

CLASSES DE DECLIVIDADE DO TERRENO E POTENCIAL PARA MECANIZAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ

Pedro Höfig¹, Cezar Francisco Araujo-Junior²

(Recebido: 14 de julho de 2014; aceito: 15 de outubro de 2014)

RESUMO: A declividade do solo é uma das principais características geomorfológicas limitantes à utilização de máquinas agrícolas. Objetivou-se, neste estudo, analisar a declividade do terreno no estado do Paraná e classificá-lo quanto a potencialidade à mecanização. A área de abrangência do estudo compreende toda a área recomendada ao cultivo de cafeeiros no estado do Paraná que compreende as coordenadas de latitudes Sul a 22° 51' 50" a 24° 76' 70" e de longitudes Oeste 49° 55' 30" a 54° 34' 20" de Greenwich. Nesta área, mapas de declividade (mapas clinográficos) do terreno foram elaborados por meio de técnicas de Geoprocessamento. A análise da declividade do terreno foi elaborada a partir da carta de declividade originada de imagens orbitais adquiridas pela Missão Topográfica de Radar Transportado — SRTM, da NASA, com uma resolução espacial de 90 m. Essas imagens foram importados para o ArcGIS 10® e os mapas de declividade do solo foram gerados, a partir da ferramenta “slope”. As classes de declividade do solo foram classificadas de acordo com a potencialidade à mecanização em extremamente apta (0 — 5 %), muito apta (5,1 — 10 %), apta (10,1 — 15 %), moderadamente apta (15,1 — 20 %), e não recomendada (> 20 %). Os resultados permitiram observar que, do total da área de abrangência deste estudo, 89 % dos terrenos não são limitantes à mecanização, pelo critério classes de declividade. Das mesorregiões, a Noroeste é a que apresenta maior potencial à mecanização da cafeicultura. Por outro lado, a Norte Pioneiro, onde se concentra 37 % da cafeicultura do Estado, há 10 % da área não recomendada à mecanização com base nas classes de declividade, o que representa uma área de 160.000 hectares.

Termos para indexação: Relevo, mapeamento digital, mapas clinográficos, cafeicultura adensada, trafegabilidade de máquinas.

TERRAIN SLOPE CLASSES AND POTENTIAL FOR MECHANIZATION TO COFFEE PLANTATION IN THE STATE OF PARANÁ

ABSTRACT: The soil slope is one of the most soil geomorphological properties limiting the use of agricultural machinery. Thus, the aim of this study was to analyze the slope terrain in the state of Paraná and classify them as the potential for mechanization. The area covered by the study comprises all recommended the cultivation of coffee in the State of Paraná area comprising the coordinates of the southern latitudes 22° 51' 50" to 24° 76' 70" west longitude and 49° 55' 30" to 54° 34' 20" from Greenwich. In this area, slope maps (clinographic maps) of land were developed through GIS techniques. The analysis of soil slope was elaborated from the slope satellite images acquired by the by the Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, NASA, with a spatial resolution of 90 m. These images were imported into ArcGIS® 10 and slope soil maps were generated from the tool slope. The mesoregions of the State of Paraná were divided into: Northwest, Central North, Old North, Western Center and West. The soil slope classes were classified according to the potential for mechanization in extremely able (0 to 5 %), very able (5.1 to 10 %), able (10.1 to 15 %), moderately able (15.1 -20 %) and not recommended (> 20 %). Our results showed that the total indicated by the Climatic Zoning of the State of Parana for the cultivation of coffee, 89 % of the land area are not limiting to mechanization by the criterion of soil slope classes. Among of the regions, the Northwest is the one with the greatest potential for mechanization of coffee. On the other hand, the Northern Pioneer mesoregion, which concentrates 37 % of coffee plantations in the State of Paraná, there are 10 % of the area not recommended for mechanization based on slope, which represents an area of 160,000 hectares. Therefore, the low adoption to mechanized in coffee plantations in the State of Paraná is not due limitations imposed by the slope on mechanization.

Index terms: Relief, digital mapping, clinographic maps, high coffee population density, machines trafficability.

1 INTRODUÇÃO

A declividade é a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal (FLORENZANO, 2008a). Esse aspecto do terreno é uma das principais características geomorfológicas limitantes à utilização de máquinas agrícolas uma vez que está intimamente ligada às condições de tráfego, pois afeta a velocidade de deslocamento

e a estabilidade das máquinas. Além disso, é considerada como uma restrição natural à produtividade do solo, a qual pode ser classificada em três grupos (MUELLER et al., 2010).

