Foi utilizada a malha hidrográfica resultante do processo anterior, assim como o plano de informações de hidrografia em polígonos com informações de corpos d'água contemplados por lagos e lagoas (Hasenack; Weber, 2010), para a elaboração do tema de restrição do uso de biossólidos em proximidade aos recursos hídricos, de acordo com os critérios adaptados de Gomes et al. (2001), Conama 375 (2006) e Taques (2015), a partir da confecção de uma zona de proximidade de 200 m.

## Determinação das restrições clinográficas

Com base no modelo digital de elevação SRTM (USGS, 2016), mosaicado e corrigido, foi elaborado o modelo clinográfico, que permite calcular a declividade considerando-se relações trigonométricas no modelo digital de elevação. O procedimento foi realizado em ambiente SIG ArcGIS 10.2.2 (Esri, 2014), a partir da ferramenta *Slope*, presente na extensão *Spatial Analyst*. As áreas com declividade acima de 45% foram restritas, de acordo com os critérios adaptados de Gomes et al. (2001), Conama 375 (2006) e Taques (2015) (Tabela 1).

## Determinação das restrições em classes de solo

A classificação das restrições pedológicas à disposição de biossólido foi confeccionada a partir dos planos de informações de solos, em escala 1:250.000, do acervo temático do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As classes de solo foram submetidas à reclassificação em ambiente SIG ArcGIS 10.2.2 (Esri, 2014), onde foi possível categorizá-las a partir das informações de profundidade e capacidade de infiltração. A presença desses fatores é um critério de restrição à disposição de biossólidos, conforme descrito por Gomes et al. (2001), Conama 375 (2006) e Taques (2015).

## Determinação das restrições em Área Urbana

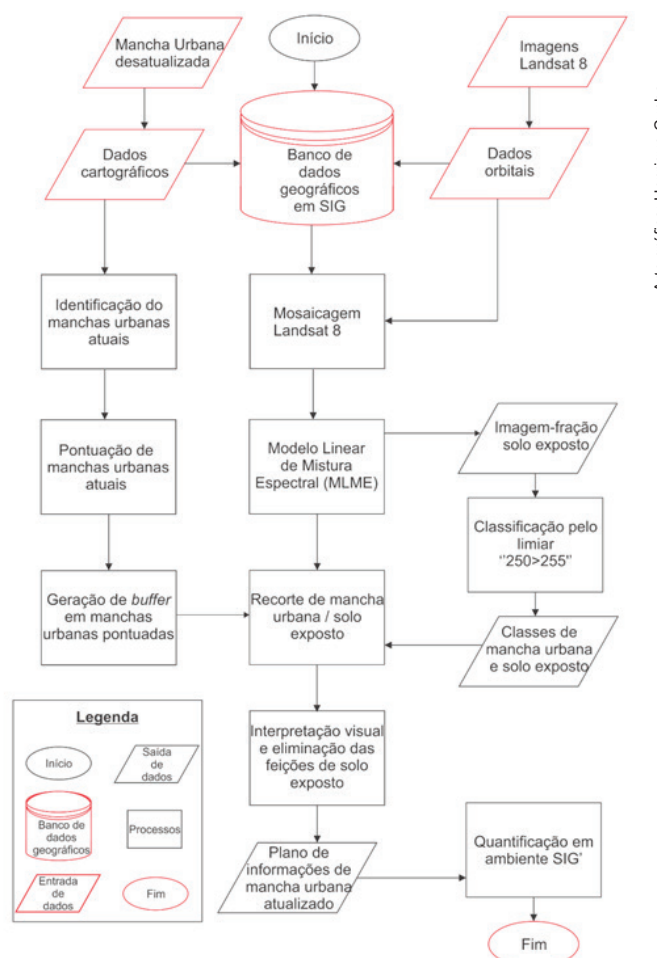
O plano de informações de manchas urbanas é oriundo das cartas topográficas do Exército Brasileiro, mapeadas na década de 1980. O crescimento populacional e o surgimento de novos municípios, aglomerados e conurbações indicam a necessidade da atualização desse plano de informações. Nesse sentido, como pode ser observado no fluxograma (Figura 3), o processo de mapeamento das áreas urbanas foi realizado com a utilização de um conjunto de imagens Landsat 8LC (USGS, 2016). Inicialmente, no *software* Envi 5.2 (Exelis Visual Information Solutions, Boulder, Colorado), as imagens foram empilhadas e mosaicadas.

