

## FAVORABILIDADE À MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS POR MEIO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

FÁBIO RODRIGO DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, ROBERTO WAGNER LOURENÇO<sup>2</sup>, LUIS GUSTAVO FREDIANI LESSA<sup>3</sup>, CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Doutorando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa Vista, CEP: 18087180, Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: fabio.rodrigo@unesp.br*

<sup>2</sup> *Livre-Docente Doutor em Geociências e Meio Ambiente e Professor Associado - Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa Vista, CEP: 18087180, Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: roberto.lourenco@unesp.br*

<sup>3</sup> *Professor Assistente Doutor da Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, da UNESP, Campus de Botucatu, lotado no Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente. Endereço: Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, CEP: 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: gustavo.lessa@unesp.br*

<sup>4</sup> *Livre-Docente e Professora Aposentada Associada da Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, da UNESP, Campus de Botucatu, lotada no Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente. Endereço: Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, CEP: 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: czimback@gmail.com*

**RESUMO:** O desenvolvimento no meio rural demanda a adoção de técnicas de manejo e uso do solo que visam o desenvolvimento sustentável de práticas agrícolas para atender à crescente demanda por alimentos. Com isso, o objetivo do estudo foi classificar e mapear as terras favoráveis à utilização de máquinas e implementos agrícolas da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu, por meio de SIG. Foram utilizadas informações de textura, profundidade dos solos, uso da terra e declividade, classificados em graus de impedimento à mecanização agrícola (nulo, ligeiro, moderado e restrito). As Áreas de Preservação Permanente foram geradas, de acordo com o Código Florestal Brasileiro, e O definidas como áreas de restrição à mecanização agrícola, bem como uma unidade de conservação inserida na área de estudo (Parque Estadual de Proteção Integral da Campina do Encantado). A favorabilidade à mecanização foi avaliada com multicritério pelo método da combinação linear ponderada, sendo que 24,11% da área do estudo não possui impedimentos à mecanização e 17,5% possui impedimentos restrito ao manejo mecanizado. As técnicas de geoprocessamento foram eficientes na elaboração do mapa de favorabilidade à mecanização, sendo que a classe ligeira foi predominante quanto ao impedimento à mecanização em relação às demais classes: nula, moderada e restrita.

**Palavras-chaves:** agricultura sustentável, geoprocessamento, mecanização agrícola.

## EVALUATION OF FAVORABILITY TO THE AGRICULTURAL MECHANIZATION OF WATERSHEDS BY GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

**ABSTRACT:** Development in the rural environment requires the adoption of techniques to achieve sustainable development. Therefore, the aim of the study was to classify and map the lands, favorable to the use of agricultural machines and implements of the Pariquera-Açu River Basin, through GIS. Information of soil texture, soil depth, land use and slope were used, classified in degrees of impediment to agricultural mechanization (null, mild, moderate and restricted). The Permanent Preservation Areas were generated, according to the Brazilian Forest Code, and defined as areas of restriction to agricultural mechanization, as well as a conservation unit inserted in the study area (State Park of Integral Protection of Campina do Encantado). Favorability to mechanization was assessed with multicriteria using the weighted linear combination method, with 24.11% of the study area having no mechanization impediments and 17.5% having impediments restricted to mechanized management. The geoprocessing techniques were efficient to elaborate the map of favorability to mechanization.

**Keywords:** sustainable agriculture, geoprocessing, agricultural mechanization.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso desordenado do solo decorrente do crescimento populacional tem gerado demandas por mais alimentos e consequente sobreutilização do solo na expansão urbana e em outros usos.

Por sua vez estas demandas têm sido prejudicadas pela falta de um planejamento adequado baseado na utilização de técnicas de uso e manejo das terras. A não adoção de critérios técnicos no planejamento do uso e manejo das terras tem agravado os problemas ambientais (CORRÊA, 1995).

Na política ambiental, o planejamento agrícola é o instrumento utilizado no processo de gestão rural e das atividades agropecuárias (SOUZA, 1998). O planejamento agrícola funciona como um instrumento de sistematização das informações ajudando na solução de problemas e projeção de cenários para uma melhor utilização dos recursos naturais.