Além dos aspectos relacionados à mecanização, a declividade pode influenciar diretamente na quantidade de radiação solar que chega às diferentes encostas e explicar as diferenças observadas na distribuição e nas

¹Catena Planejamento Territorial - Av. Rio de Janeiro, nº 221 - 11º andar, Salas 111-112 - 86010-150 - Londrina - PR
herr.hoefig@gmail.com

²Instituto Agrônomo do Paraná/IAPAR - Área de Solos - ASO - Rodovia Celso Garcia Cid - Km 375 - 86.047-902 - Londrina - PR
cezar_araujo@iapar.br

propriedades dos solos em encostas (CHAGAS et al., 2013), no desenvolvimento das redes de drenagem e distribuição do escoamento superficial que, por sua vez, estão relacionados com as perdas de solo (RÖMKENS; HELMING; PRASAD, 2001). A declividade do solo em lavouras cafeeiras pode alterar ainda propriedades físicas como a microporosidade e estabilidade de agregados em água e o teor de matéria orgânica (IORI et al., 2014).

Além da declividade do solo, a extensão e forma das pendentes, condições de drenagem, textura, rochosidade, pedregosidade e profundidade efetiva do perfil do solo (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994), a umidade do solo no momento do tráfego de máquinas e a capacidade de suporte de carga do solo em lavouras cafeeiras (ARAUJO-JUNIOR et al., 2008, 2011a; GONTIJO et al., 2008; SANTOS et al., 2009; SILVA et al., 2006) condicionam o uso ou não de mecanização, já que influenciam a produtividade das máquinas e também indicam a resistência do solo à compactação (ARAUJO-JUNIOR et al., 2008) e danos ambientais, causados por este processo físico de degradação do solo.

A declividade também condiciona o acúmulo de matéria orgânica do solo em lavouras cafeeiras. Maiores conteúdos de matéria orgânica foram observados em lavouras cafeeiras planas (declividade de 3 %) enquanto que, em locais com declividades entre 9 % e 15 %, conteúdos menores de matéria orgânica do solo foram observados, o que pode ser explicado pela menor perda de solo e carbono por erosão (IORI et al., 2014). Como demonstrado por Römken, Helming e Prasad (2001), a perda de sedimentos aumenta com a declividade independente da condição da superfície do solo. Devido a isso, a declividade foi considerada como o fator mais determinante na erodibilidade dos solos do Centro-Oeste do estado de São Paulo (VALLADARES et al., 2012).

A mecanização agrícola, de modo geral, aumenta consideravelmente a capacidade produtiva da mão de obra rural (SILVA et al., 2010b). Assim, a mecanização é apontada como uma das principais tecnologias demandadas para a redução dos custos de produção na lavoura cafeeira. Essa é vital para aumentar a competitividade e constitui uma estratégia fundamental de garantia da sobrevivência da cafeicultura brasileira (CORRÊA et al., 2009), o que tem levado os produtores a intensificarem as operações mecanizadas em áreas aptas ao tráfego de máquinas.

A cafeicultura no estado do Paraná caracteriza-se pelo cultivo adensado dos cafeeiros com populações de plantas entre 5.000 a 10.000 plantas por hectare, que garante aos produtores uma maior produtividade por área (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR, 1991). O sistema de cultivo de plantio adensado também promove alta reciclagem de nutrientes por meio da incorporação da matéria orgânica obtida dos resíduos das folhas e cobertura vegetal, pelo adensamento (PAVAN et al., 1999), o que garante uma menor dependência por fertilizantes minerais.

Apesar da maior densidade de plantio da cultura cafeeira no estado do Paraná possa ser vista como limitante à mecanização das lavouras cafeeiras, há no mercado máquinas disponíveis, desde o plantio até a colheita para lavouras adensadas, o que proporciona um aumento considerável na capacidade da mão de obra.

O mapeamento digital tem sido utilizado em estudos de diferentes naturezas dentre os quais a espacialização e dinâmica de áreas cafeeiras no estado de Minas Gerais (SOUZA et al., 2012), caracterização do meio físico em lavouras cafeeiras no estado do Paraná (TRABAQUINI et al., 2010) e determinação de atributos topográficos que controlam a distribuição de água e materiais solúveis das partes mais elevadas para as mais baixas (CHAGAS et al., 2013).