Sequencialmente, obtiveram-se as imagens-fração (solo, vegetação e água/sombra), por meio do modelo linear de mistura espectral (Shimabukuro; Smith, 1991). Essa técnica parte do princípio de que diferentes alvos estão integrados dentro do campo de visada do sensor remoto, e que um píxel de imagem pode apresentar diferentes percentuais desses mesmos alvos. Segundo Shimabukuro et al. (1998), essa mistura pode ser desfeita em uma relação linear, na qual os principais elementos contidos na imagem são separados em imagens-frações, as quais contêm a proporção dos elementos das imagens

de origem, cuja soma deve ser igual a 1. A seleção dos *endmembers* (componentes puros) foi realizada segundo o método proposto por Bateson e Curtiss (1996) para a seleção manual de *endmembers*, coadjuvado por componentes principais, conforme indicações de Muchoney e Haack (1994).

O produto de imagem fração de solo exposto foi adotado como mais adequado para o processo de delineamento das áreas urbanas. A imagem fração de solo exposto, oriundo do modelo linear de mistura espectral, foi avaliado em sobreposição ao mosaico de imagens Landsat 8 quanto ao valor digital de sua célula representada por manchas urbanas. As diferentes respostas espectrais, presentes na heterogeneidade da área urbana, tornaram necessária a classificação do produto por meio da adoção de um limiar interpretado e definido entre os números digitais 250 e 255, em uma escala de 8 bits que varia de 0 a 255. Posteriormente, as classes foram exportadas, em arquivo vetorial, para o ambiente SIG ArcGIS 10.2.2 (Esri, 2014).

O plano de informações de manchas urbanas, oriundo das cartas topográficas do Exército, em versão digital (Hasenack; Weber, 2010), foi utilizado para a identificação e pontuação, sobre o mosaico de imagens Landsat 8, das áreas urbanas atuais não mapeadas nas cartas topográficas. Essa pontuação foi agrupada ao plano de informações de mancha urbana e submetida à geração de uma zona de proximidade, extrapolando as manchas urbanas atuais. O arquivo vetorial classificado, resultante do modelo linear de mistura espectral, foi recortado pela zona de proximidade de manchas urbanas para a redução de informações externas e processamentos. A classe de área urbana/solo, exposta em proximidade às manchas urbanas, foi submetida à interpretação visual, em tela, sobre o mosaico de imagens Landsat 8, tornando possível a exclusão das feições de solo exposto não condizentes com a área urbana atual e a quantificação das manchas urbanas atuais, em escala 1:100.000. As manchas urbanas foram classificadas quanto à restrição à disposição de bio-sólidos a partir dos critérios adaptados de Gomes et al. (2001), Conama 375 (2006) e Taques (2015) (Tabela 1). Foi gerada, em ambiente SIG ArcGIS 10.2.2 (Esri, 2014), uma zona de proximidade de 500 m a partir da mancha urbana.