Como a administração dos recursos naturais demanda por informações atualizadas do meio ambiente recorre-se ao emprego do Sistema de Informações Geográficas (SIG), que possibilita a troca de informações entre vários bancos de dados, dentre eles, o uso adequado de máquinas e implementos agrícolas nas etapas da produção agrícola.

Dessa forma, o SIG é uma importante ferramenta no monitoramento ambiental, pois gera informações que auxiliam os gestores na tomada de decisão, quanto ao planejamento ambiental, que associado a análise multicritérios, tende a melhorar a qualidade da informação.

A análise multicritérios é um método de análise de alternativas para resolução de problema que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo

possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado (FRANCISCO et al., 2007).

Como a Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu insere-se na Mata Atlântica e é potencialmente agrícola (MYERS et al., 2000) é importante que suas terras sejam analisadas quanto ao uso adequado de máquinas e implementos agrícolas, quanto às restrições ambientais e uso racional no manejo das terras.

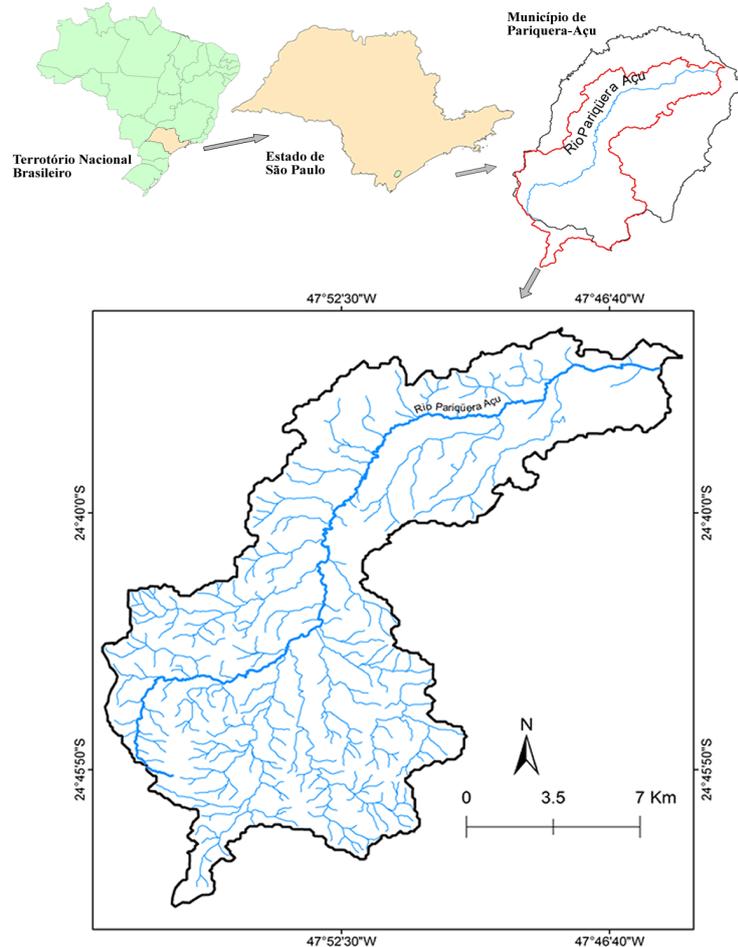
Além do mais, devido à falta de infraestrutura, desigualdade fundiária, qualidade dos solos e outros, têm afetado as Áreas de Preservação Permanente (APPs), no Vale do Ribeira, em razão da ocupação ilegal destas áreas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi classificar e mapear as terras favoráveis à utilização de máquinas e implementos agrícolas da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu, utilizando análise multicritérios pelo método de combinação linear ponderada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área

A Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu (Figura 1) localiza-se no município de Pariquera-Açu, no extremo sudeste do Estado de São Paulo. Essa bacia hidrográfica está em área de clima Cfa (clima subtropical com verão quente) entre 20 e 50%, de acordo com a nova classificação de Köppen (DUBREUIL et al., 2017). Inserida no bioma Mata Atlântica, com Floresta Ombrófila Densa sendo a fitofisionomia presente FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2009).