Apesar de alguns estudos demonstrarem diferentes aplicações e o potencial do mapeamento digital, nota-se a carência de estudos em mapeamento digital que relacionem as classes de declividade com a potencialidade à mecanização no estado do Paraná. Objetivou-se, neste estudo, analisar a declividade do terreno no estado do Paraná e classificá-lo, quanto a potencialidade à mecanização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área indicada pelo Zoneamento Climático para o cultivo de cafeeiros no estado do Paraná (CARAMORI et al., 2003) e teve caráter estadual e regional. A área de estudo compreende as coordenadas de latitudes Sul a 22° 51' 50" a 24° 76' 70" e de longitudes Oeste 49° 55' 30" a 54° 34' 20" de Greenwich.

As mesorregiões do estado do Paraná foram divididas em Noroeste, Norte Central, Norte Velho, Centro Ocidental e Oeste (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 1990).

Além da divisão por mesorregiões, o estado do Paraná é dividido quanto à sua geomorfologia em três unidades morfoestruturais, cinco unidades morfoesculturais e cinquenta subunidades morfoesculturais (SANTOS et al., 2006). As unidades morfoestruturais existentes são classificadas como Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, Depressão Periférica da Borda Leste e Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste (ROSS, 1985).

Cartas de declividade foram elaboradas no *software* ArcGIS 10® e tiveram como base um Modelo Digital de Elevação – MDE. O MDE é um plano de informação que descreve a altitude, ponto a ponto, de uma determinada área. Ele pode ser gerado a partir de diferentes fontes de dados: medidas de campo com GPS em modo diferencial, cartas topográficas ou sensoriamento remoto (FLORENZANO, 2008b).

O MDE utilizado foi o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Os produtos SRTM são sensores de visada vertical e lateral, logo, são capazes de reproduzir altitudes. Isto é, são modelos digitais de elevação que representam em três dimensões espaciais o relevo, latitude, longitude e altitude. As imagens SRTM que recobrem a maioria das regiões globais possuem uma resolução espacial de aproximadamente 90 metros (3 arcsecond) e estão em WGS 84 (CARVALHO & BAYER, 2008).

A declividade é um atributo primário calculado diretamente a partir do Modelo Digital de Elevação (MOORE et al., 1993). Dessa forma, as imagens SRTM foram importadas no *software* ArcGIS 10® e com a ferramenta *slope* calculou-se a declividade. A ferramenta *slope* calcula a taxa de mudança máxima, a partir de oito células adjacentes a uma célula central. O valor da inclinação do plano formado por nove células foi calculado por meio da técnica de média máxima.

Se a célula adjacente à central ou na borda do quadro estiver fora do âmbito de varredura, conter valores nulos ou lacunas e/ou problemas referentes à modelos de elevação do terreno (CARVALHO; BAYER, 2008), nesta célula foi atribuído o valor da célula central.

A declividade em porcentagem foi calculada pela mudança na altura (dZ), dividida pela mudança na distância (dX) multiplicada por 100 [Declividade % = (dZ/dX)*100]. Essa extensão informou a inclinação do relevo pelo diferencial altimétrico entre as células adjacentes.

Os mapas de declividade ou clinográficos foram elaborados para a área apta ao cultivo de cafeeiros no estado do Paraná, indicada pelo Zoneamento Climático para o cultivo de cafeeiros no estado do Paraná (CARAMORI et al., 2003).

As classes de declividade dos terrenos foram distribuídas de acordo com a potencialidade à mecanização em: a) extremamente apta (0 – 5 %), b) muito apta (5,1 – 10 %), c) apta (10,1 -15 %), d) moderadamente apta (15,1 – 20 %), e e) não recomendada (> 20 %) conforme Silva et al. (2010b).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado do Paraná possui em 7,36 milhões de hectares, condições climáticas para o cultivo de cafeeiros o que representa, aproximadamente, 1/3 da área total (Figura 1). Do total da área indicada pelo Zoneamento Climático do estado do Paraná para o cultivo de cafeeiros (CARAMORI et al., 2003), 33 % das terras foram classificadas como muito aptas à mecanização, 28 % consideradas aptas e 15 % extremamente aptas. Em 13 % dessas terras, a mecanização é moderadamente apta e, em 11 %, não se recomenda a mecanização (Figura 1).