**Figura 3.** Fluxograma da metodologia de atualização das manchas urbanas.

## Determinação das restrições em proximidade ao sistema viário

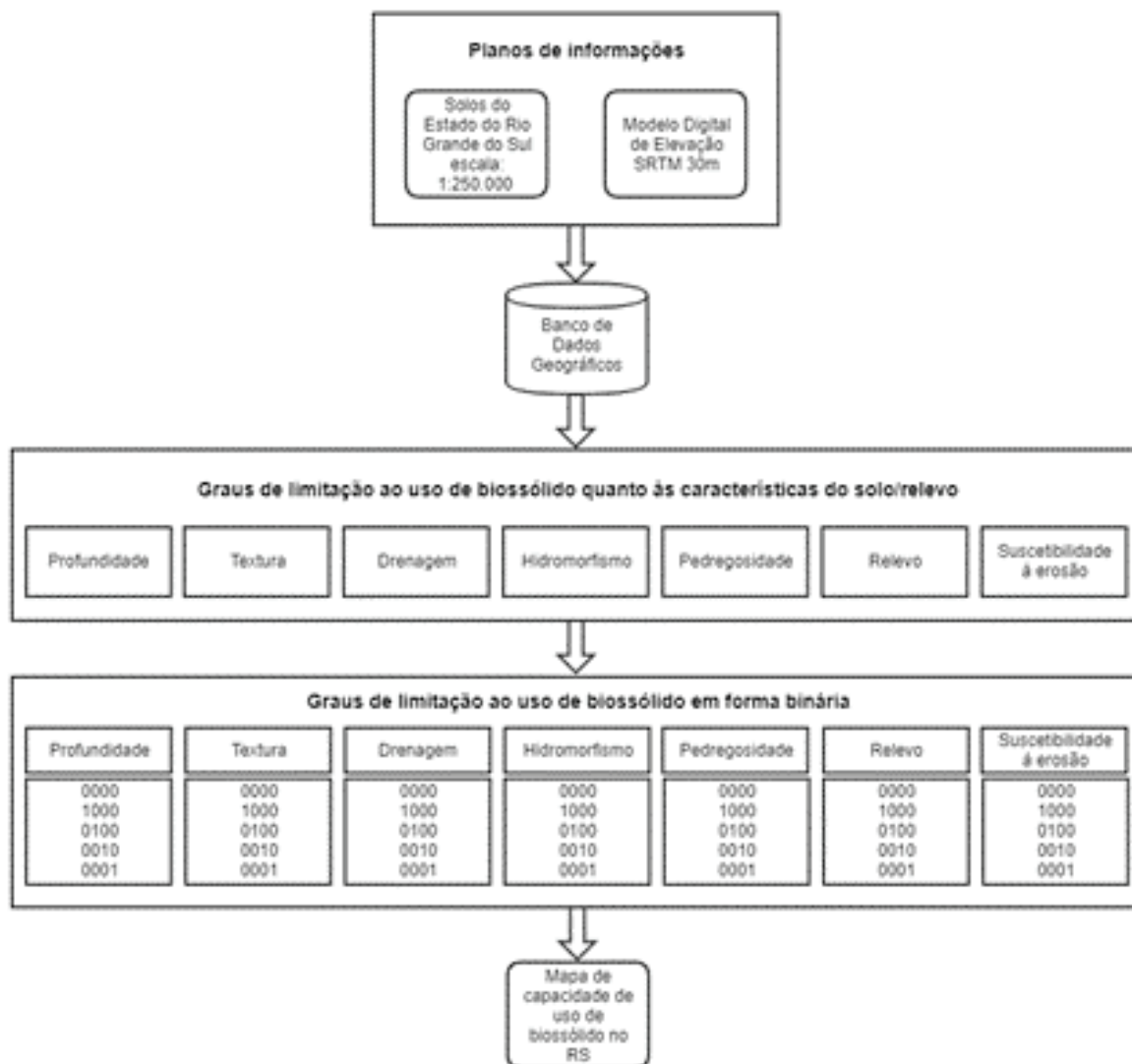
O mapeamento das áreas próximas ao sistema viário, com restrição à disposição de bio-sólido, foi realizado a partir do plano de informações de vias de domínio público municipais, estaduais e federais, oriundo das cartas topográficas digitais do Exército, com escala de 1:50.000 (Hasenack; Weber, 2010). Para esse mapeamento, foram adotados os critérios presentes em Conama 375, e seu procedimento foi realizado em ambiente SIG ArcGIS 10.2.2 (Esri, 2014). Inicialmente, foi delineada uma região de proximidade de 50 m das vias de domínios públicos municipais, e foram geradas zonas de proximidades de 100 metros a partir das vias de domínio público estadual e federal. Essas zonas de proximidades foram agrupadas, integrando o plano de informações de restrições em proximidade a vias de domínio público.