**Figura 1.** Localização da área de estudo

## 2.2 Materiais

- Carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Folha Pariqueira-Açu (SG-23-V-A-IV-1, 1:50.000);
- Fotografias aéreas, do ano de 2001, pertencentes ao levantamento do Programa de Proteção da Mata Atlântica da Secretaria do Meio Ambiente (PPMA-SMA), com escala nominal de 1:35.000;
- Imagens orbitais do satélite Landsat 5 (sensor TM), de órbita 220 e rota 077, com resolução espacial de 30 metros;
- Mapas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) de curvas de nível (equidistância de 20m) e de hidrografia (1:50.000), obtidos pelo Sistema de Informações Geográficas do Ribeira de Iguape e Litoral Sul do CBH-RB (2011);
- Mapa geológico (IPT, 1981), de escala 1:500.000, obtido pelo SIG-RB (2011);

- Mapa pedológico (LEPSCH et al. 1991), de escala 1:500.000, obtido pelo SIG-RB (2011);
- Mapa pluviométrico (2007), de escala 1:250.000, obtido pelo SIG-RB (2011);
- Arc GIS 10.2 (ESRI, 2014).

## 2.3 Métodos

### 2.3.1 Elaboração do banco de dados

As curvas de nível e a hidrografia da área de estudo foram obtidas do Sistema de Informações Geográficas do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (SIG-RB). As curvas de nível, com equidistância de 20 m, foram complementadas com a vetorização de informações de uma carta topográfica do IBGE, para se obter um produto com equidistância de 5 m. A hidrografia foi retificada a partir de fotografias aéreas,

referentes ao ano de 2011, do Programa de Proteção da Mata Atlântica da Secretaria do Meio Ambiente, em escala 1:35.000. As nascentes foram obtidas pela função *Features Vertices*, a partir da hidrografia, no ArcGIS 10.2 (ESRI, 2014).

Com as feições de curvas de nível e hidrografia, foi gerado um Modelo Numérico de Terreno (MNT) e, posteriormente, foi gerada a declividade percentual da área, classificada de acordo com as classes de relevo (EMBRAPA, 1979).

Utilizou-se o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM),

com o Datum Horizontal South American Datum (SAD-69) como referência horizontal. Os procedimentos foram realizados no ArcGIS 10.2 (ESRI, 2014).

### 2.3.2 Determinação de aptidão à mecanização

Textura do solo, profundidade do solo, uso da terra, APP e declividade foram classificados quanto a seu impedimento para mecanização, no ArcGIS 10.2 (ESRI, 2014). As diferentes texturas do solo foram classificadas de acordo com seu impedimento à mecanização, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes de textura de acordo com seu impedimento à mecanização

Textura do solo	Areia (%)	Argila (%)	Impedimento à mecanização
Arenosa	> 70	-	Moderado
Média	> 15	< 35	Nulo
Argilosa	-	35 a 60	Nulo
Muito Argilosa	-	> 60	Moderado
Siltosa	< 15	< 35	Muito Forte

Fonte: adaptado de EMBRAPA (1999) e Lemos e Santos (1996)

Para classificação da profundidade efetiva dos solos, foi considerada a profundidade até o horizonte ou camada onde a presença de raízes foi descrita “poucas”. Assim, as classes “raras” e “ausentes” não

foram consideradas (LEPSCH et al., 1991). Esta apresentada na Tabela 2 a classificação desse parâmetro com relação ao impedimento à mecanização.

**Tabela 2.** Classes de profundidade de acordo com seu impedimento à mecanização

Classificação da Profundidade	Profundidade (m)	Impedimento à mecanização
Muito Profundo	> 0,8	Nula
Profundo	0,6 a 0,8	Ligeira
Mod. Profundo	0,4 a 0,6	Moderada
Raso	0,2 a 0,4	Forte
Muito Raso	0 a 0,2	Muito Forte

Fonte: adaptado de Lepsch et al. (1991) e EMBRAPA (1999)

Quanto ao mapa do uso da terra, a restrição nula foi atribuída aos locais de agricultura de cultura cíclica e de agricultura de cultura permanente. As demais áreas foram classificadas como tendo forte restrição à mecanização pois trata-se de uma região bem

preservada e com grandes áreas de matas nativas.