Considerando as classes de declividade do solo, observou-se que esse território possui elevada potencialidade à utilização de máquinas agrícolas, com 89 % das áreas aptas à mecanização (Figura 1), valor superior ao encontrado por Silva et al. (2010a), no sul e sudoeste de Minas Gerais, quando esses autores consideraram apenas as áreas cultivadas com cafeeiros.

Embora as terras encontradas na zona de aptidão climática ao cultivo de cafeeiros sejam benéficas à trafegabilidade de máquinas, ressalta-se que o elevado potencial à mecanização das terras favorece a utilização intensiva de máquinas, em momentos inadequados ao tráfego em solos com elevada umidade, o que aumenta o potencial e pode provocar processos de degradação da estrutura dos solos, como a compactação que altera a capacidade de suporte de carga dos solos (ARAUJO-JUNIOR et al., 2008, 2011a; GONTIJO et al., 2008; SANTOS et al., 2009; SILVA et al., 2006), o sistema poroso e a capacidade de retenção de água pelo solo (ARAUJO-JUNIOR et al., 2011b) e a estabilidade dos agregados em água (IORI et al., 2014). Como ressaltado anteriormente, a capacidade de suporte de carga dos solos é uma medida da resistência do solo à compactação (ARAUJO-JUNIOR et al., 2008).

Entre as mesorregiões paranaenses, a Noroeste é a que apresenta maior potencial à mecanização, com 81 % das áreas distribuídas nas classes extremamente apta e muito apta à mecanização (Figura 2). Além do aspecto declividade favorável à mecanização, destaca-se que os solos dessa região são derivados do Arenito Caiuá e, com isso, são predominantemente arenosos, o que favorece a drenagem interna e a trafegabilidade de máquinas.

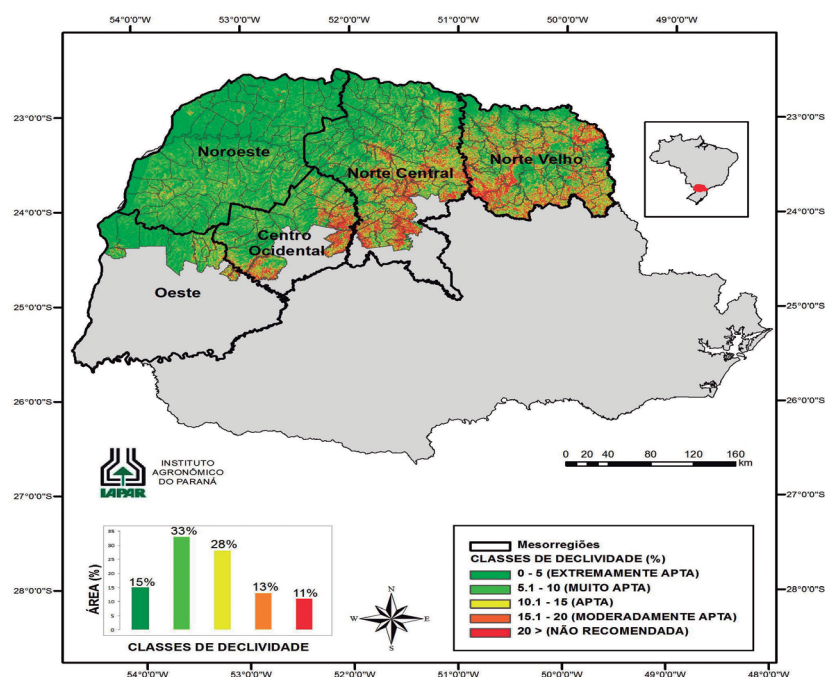


FIGURA 1 - Mapa do estado do Paraná com as mesorregiões em estudo, classes de declividade e potencial à mecanização das terras. A área em cinza na figura não é recomendada ao cultivo de café por pelo Zoneamento Climático do Estado do Paraná (CARAMORI et al., 2003).