## Determinação das limitações das propriedades pedológicas

Para o presente estudo, foram utilizados os planos de informações (PIs) extraídos do mapa de solos do estado do Rio Grande do Sul, em escala 1:250.000 (IBGE,

2012), assim como dados altimétricos do modelo digital de elevação SRTM (USGS, 2016) com resolução espacial de 30 m. Os procedimentos metodológicos foram realizados em ambiente SIG ArcMAP 10.2.2 (Esri, 2014). Inicialmente, de acordo com Souza et al. (1994), foram criados e editados os campos da tabela de atributos do plano de informações pedológicas atribuindo-se os graus de limitação quanto à profundidade, textura, drenagem, hidromorfismo e presença de pedregosidade no solo. Os níveis atribuídos foram representados em forma binária, por cinco graus de limitação: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte. Sequencialmente, foi extraído

do modelo digital de elevação (MDE) SRTM, o plano de informações de declividade, que foi reclassificado de acordo com as formas de relevo (Embrapa, 2009). Com base nas informações de relevo, textura e unidade de solo, foi confeccionado o PI de Suscetibilidade à erosão de acordo com Souza et al. (1994). Esses produtos, relevo e suscetibilidade à erosão, foram reclassificados para valores binários de forma análoga ao processo anterior. Por meio de álgebra de mapas, os diferentes PIs gerados foram associados e interpretados quanto à capacidade pedológica mais restrita ao uso de biossólido (Figura 4).



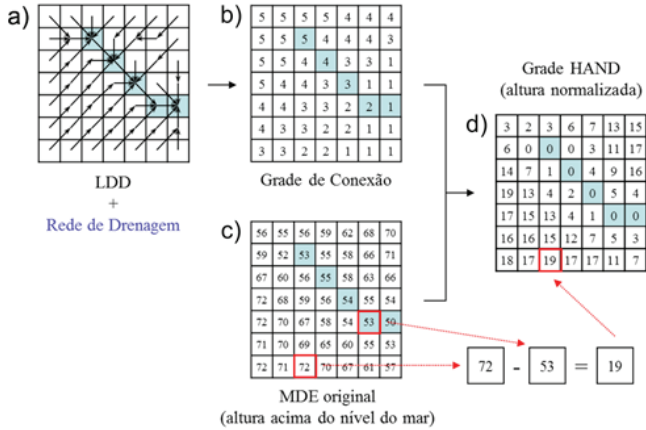
**Figura 4.** Fluxograma da confecção de informações de limitações pedológicas.

## Mapeamento da proximidade da superfície ao lençol freático

Para o mapeamento de proximidade da superfície ao lençol freático, foi confeccionado o plano de informações de amplitude altimétrica em relação à drenagem mais próxima. Foi utilizado o modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*) do método proposto por Rennó et al. (2008), o qual obtém do Modelo Digital de Elevação (MDE) a distância vertical de cada pixel em relação à

drenagem mais próxima, ou seja, indica a altura de uma determinada localização geográfica, não em relação ao nível do mar, mas em relação ao ponto da rede de drenagem mais próxima. Esse procedimento foi realizado por meio da extensão Hand\_grid (Rennó et al., 2008) do software ENVI 5.2 (*Exelis Visual Information Solutions*, Boulder, Colorado). Inicialmente, foi realizada a correção do MDE SRTM (USGS, 2016), que conta com o ajuste de possíveis inconsistências nos dados altimétrico originais mosaicados (Figura 5c). Em seguida, foram gerados os

planos matriciais de direção de fluxo (Figura 5a), fluxo acumulado (Figura 5b) e distância vertical em relação à drenagem mais próxima, pela substituição dos pixels da rede de drenagem para o valor zero, e alteração do valor de cada célula para a amplitude em relação à drenagem mais próxima (Figura 5d).



**Figura 5.** a) Direção de fluxo; b) fluxo acumulado/drenagem; c) MDE original com remoção de possíveis anomalias; d) amplitude altimétrica em relação à drenagem mais próxima. Fonte: Rennó et al. (2008).

