

Oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo atendendo demandas do RenovaBio

Ícaro da Silva Misquita¹, Alessandra Camelo², Patricia Helena Lara dos Santos Matai³

^{1,2,3} Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente – PPGE/IEE,
Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil. tcaromtsquilla@gmail.com

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma importante gramínea cultivada no Brasil e desempenha um papel secular como a matéria prima principal do setor sucroalcooleiro. Em um cenário mais atual, demandas presentes e futuras de biocombustíveis vêm sendo impulsionadas por compromissos internacionalmente firmados pelo Brasil em matéria de ação climática, resultando em políticas públicas internas como o RenovaBio. Neste contexto, entende-se que para atender as demandas de etanol intensificadas pelo RenovaBio serão necessárias mais do que novas variedades e soluções biotecnológicas: a área plantada com a cultura sucroenergética precisa ser expandida. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi o de identificar áreas marginais ainda disponíveis no Estado de São Paulo para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para fins de biocombustíveis. Para tal, imagens de sensoriamento remoto foram obtidas e analisadas utilizando ferramenta de geoprocessamento de modo a determinar a existência de tais áreas em hectares (ha). O software utilizado para análises de geoprocessamento foi o QGis versão 3.4.7 Madeira, além de shapefiles e rasters relacionados. Inicialmente, o Mapa de Altitude foi elaborado. Em seguida, foi então elaborado o mapa sobreposto da Altitude, Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE) e Unidades de Conservação Estaduais e Federais atualmente existentes no Estado. Com isso, foi possível elaborar o Mapa de Áreas Marginais e determinar o total de hectares existentes. Por fim, identificou-se que no Estado de São Paulo existem cerca de 42.150,18 ha de áreas marginais que, se cultivados com cana-de-açúcar, produziriam a quantidade considerável de até 3,2 milhões de toneladas de biomassa anualmente. Além disso, as áreas marginais identificadas neste estudo representam não só uma oportunidade de incremento na produção de biomassa, mas também responsável do ponto de vista sócio-ambiental para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para fins bioenergéticos.

Palavras-chave. Sistema de Informações Geográficas. Geoprocessamento. Área marginal. Marginal land. Bioenergia.

Introdução

A cana-de-açúcar é uma importante *commodity* do agronegócio brasileiro ainda não superada enquanto carro chefe do setor sucroalcooleiro (SCHEITERLE et al., 2018). A gramínea *Saccharum officinarum* é reconhecidamente uma matéria prima versátil empregada na obtenção de diversos produtos, incluindo açúcar, bioetanol de primeira e segunda gerações, além de iguarias nacionais como o aguardente, melado e rapadura (IBGE, 2017). Entretanto, nas últimas décadas a produção de cana-de-açúcar mais do que dobrou visando atender as demandas de bioenergia para redução da dependência de derivados de petróleo e mitigação da emissão de gases envolvidos no aquecimento global e mudanças climáticas (BORDONAL et al., 2018).

O País vem realizando diversos esforços para cumprir acordos internacionalmente firmados para combate

ao aquecimento global via mitigação da emissão dos gases de efeito estufa (GEEs), incluindo o recém lançado Programa RenovaBio. O RenovaBio caracteriza-se como uma iniciativa que estimula todo o setor sucroalcooleiro e mitigação de GEEs, aplicando a Renovacalc para determinação da intensidade de carbono dos biocombustíveis com base na Avaliação do Ciclo de Vida (SCACHETTI et al., 2018)

Dentro do território Nacional, o Estado de São Paulo destaca-se desde os tempos do Brasil colônia, onde já era vanguarda na produção de cana-de-açúcar. Com o passar do tempo, o Estado passou a ser líder nacional na produção absoluta da cultura, atingindo 37.865,9 mil toneladas na última safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Em 2017 a cana foi responsável por 28,4% na Oferta Interna de Energia (OIE-SP), o maior índice entre as fontes renováveis que somadas totalizaram 43,4% (SEM, 2018). Considerando o cenário atual e demandas futuras,

mesmo com novas variedades no mercado, além de soluções biotecnológicas que garantem alta produtividade, faz-se necessária a expansão das *plantations* desta cultura energética.