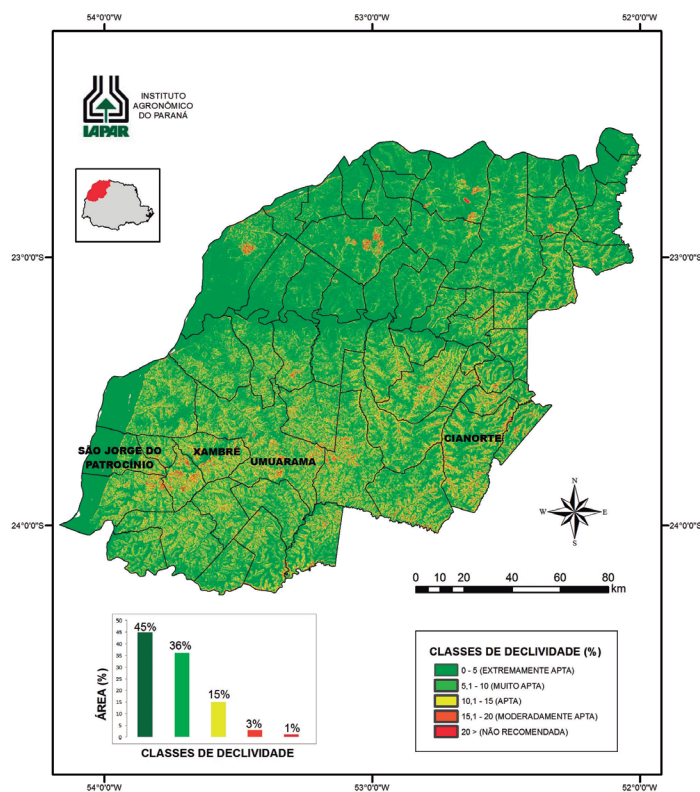


FIGURA 2 - Classes de declividade e potencialidade à mecanização das terras na mesorregião Noroeste do estado do Paraná.

Por outro lado, os solos dessa região apresentam alta susceptibilidade à erosão pela baixa coesão entre as partículas, tornando-os frágeis, o que requer uma atenção especial para o seu manejo.

Outro aspecto negativo que vale ressaltar, é o aumento do risco à geadas, uma vez que, 45 % das áreas situam-se em terrenos com declives até 5 %, o que faz com que o ar frio se acumule nessas áreas. Umuarama/PR possui 29 % das lavouras cafeeiras situadas em terrenos com até 3 % de declividade, o que favorece o acúmulo de ar frio e aumenta a suscetibilidade à geadas (TRABAQUINI et al., 2011). Portanto, o relevo suave é benéfico ao tráfego de máquinas, mas pode aumentar o risco da atividade cafeeira nessas áreas, com relação à geadas.

A inclinação do relevo na mesorregião Norte Velho é a que apresenta maior limitação à mecanização, já que, em 10 % da área (160.000 hectares), a declividade é superior a 20 % e, portanto, não se recomenda a mecanização (Figura 3).

Entretanto, vale ressaltar que nessa mesorregião concentra-se a cafeicultura mais tecnificada do estado do Paraná. Além da maior tecnologia do sistema de produção nessa área, a maior área de plantio localiza-se nessa região (37 % da área de café cultivada no Estado), o que indica, que, nem sempre, declividades superiores a 20 % é limitante ao desenvolvimento da atividade cafeeira.

Na região Norte Central, de um total de 2.453.907 ha, 2.033.353 ha são aptos climaticamente ao cultivo de cafeeiros, o que corresponde a 82,86 % da área total. A potencialidade à mecanização ficou distribuída nas seguintes classes de declividade: 26 % das áreas apresentam-se extremamente aptas à mecanização, 41 % muito aptas e 18 % aptas. Nessa região, 7 % das áreas foram classificadas como moderadamente aptas à mecanização e 8 % dos solos foram classificados como não recomendados à mecanização (Figura 4).