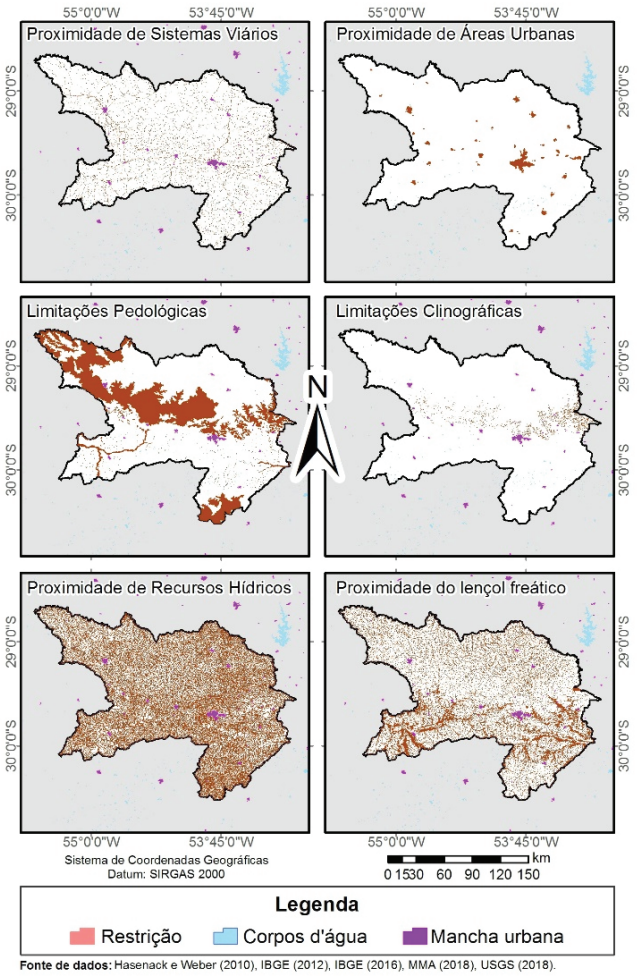
Posteriormente, as informações de amplitude altimétrica foram reclassificadas seguindo-se os critérios considerados por Nobre et al. (2011). Dessa maneira, os limites utilizados na classificação foram:  $0 < HAND < HAND$  15 m (para lençol freático profundo).

### Agrupamento das restrições

Os planos de informações de restrição, gerados para os temas de Áreas de Preservação Permanente (APP), Declividade, Tipos de Solos, Distância de Recursos Hídricos, Distância de Vias públicas, Distância da Área Urbana e Proximidade ao Lençol Freático, foram agrupados para tornar possível a interpretação e quantificação do total de restrições.

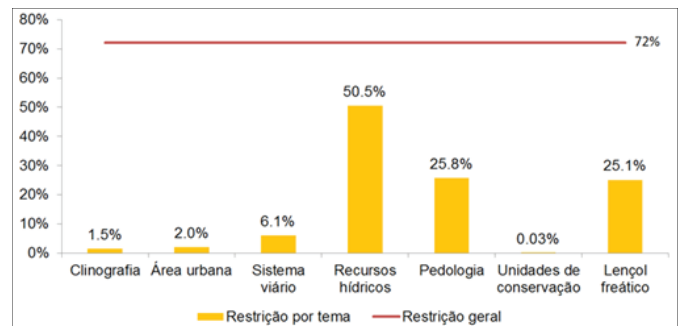
## RESULTADOS

As seis categorias de restrições ambientais para a aplicação de biossólido em reciclagem agrícola estão representadas na Figura 6.