A Tabela 3 demonstra a classificação adotada para o impedimento à mecanização, de acordo com as classes de relevo.

**Tabela 3.** Impedimento à mecanização de acordo com a declividade

Declividade (%)	Relevo	Impedimento à mecanização
0-3	Plano	Nulo
3-8	Suave ondulado	Ligeiro
8-13	Moderadamente ondulado	Moderado
13-20	Ondulado	Forte
20-45	Fortemente ondulado	Muito forte
>45	Montanhoso e escarpado	Restrito

Fonte: adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995)

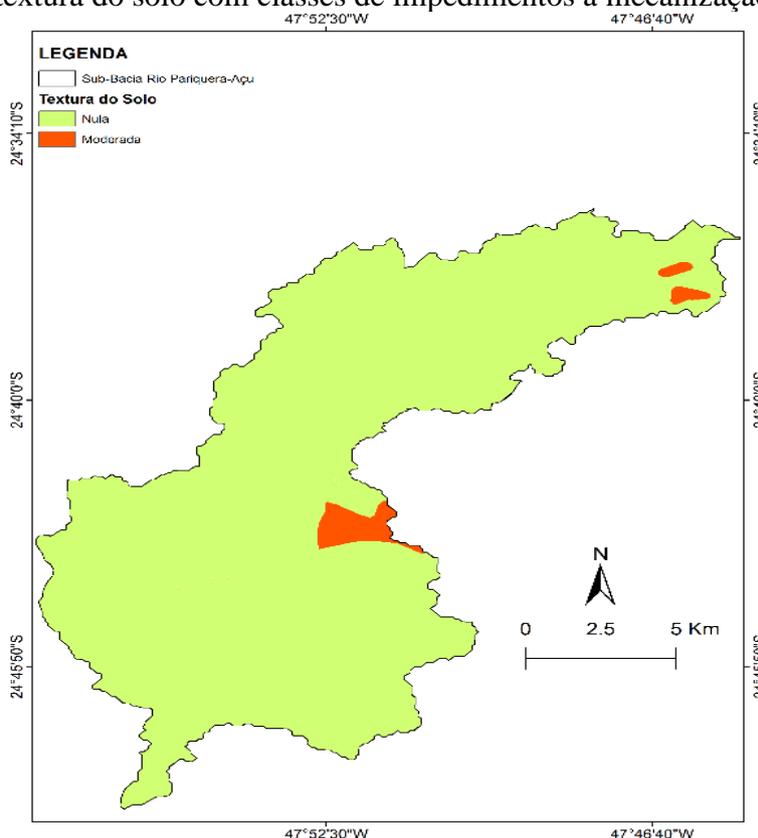
Por meio da ferramenta *buffer*, foram geradas as Áreas de Preservação Permanente (APP) de nascentes e hidrografia, com 50 m de raio e 30 m de largura marginal, respectivamente (BRASIL, 1986). O Parque Estadual de Proteção Integral da Campina do Encantado, inserido na área de estudo, é uma unidade de conservação e foi definido como área de restrição, bem como as APP.

As informações de textura, profundidade do solo, uso da terra e declividade foram combinadas por tabulação cruzada (com pesos iguais) para determinação das áreas aptas à mecanização. As APP e a unidade de conservação presente na área de

estudo foram definidas como áreas restritas à mecanização.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo, foram mapeados locais com Cambissolo Háplico, Gleissolo Háplico, Latossolo Amarelo (classificados como nulo impedimento à mecanização) e Chernossolo Argilúvico, Espodossolo Húmilúvico, e Nitossolo Háplico, com moderado impedimento à mecanização (OLIVEIRA, 1999). A Figura 2 apresenta o resultado das informações de textura do solo classificadas em graus de impedimento à mecanização.