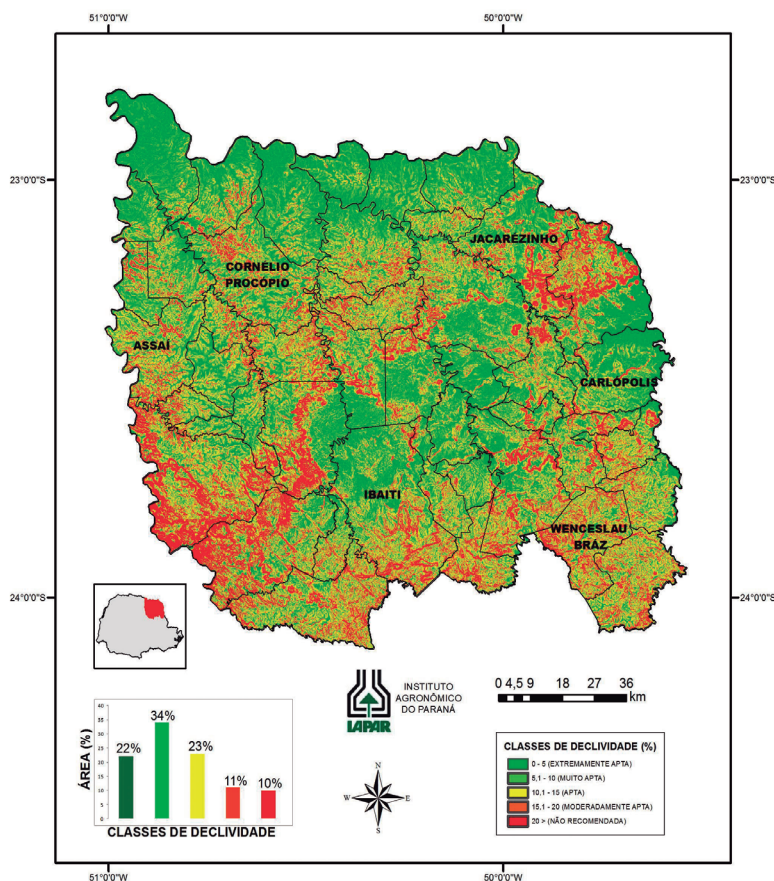


FIGURA 3 - Classes de declividade e potencialidade à mecanização das terras, na mesorregião e Norte Velho do estado do Paraná.

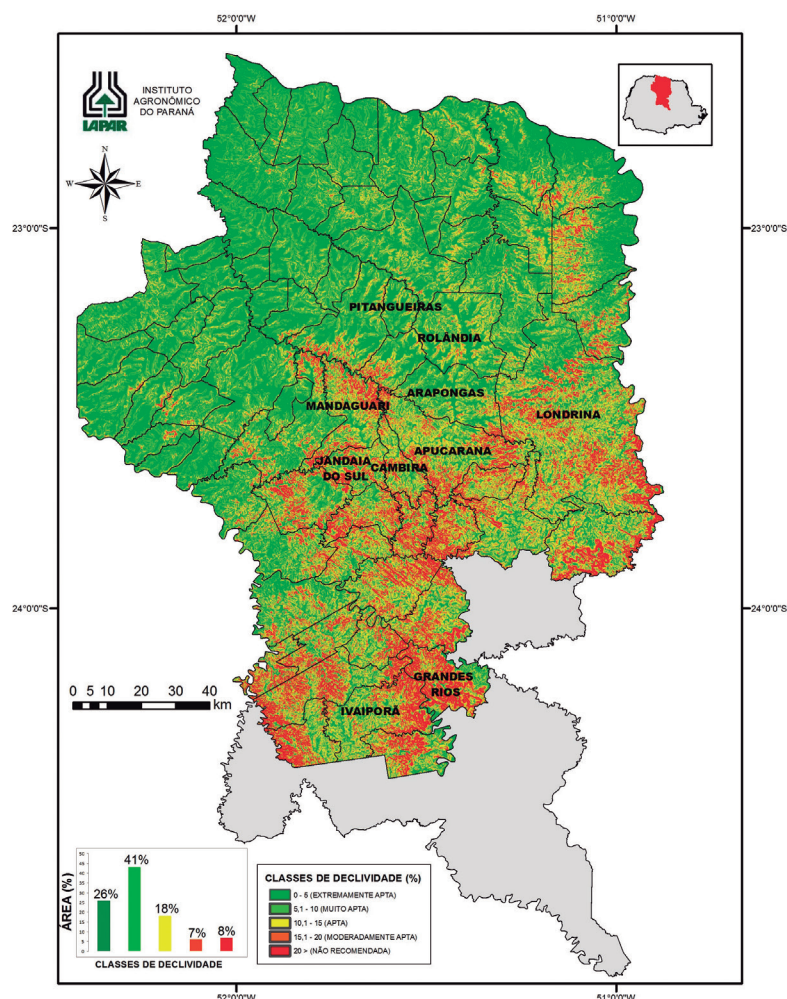


FIGURA 4 - Classes de declividade e potencialidade à mecanização das terras na mesorregião Norte Central do estado do Paraná. A área em cinza na figura não é recomendada ao cultivo de cafeeiros, pelo Zoneamento Climático do Estado do Paraná (CARAMORI et al., 2003).