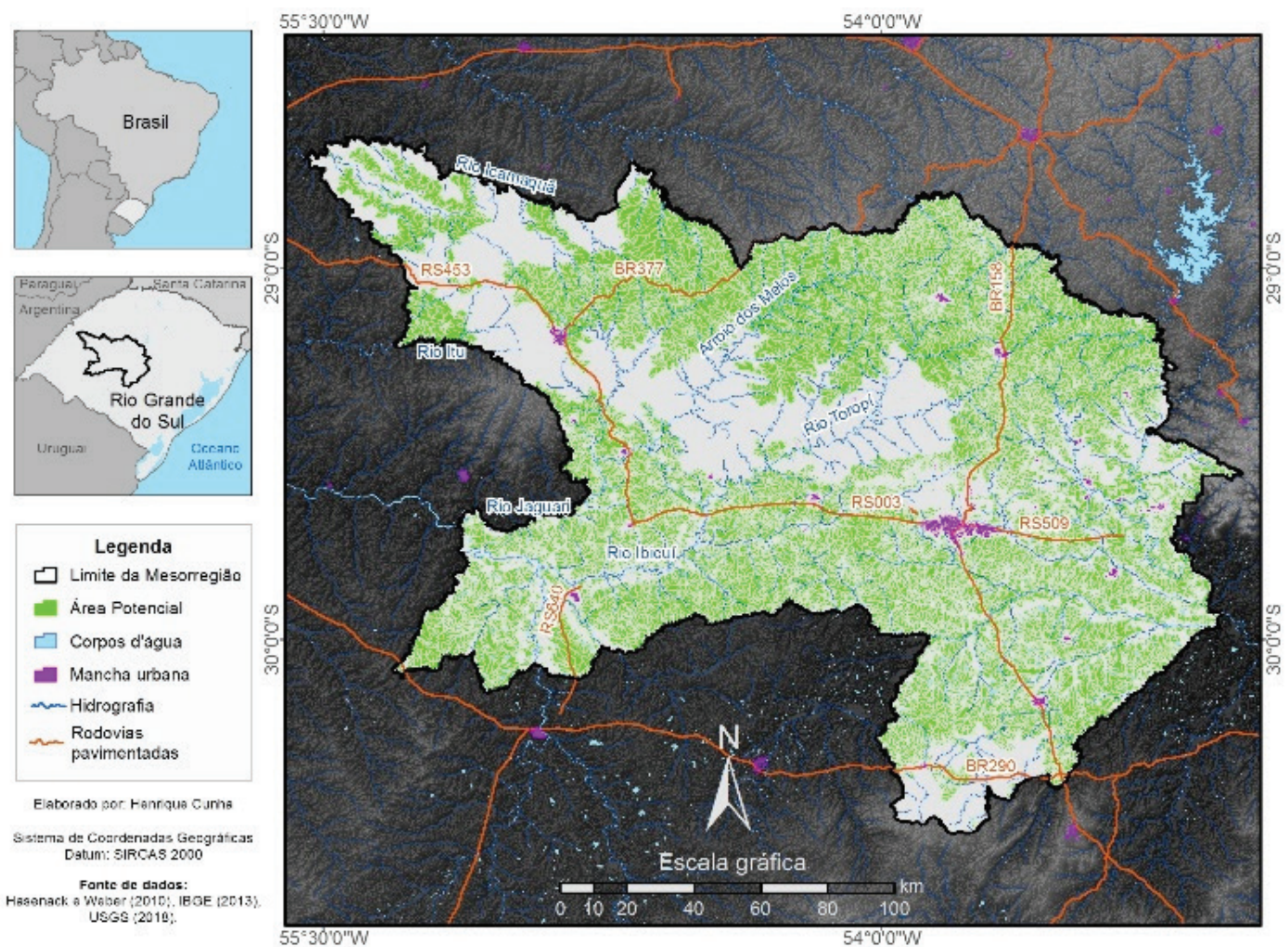


**Figura 6.** Distribuição das restrições locais por categoria e apresentação da restrição geral para a aplicação de biossólidos. Fonte: Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

A partir das Figuras 7 e 8, é possível observar que os temas de restrições relacionados à proximidade de recursos hídricos, pedologia e lençol freático se destacam, com valores superiores a 50% e 25% na mesorregião. As demais classes variam entre 0,03% e 6,1%, com pouca representação no zoneamento.



**Figura 7.** Áreas potenciais para a aplicação de biossólidos. Fonte: Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.



**Figura 8.** Mapa de áreas potenciais para a aplicação de biossólidos. Fonte: Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

No geral, após a sobreposição de todos os temas de restrições, a mesorregião contempla o total de 72% de seu território com áreas restritas. Nesse sentido, os demais 28% possuem potencialidade para a aplicação de lodo em forma de biossólido. Esse resultado corrobora a quantificação estimada pelos trabalhos de Taques (2015), o qual determinou as áreas de alto potencial entre 2% e 17%, a partir das microrregiões do estado do Espírito Santo, e Urban e Isaac (2016), que quantificaram 17% de áreas potenciais para a Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. No entanto, o resultado se mostrou aquém ao encontrado por Lima (2014), que verificou 78% das áreas aptas à aplicação de lodo de esgoto no Setor C2 do Projeto Jaíba.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia mostra-se direcionada aos elementos naturais água e solo, com áreas restritas à aplicação de lodo de esgoto representadas em 90% pelas categorias de limitações pedológicas e restrições em proximidade ao lençol freático e recursos hídricos.