**Figura 2.** Mapa de textura do solo com classes de impedimentos a mecanização.

Foram adotadas as profundidades dos solos do levantamento de reconhecimento, por não haver na literatura levantamentos detalhados na área de estudo (OLIVEIRA, 1999). Não foi detectada nenhuma restrição, pois todos

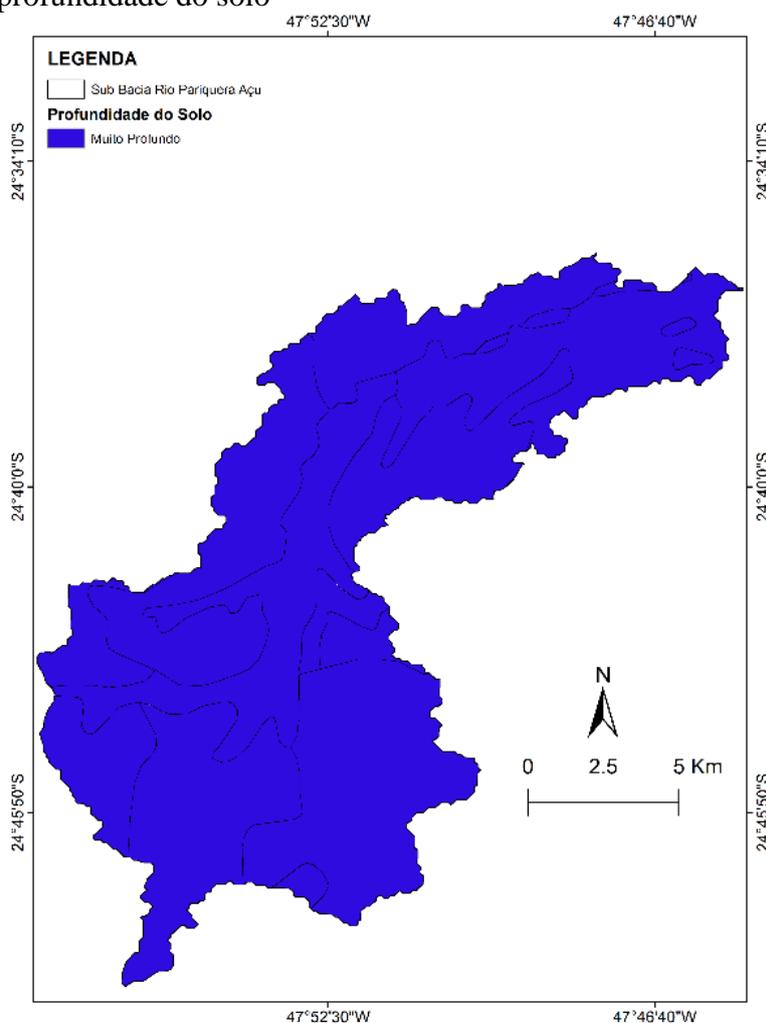
apresentam profundidade superior a 1 metro (Tabela 4). Está apresentado na Figura 3 os resultados do mapeamento de profundidade do solo da área de estudo, classificado quanto ao impedimento à mecanização.

**Tabela 4.** Classe de solo, profundidade e restrição

Classificação	Profundidade (cm)	Impedimento à mecanização
Cambissolo Háplico	150	Nulo
Chernossolo Argilúvico	250	Nulo
Espodosolo Húmiluvico	195	Nulo
Gleissolo Háplico	140	Nulo
Latossolo Amarelo	300	Nulo
Nitossolo Háplico	200	Nulo