Com base no sistema de aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994), Castro Filho et al. (1991) classificaram os solos da região Norte do estado do Paraná como altamente aptos à mecanização. Por outro lado, esses autores destacaram que, devido à mecanização intensiva na região, potencializada por relevos mais suaves, há ocorrência de processos de degradação físico do solo, tais como a compactação e erosão hídrica acelerada relacionados à utilização intensiva de máquinas. Portanto, apesar do potencial à mecanização dos solos dessa região, o tráfego de máquinas deve ser realizado com cautela para não promover a degradação da estrutura do solo.

A região Centro Ocidental representa 43 % da área total das terras muito apta à mecanização (Figura 5).

Já a mesorregião oeste, onde há poucos municípios aptos climaticamente ao cultivo do cafeeiro, 44 % das áreas são muito aptas à mecanização (Figura 6).

Portanto, os dados apresentados neste estudo permitem visualizar as mesorregiões do estado do Paraná com maior potencialidade à mecanização dos terrenos, quando se analisa o aspecto geomorfológico declividade. A declividade afeta a trafegabilidade de máquinas, principalmente na velocidade de deslocamento e estabilidade. Pelos resultados obtidos com relação à declividade, ressalta-se a possibilidade de expansão do sistema mecanizado frente à necessidade de suprir a baixa disponibilidade de mão de obra para a condução e colheita da lavoura cafeeira paranaense.

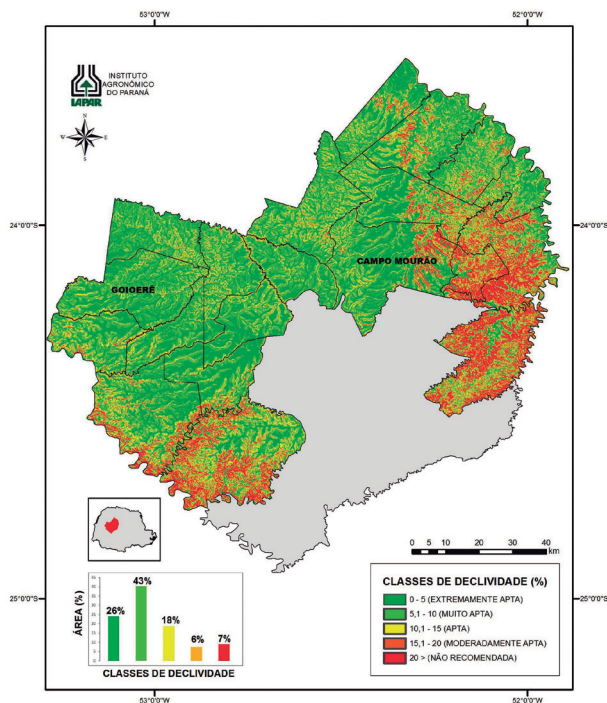


FIGURA 5 - Classes de declividade e potencialidade à mecanização das terras, na mesorregião Centro Ocidental do estado do Paraná. A área em cinza na figura não é recomendada ao cultivo de cafeeiros, pelo Zoneamento Climático do Estado do Paraná (CARAMORI et al., 2003).

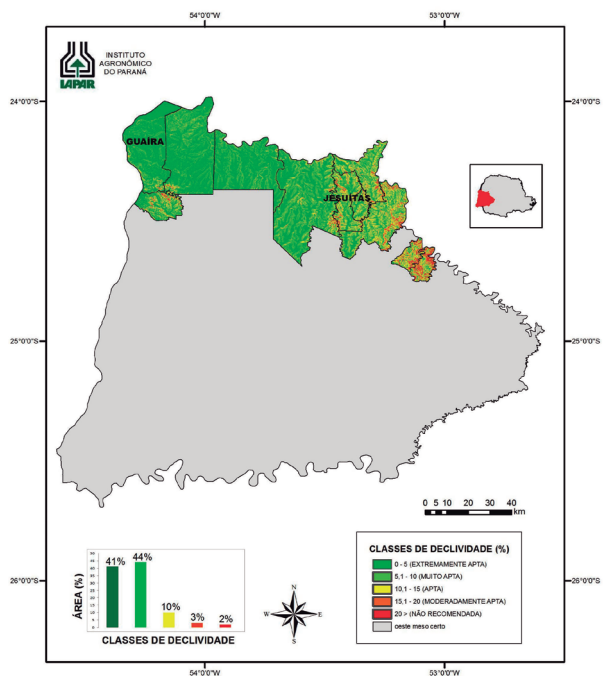


FIGURA 6 - Classes de declividade e potencialidade à mecanização das terras, na mesorregião Oeste do Estado do Paraná. A área em cinza na figura não é recomendada ao cultivo de cafeeiros, pelo Zoneamento Climático do Estado do Paraná (CARAMORI et al., 2003).