Atualmente, o Estado São Paulo preserva cerca de 27,82% e de acordo com o zoneamento agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar 64,87% da área total do estado de São Paulo é ocupada por esta *commodity* (EMBRAPA SOLOS, 2009). Com isso, é importante conhecer as oportunidades de expansão das lavouras de cana em áreas marginais em regiões produtoras como o Estado de São Paulo. Segundo Gelfand et al. (2013), as áreas consideradas marginais (do Inglês, *marginal lands*) podem ser definidas como de baixa produtividade devido a pobreza de nutrientes, limitações edafoclimáticas inerentes do local, além da localização em áreas vulneráveis à erosão e outros riscos ambientais diversos quando cultivadas. Neste contexto, o objetivo do presente estudo

foi apontar áreas com potencial para expansão do cultivo de cana respeitando Unidades de Conservação federais e estaduais e excluindo terras com aptidão para produção dedicada de alimentos, buscando evitar a clássica máxima de “biocombustíveis x alimento”.

Material e Métodos

Localizada na Região Sudeste entre as longitudes 49° O e 22° S está a área total de 248.222,362 km² referente ao Estado de São Paulo. Para inferir sobre áreas para cultivo de cana-de-açúcar no Estado tema deste estudo, foi utilizado o software livre QGis versão 3.4.7 Madeira (QGIS, 2019) e *shapefiles* relacionados. Os *shapefiles* utilizados foram unidades de conservação federais (ICMBio, 2019) e unidades de conservação estaduais catalogadas no Ministério do Meio Ambiente (MMA) baixadas utilizando o software online do I3GEO (2015). Inicialmente, os *shapefiles* foram recortados para a área de interesse compreendendo integralmente o Estado de São Paulo. Para tal foi utilizado o comando *clip*, localizado no menu *Vector Geoprocessing Tools*. Em seguida, ambos os *layers* de unidades de conservação federal e estaduais foram unidos utilizando o comando *Data Management Tools Merge Vector Layers* localizados no menu *Vector*.

O Modelo digital de elevação (MDE) foi obtido através do site da Embrapa (MIRANDA, 2005), mosaicos em formato *raster* e contendo as cotas de altitude, sendo estas obtidas pelo satélite SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os mosaicos de relevo que englobam a área de estudo foram obtidos e unidos utilizando o comando *merge* localizado no menu *Raster Miscellaneous*, recortadas no formato que compreende integralmente o Estado São Paulo utilizando o comando *Extraction Clip Raster by Mask Layer*, no menu *Raster* no QGis. Além disso, os limites de unidades federais de conservação foram obtidos do site do ICMBio (2019). O mapa vetorial de zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar do estado de São Paulo foi obtido através do site GeoInfo da Embrapa (EMBRAPA SOLOS, 2009), e forneceu as áreas de São Paulo em aptidão agrícola baixa, média e

alta para o cultivo de cana-de-açúcar. Os mapas de Altitude, Zoneamento Agroecológico de Cana-de-Açúcar e unidades de proteção foram elaborados e, a partir de sua sobreposição, as áreas de baixa aptidão agrícola onde a altitude supera 500 metros foram determinadas caracterizando área marginal com oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Resultados e Discussão

O Mapa elaborado para Altitude (Figura A) e obtido para Zoneamento Agroecológico de Cana-de-Açúcar – ZAE (Figura B) estão dispostos no Anexo I deste trabalho. Ambos os mapas subsidiaram a elaboração do

Mapa Composto da Altitude, ZAE e Unidades de Conservação Estaduais e Federais atualmente existentes no Estado de São Paulo (Figura 1).

O Mapa apresentado na Figura 1 subsidiou a identificação de áreas marginais características segundo Gefland et al. (2013), que atualmente correspondem a cerca de 42.150,18 ha representados pelas áreas demarcadas em vermelho na Figura 2. Apesar de parecer desprezível se comparada a área empregada para cultivo de cana no Estado, ressalta-se que para a análise de georreferenciamento foram excluídas áreas referentes às Unidades de Conservação Federais e Estaduais, bem como terras férteis destinadas a produção de alimentos. Entende-se