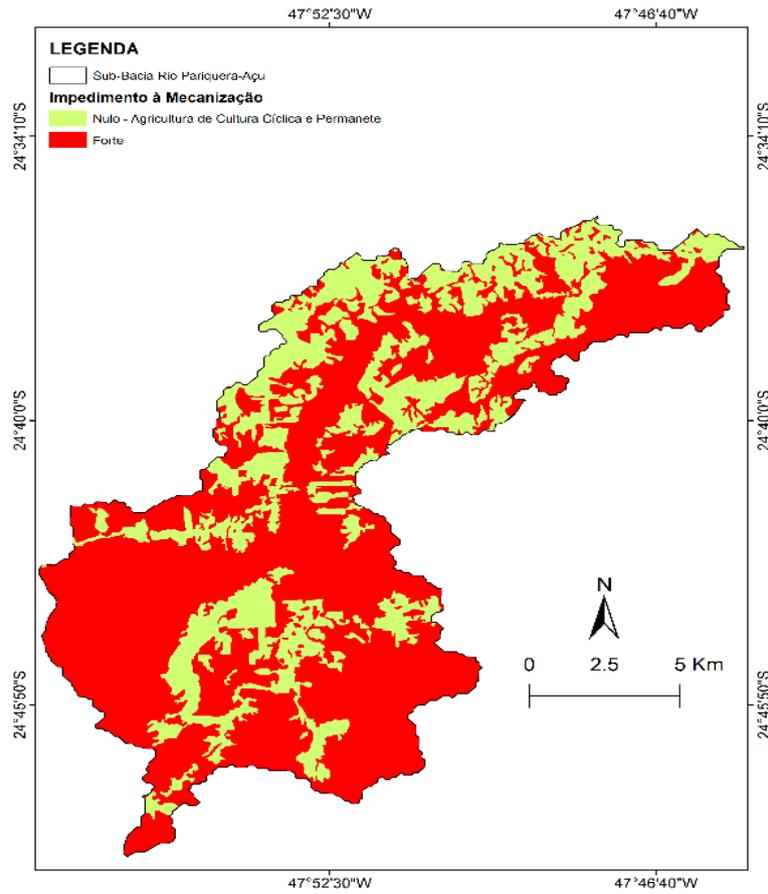
Fonte: adaptado de Oliveira (1999)

**Figura 3.** Mapa de profundidade do solo

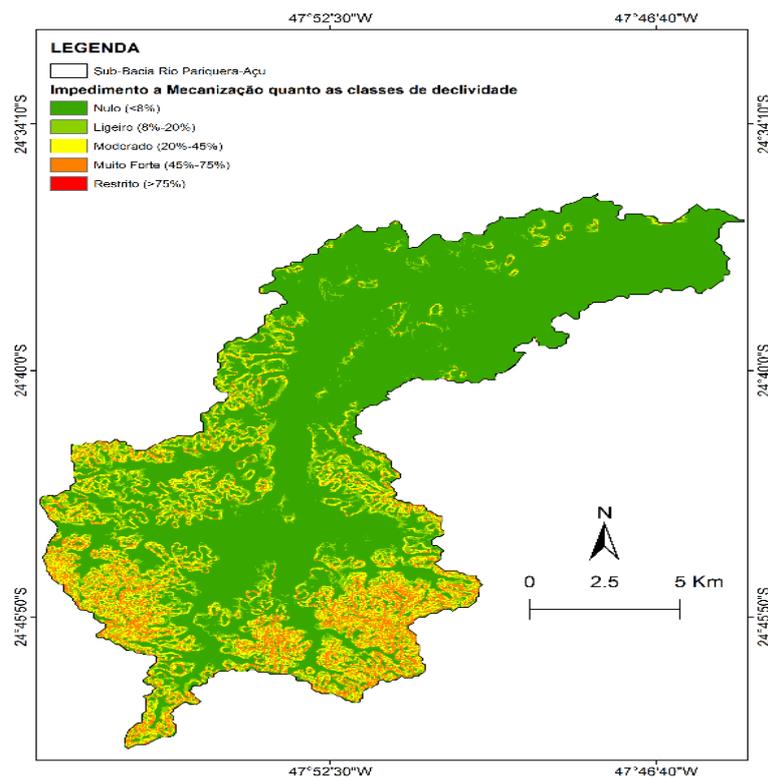


Os usos da terra adotados com restrição nula foram os de agricultura de cultura cíclica e de agricultura de cultura permanente. Na

Figura 4 é apresentado o mapa de uso do solo reclassificado quanto ao impedimento à mecanização, em nulo e forte.