4 CONCLUSÕES

A inclinação do terreno foi considerada muito apta à mecanização (declividade < 5 %) em 15 % da área, o que corresponde a 1,1 milhões de hectares.

A mesorregião Noroeste do estado do Paraná é a que apresenta maior potencial à mecanização, com 81 % de suas terras distribuídas nas classes extremamente apta e muito apta à mecanização.

Na área de abrangência deste estudo no estado do Paraná, 11% não se recomenda a mecanização (declividade > 20 %), infere-se, portanto, que a baixa adesão à mecanização na cafeicultura neste estado não é devido às limitações impostas pelo relevo ao tráfego de máquinas.

5 REFERÊNCIAS

- ARAUJO-JUNIOR, C. F. et al. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo e umidade crítica para o tráfego de um trator. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 115-131, 2011a.
- _____. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejos de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 25-32, 2008.
- _____. Sistema poroso e capacidade de retenção de água de um Latossolo submetido a diferentes manejos de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 499-513, 2011b.
- CARAMORI, P. H. et al. **Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2003. v. 1, 76 p.
- CARVALHO, T. M.; BAYER, M. Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2008.
- CASTRO FILHO, C. et al. Tillage methods and soil water conservation in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 1/2, p. 271-283, 1991.
- CHAGAS, C. da S. et al. Atributos topográficos na diferenciação de Argissolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1441-1453, 2013.
- CORRÊA, S. et al. Café do amanhã. In: BELING, R. R. (Ed.). **Anuário brasileiro do café**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2009. p. 20-91.
- FLORENZANO, T. G. Introdução à geomorfologia. In: _____. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.
- _____. Sensoriamento remoto para a geomorfologia. In: _____. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008b. p. 31-71.
- GONTIJO, I. et al. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2227-2234, 2008.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Modelo tecnológico para o café no Paraná**. Londrina, 1991. 14 p. (IAPAR. Informe da Pesquisa, 97).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990.
- IORI, P. et al. Influence of field slope and coffee plantation age on the physical properties of a Red-Yellow Latosol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 107-117, 2014.
- MOORE, I. D. et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 57, n. 2, p. 443-452, 1993.
- MUELLER, L. et al. Assessing the productivity function of soils: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 30, p. 601-604, 2010.
- PAVAN, M. A. et al. High coffee population density to improve fertility of an Oxisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 459-465, mar. 1999.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.
- RÖMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena**, Cremlingen, v. 46, n. 2/3, p. 103-123, 2001.

- ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 4, p. 25-39, 1985.
- SANTOS, G. A. et al. Weed management and its influence on the load bearing capacity of red-yellow Latosol under the crown projection in coffee culture. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 165-177, 2009.
- SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 3-12, 2006.
- SILVA, A. R. et al. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 207-216, 2006.
- SILVA, F. M. da. Mecanização da colheita do café. In: SIMPÓSIO MECANIZAÇÃO DA LAVOURA CAFEEIRA, 10., 2010, Três Pontas. **Anais...** Lavras: UFLA/DEG, 2010a. p. 48-63.
- _____. Potencialidade de mecanização da região Sul e Sudoeste de Minas Gerais, visando a lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO MECANIZAÇÃO DA LAVOURA CAFEEIRA, 10., 2010, Três Pontas. **Anais...** Lavras: UFLA/DEG, 2010b. p. 73-80.
- SOUZA, V. C. O. et al. Espacialização e dinâmica da cafeicultura mineira entre 1990 e 2008, utilizando técnicas de geoprocessamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 122-134, 2012.
- TRABAQUINI, K. et al. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no município de Umuarama, PR. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 35-44, jan./fev. 2011.
- _____. Uso da geotecnologia para caracterizar os cafezais no município de Londrina-PR, em relação à altimetria, declividade e tipo de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1136-1147, 2010.
- VALLADARES, G. S. et al. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, set. 2012.