Figura 1. Mapa Composto da Altitude, ZAE e Unidades de Conservação

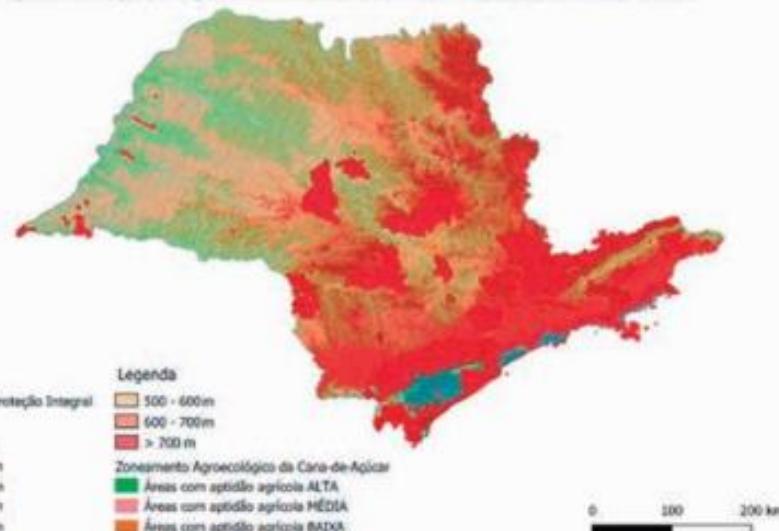


Figura 2. Mapa de Áreas Marginais do Estado de São Paulo



que a ocupação das áreas marginais identificadas requer eventual superação de barreiras legais, como por exemplo as relacionadas ao arrendamento de terras e outras como interesse do agricultor, que embora sejam importantes, necessitam de análise detalhada caso a caso e vai muito além da proposta do presente trabalho. Ainda, considerando a produtividade média de cerca de 77 ton ha⁻¹ no Estado de São Paulo (CONAB, 2018), estima-se que nas áreas marginais identificadas poderiam ser geradas até 3,2 milhões de toneladas de biomassa por ano.

Conclusão

Apesar de ser o maior produtor de cana-de-açúcar no Brasil, o Estado de São Paulo ainda apresenta oportunidade real de expansão em áreas marginais visando atender demanda crescente de produção de biocombustível incentivadas pelo RenovaBio. Não obstante, a devida demarcação das Unidades de Conservação Estaduais e Federais existentes, áreas com baixa aptidão agrícola atualmente ocupadas com pastagens segundo o ZAE, além da não interferência em terras férteis dedicadas para produção de alimentos, foram consideradas na metodologia adotada. A partir das análises de geoprocessamento, identificou-se que no Estado de São Paulo existem cerca de 42.150,18 ha de áreas marginais que, se cultivados com cana-de-açúcar, produziriam a quantidade considerável de até 3,2 milhões de toneladas de biomassa em base anual. Além de São Paulo, outros Estados podem ser objeto de estudo com o mesmo objetivo, visando inferir na oportunidade em escala nacional e socio-ambientalmente responsável para expansão dos canaviais atendendo demandas do RenovaBio.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) que através do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) e Bolsas de Demanda Social patrocinou as atividades de Mestrado de Alessandra Camelo e Ícaro da Silva Misquita no Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