**Figura 4.** Mapa de uso do solo reclassificado

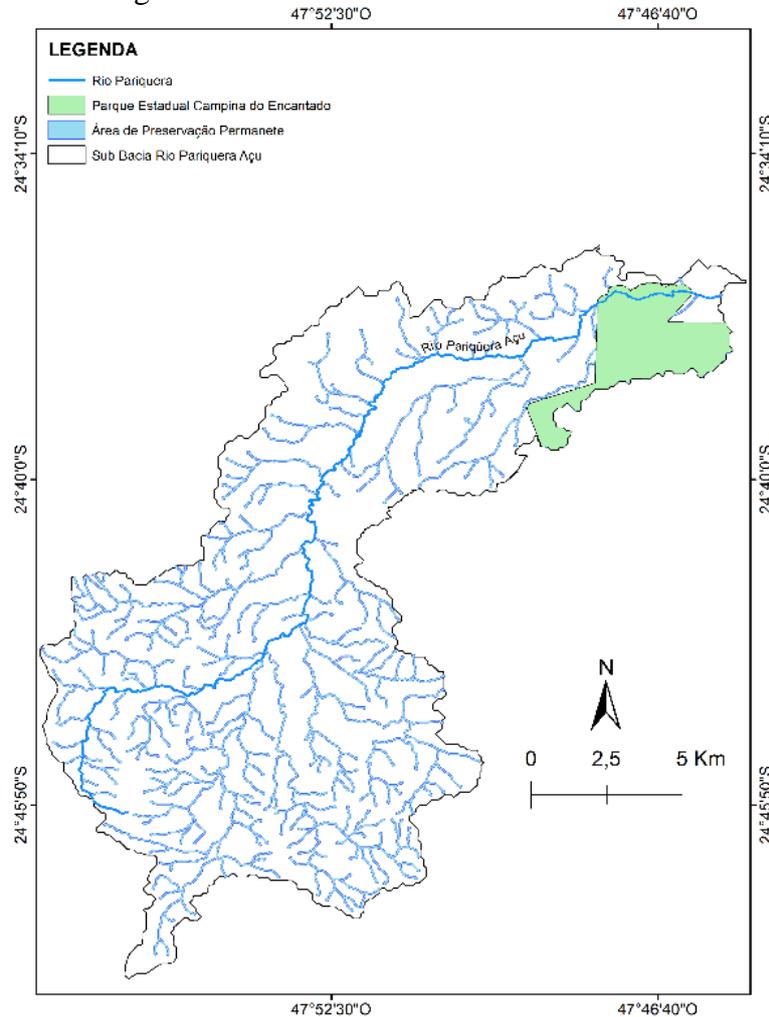
Na Figura 5 é apresentado o mapa com as classes de declividade da área de estudo quanto ao impedimento a mecanização.

**Figura 5.** Mapa de classes de declividade

As APP mapeadas na área de estudo, assim como a unidade de conservação nela inserida constam na Figura 6. Essas áreas

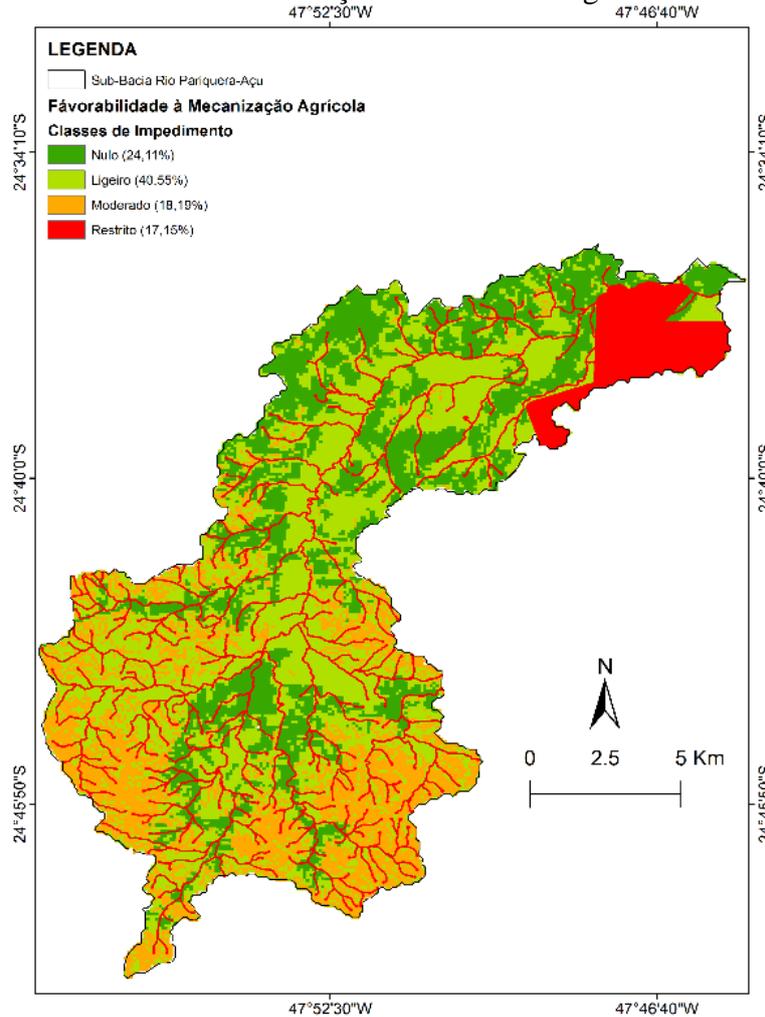
foram definidas como restritas à mecanização agrícola.