O modelo gerado apresenta as aptidões em escala regional como subsídios ao processo de tomada de decisões, sendo necessária a validação e análise para aplicação em uma escala local.

## REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, S.; VITÓRIO ANDREOLI, C.; ALCEU MOCHIDA, G.; MARIN DE SOUZA, L. M. K. Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**: investigación, desarrollo y práctica, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa no 27**, de 05 de junho de 2006. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 de junho de 2006. Seção 1, p. 15.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução nº 375/2006**, de 29/8/2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 02 set. 2018.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). **ArcGIS Desktop 10.2.2 Redlands (CA)**, 2014.1 CD-ROM.
- GOMES, L. P.; COELHO, O. W.; ERBA, D. A.; VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: ANDREOLI, C. (Org.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RiMa: ABES, 2001. p. 145-164. (Projeto PROSAB).



HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia, 2010.1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

IBGE. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Escala: 1:250.000. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/pedologia/cartas\\_escala\\_250mil/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/cartas_escala_250mil/) Acesso em: 20 ago. 2018.

LIMA, F. A. **Determinação de áreas potenciais à aplicação de lodo de esgoto como insumo agrícola utilizando geoprocessamento**. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

QUEIROZ, R. R. **Pesquisa e desenvolvimento do potencial de uso agrícola de lodos de estações de tratamento de água e esgoto da CORSAN**. 2016. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S. do; MELO, W. J. de. Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica. **Nucleus**, v. 8, n. 1, 2011.

SOUZA, M. L. P.; ANDREOLI, C. V.; PAULETTI, V. et al. Desenvolvimento de um sistema de classificação de terras para disposição final do lodo de esgoto. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABES/APRH, 1994. v. 1, p. 403-419.

TAQUES, R. C. Áreas potenciais do Estado do Espírito Santo para aplicação do lodo de esgoto na agricultura. In: COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da (Org.). **Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2015. p. 23-29.

URBAN, R. C.; ISAAC, R. de L. Land feasibility map for sewage sludge application: watershed of the Piracicaba, Capivari and Jundiá Rivers-Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 125-134, 2016.

USGS. **USGS Global Visualization Viewer**. 2016. Disponível em: <http://glovis.usgs.gov>. Acesso em: 15 out. 2018.

## LITERATURA RECOMENDADA

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; FREGADOLLI, P.; CASTRO, L. D. Diagnóstico do potencial dos solos da região de Maringá para disposição final do lodo gerado pelos sistemas de tratamento de esgoto do município. **Revista Técnica da SANEPAR**, v. 13, n. 13, p. 40-50, 2000.

CORSAN. **RS Mais Saneamento aborda a universalização da água e duplicação do esgoto tratado**. 2015. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/node/844>. Acesso em: 25 ago. 2018.

IBGE. **Mapeamento topográfico**. 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias>. Acesso em: 2 nov. 2018.

IBGE. **Cobertura e uso da terra do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Escala: 1:250.000. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/uso\\_da\\_terra/cartas\\_escala\\_250mil/estaduais/RS/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/uso_da_terra/cartas_escala_250mil/estaduais/RS/). Acesso em: 23 ago. 2018.

SOUZA, M. D. P.; RIBEIRO, A. N.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA, L. C. P.; BITTENCOURT, S. Aptidão das terras do Estado do Paraná para a disposição final de lodo de esgoto. **Revista DAE**, v. 177, p. 20-29, 2008.

### Embrapa Clima Temperado

BR 392 km 78 - Caixa Postal 403  
CEP 96010-971, Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
[www.embrapa.br/clima-temperado](http://www.embrapa.br/clima-temperado)  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

1ª edição  
Obra digitalizada



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Clima Temperado

Presidente

*Luis Antônio Suíta de Castro*

Vice-Presidente

*Walkyria Bueno Scivittaro*

Secretária-Executiva

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros

*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,  
Marilaine Schaun Pelufê, Sônia Desimon*

Revisão de texto

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica

*Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica

*Fernando Jackson*

Figura da capa

*Henrique Noguez da Cunha*