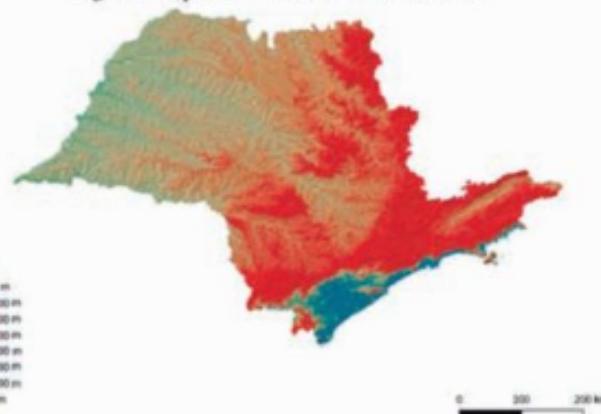
Referências Bibliográficas

- BORDONAL, R. de O.; CARVALHO, J. L. N.; LAL, R.; FIGUEIREDO, E. B. de; OLIVEIRA, B. G. de; SCALA, N. I. (2018) *Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. Agronomy for Sustainable Development* V. 38, 13 p.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2018) *Observatório Agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar*, V. 4, 73 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17026_e0504d08aca77ee13e86c2e7e7f43424>. Acesso em: 16/05/2019
- GELFAND, I.; SAHAJPAL, R.; ZHANG, X.; IZARRALDE, R. C.; GROSS, K. L.; ROBERTSON, G. P. (2013) *Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest*. *Nature*, V. 493, L. 7433, pp. 514–517.
- EMBRAPA SOLOS – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA UNIDADE SOLOS (2009) Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://geoInfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Azoncanasp_lat_long_wgs84>. Acesso: 15/05/2019
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017) Processamento Industrial de Cana-de-açúcar. *Dinâmica Territorial de Produção Agropecuária: A Geografia da Cana-de-açúcar*. Editora IBGE, pp. 56–77
- ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Limites das Unidades de Conservação Federais (atualizado em Janeiro de 2019). Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/geoprocessamento/DCOL/dados_vetoriais/uc_fed_janetro_2019_site.zip>. Acesso em: 17/05/2019
- I3GEO. Download de dados geográficos. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/data/download.htm>>. Acesso em: 17/05/2019
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16/05/2019
- QGIS. Download QGIS for your platform. Disponível em: <<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>>. Acesso em: 10/05/2019
- SCACHETTI, M. T.; CHAGAS, M. F.; SEABRA, J. E. A.; MATSURA, M. I. da S. E.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; BONOMI, A. A. RenovaCalc aplicada ao biocombustível etanol de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Ibict, 2018. pp. 150–154.
- SCHEITERLE, L.; ULMER, A.; BIRNER, R.; PYKA, A. (2018) *From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy*. *Journal of Cleaner Production*, V. 172, pp. 3851–3863.

SEM – SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO (2018). Balanço Energético do Estado de São Paulo, 282 p. Disponível em: <http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BibliotecaVirtual/diversos/Balanco_Energetico.pdf>. Acesso em: 15/05/2019

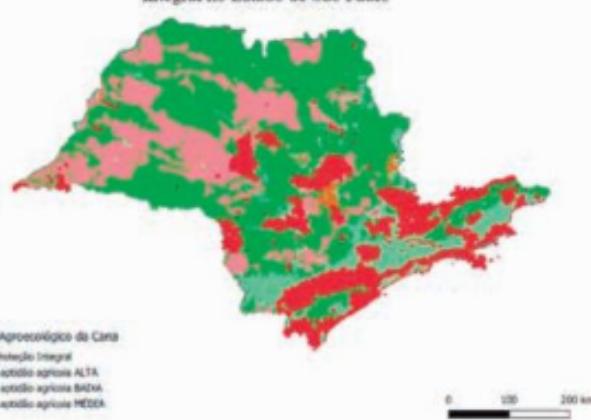
ANEXO I

Figura A. Mapa de Altitude do Estado de São Paulo



Fonte: Elaboração própria

Figura B. Mapa de Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar e áreas de Proteção Integral no Estado de São Paulo



Fonte: EMBRAPA SOLOS (2009)

Oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo atendendo demandas do RenovaBio

Ícaro da Silva Misquita¹, Alessandra Camelo², Patricia Helena Lara dos Santos Matai³

^{1,2,3} Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente – PPGE/IEE, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil. icaromisquita@gmail.com

Resumo

A cana-de-açúcar é uma importante gramínea cultivada no Brasil e desempenha um papel secular como a matéria prima principal do setor sucroalcooleiro. Em um cenário mais atual, demandas presentes e futuras de biocombustíveis vêm sendo impulsionadas por compromissos internacionalmente firmados pelo Brasil em matéria de ação climática, resultando em políticas públicas internas como o RenovaBio. Neste contexto, entende-se que para atender as demandas de etanol intensificadas pelo RenovaBio serão necessárias mais do que novas variedades e soluções biotecnológicas: a área plantada com a cultura sucroenergética precisa ser expandida. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi o de identificar áreas marginais ainda disponíveis no Estado de São Paulo para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para fins de biocombustíveis. Para tal, imagens de sensoriamento remoto foram obtidas e analisadas utilizando ferramenta de geoprocessamento de modo a determinar a existência de tais áreas em hectares (ha). O software utilizado para análises de geoprocessamento foi o QGis versão 3.4.7 Madeira, além de *shapefiles* e *rasters* relacionados. Inicialmente, o Mapa de Altitude foi elaborado. Em seguida, foi então elaborado o mapa sobreposto da Altitude, Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE) e Unidades de Conservação Estaduais e Federais atualmente existentes no Estado. Com isso, foi possível elaborar o Mapa de Áreas Marginais e determinar o total de hectares existentes. Por fim, identificou-se que no Estado de São Paulo existem cerca de 42.150,18 ha de áreas marginais que, se cultivados com cana-de-açúcar, produziriam a quantidade considerável de até 3,2 milhões de toneladas de biomassa anualmente. Além disso, as áreas marginais identificadas neste estudo representam não só uma oportunidade de incremento na produção de biomassa, mas também responsável do ponto de vista sócio-ambiental para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para fins bioenergéticos.