**Figura 5.** Mapa da rede drenagem e APP da área de estudo.



O mapa de favorabilidade à mecanização da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu apresentou os seguintes percentuais: 24,11% da área não existe qualquer impedimento à mecanização; 40,55%

com impedimento ligeiro; 18,19% com impedimento moderado; não apresentou impedimento muito forte e 17,15% da área com impedimento restrito à mecanização, conforme ilustrado na Figura 7 e Tabela 5.

**Figura 6.** Mapa de favorabilidade à mecanização da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu.**Tabela 5.** Áreas favoráveis à mecanização na Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu

<b>Impedim. à mecanização</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Nulo</b>	4864	24,11
<b>Ligeiro</b>	8180	40,55
<b>Moderado</b>	3670	18,19
<b>Muito Forte</b>	0	0,00
<b>Restrito</b>	3461	17,15
<b>Total</b>	<b>20175</b>	<b>100</b>

#### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu possui favorabilidade à mecanização agrícola, com predomínio das maiores áreas nas classes quanto aos impedimentos à mecanização classificados como nulo e ligeiro em toda bacia, de acordo com os seguintes fatores:

- ✓ O mapa pedológico e de classes de declive foram efetivos e demonstraram a influência desses fatores com relação às práticas mecanizadas;
- ✓ A classe ligeira foi predominante no impedimento à mecanização, seguida pelas classes nula, moderada e restrita;
- ✓ O mapa de favorabilidade à mecanização proposta, não pretende ser inalterável, nem sequer universal, devendo ser

melhorada e adaptada às particularidades de diferentes localidades;

- ✓ As técnicas de geoprocessamento e os métodos aplicados neste trabalho se mostraram eficientes no estudo proposto e na confecção do mapa de favorabilidade à mecanização na Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu.

Dessa forma, as técnicas de geoprocessamento apresentadas permitem a elaboração de mapas digitais, e o estudo proposto mostrou, de forma simples e eficiente resultados confiáveis, que poderão ser

utilizados para tomada de decisão em futuros planejamentos de conservação e projetos ambientais da área. Assim, a metodologia se mostrou eficaz na elaboração do estudo, servindo como subsídio para futuros trabalhos em outras áreas.

## 5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante a realização da Dissertação.

## 6 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 2548-2549, 17 fev. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acesso em: 21 jul. 2013.
- CORRÊA, A. A. M. Produção de alimentos para sobrevivência dos brasileiros. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1995, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: Embrapa-CPATSA/SBCS, 1995. p. 272-273.
- DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, Paris, n. 41, p. 1-27, 2017.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *In*: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula [...]**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1999.
- ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands: ESRI, 2014. Disponível em <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. Espacialização de análise multicritério em SIG: prioridades para recuperação de Áreas de Preservação Permanente. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 2643-2650.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**: Período 2005-2008. Relatório Final. São Paulo: ArcPlan, 2009.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIERS, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres, v. 403, p. 853-858, 2000.
- LE MOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.

ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico, por João Bertoldo de Oliveira. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999.

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

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL DO CBH-RB. **Banco de Dados Geográfico**. Registro: AMAVALES/FEHIDRO-CBH-RB, 2009. Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/?id=3&proj=15>. Acesso em: 10 maio 2011.

SOUZA, R. S. **Economia política do meio ambiente**. Pelotas: Educat, 1998.