Palavras-chave. Sistema de Informações Geográficas. Geoprocessamento. Área marginal. Marginal land. Bioenergia.

Introdução

A cana-de-açúcar é uma importante *commodity* do agronegócio brasileiro ainda não superada enquanto carro chefe do setor sucroalcooleiro (SCHEITERLE et al., 2018). A gramínea *Saccharum officinarum* é reconnidicamente uma matéria prima versátil empregada na obtenção de diversos produtos, incluindo açúcar, bioetanol de primeira e segunda gerações, além de iguarias nacionais como o aguardente, melado e rapadura (IBGE, 2017). Entretanto, nas últimas décadas a produção de cana-de-açúcar mais do que dobrou visando atender as demandas de bioenergia para redução da dependência de derivados de petróleo e mitigação da

emissão de gases envolvidos no aquecimento global e mudanças climáticas (BORDONAL et al., 2018).

O País vem realizando diversos esforços para cumprir acordos internacionalmente firmados para combate ao aquecimento global via mitigação da emissão dos gases de efeito estufa (GEEs), incluindo o recém lançado Programa RenovaBio. O RenovaBio caracteriza-se como uma iniciativa que estimula todo o setor sucroalcooleiro e mitigação de GEEs, aplicando a Renovacalc para determinação da intensidade de carbono dos biocombustíveis com base na Avaliação do Ciclo de Vida (SCACHETTI et al., 2018)

Dentro do território Nacional, o Estado de São Paulo destaca-se desde os tempos do Brasil colônia, onde já era vanguarda na produção de cana-de-açúcar. Com o passar do tempo, o Estado passou a ser líder nacional na produção absoluta da cultura, atingindo 37.865,9 mil toneladas na última safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Em 2017 a cana foi responsável por 28,4% na Oferta Interna de Energia (OIE-SP), o maior índice entre as fontes renováveis que somadas totalizaram 43,4% (SEM, 2018). Considerando o cenário atual e demandas futuras, mesmo com novas variedades no mercado, além de soluções biotecnológicas que garantem alta produtividade, faz-se necessária a expansão das *plantations* desta cultura energética.

Atualmente, o Estado São Paulo preserva cerca de 27,82% e de acordo com o zoneamento agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar 64,87% da área total do estado de São Paulo é ocupada por esta *commodity* (EMBRAPA SOLOS, 2009). Com isso, é importante conhecer as oportunidades de expansão das lavouras de cana em áreas marginais em regiões produtoras como o Estado de São Paulo. Segundo Gelfand et al. (2013), as áreas consideradas marginais (do Inglês, *marginal lands*) podem ser definidas como de baixa produtividade devido a pobreza de nutrientes, limitações edafoclimáticas inerentes do local, além da localização em áreas vulneráveis à erosão e outros riscos ambientais diversos quando cultivadas. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi apontar áreas com potencial para expansão do cultivo de cana respeitando Unidades de Conservação federais e estaduais e excluindo terras com aptidão para produção dedicada de alimentos, buscando evitar a clássica máxima de “biocombustíveis x alimento”.

Material e Métodos

Localizada na Região Sudeste entre as longitudes 49° O e 22° S está a área total de 248.222,362 km² referente ao Estado de São Paulo. Para inferir sobre áreas para cultivo de cana-de-açúcar no Estado tema deste estudo, foi utilizado o software livre QGis versão 3.4.7 Madeira (QGIS, 2019) e *shapefiles* relacionados. Os *shapefiles* utilizados foram unidades de conservação federais (ICMBio, 2019) e unidades de conservação estaduais catalogadas no Ministério do Meio Ambiente (MMA) baixadas utilizando o software online do I3GEO (2015). Inicialmente, os *shapefiles* foram recortados para a área de interesse compreendendo integralmente o Estado de São Paulo. Para tal foi utilizado o comando *clip*, localizado no menu *Vector Geoprocessing Tools*. Em seguida, ambos os *layers* de unidades de conservação federal e estaduais foram unidos utilizando o comando *Data Management Tools Merge Vector Layers* localizados no menu *Vector*.

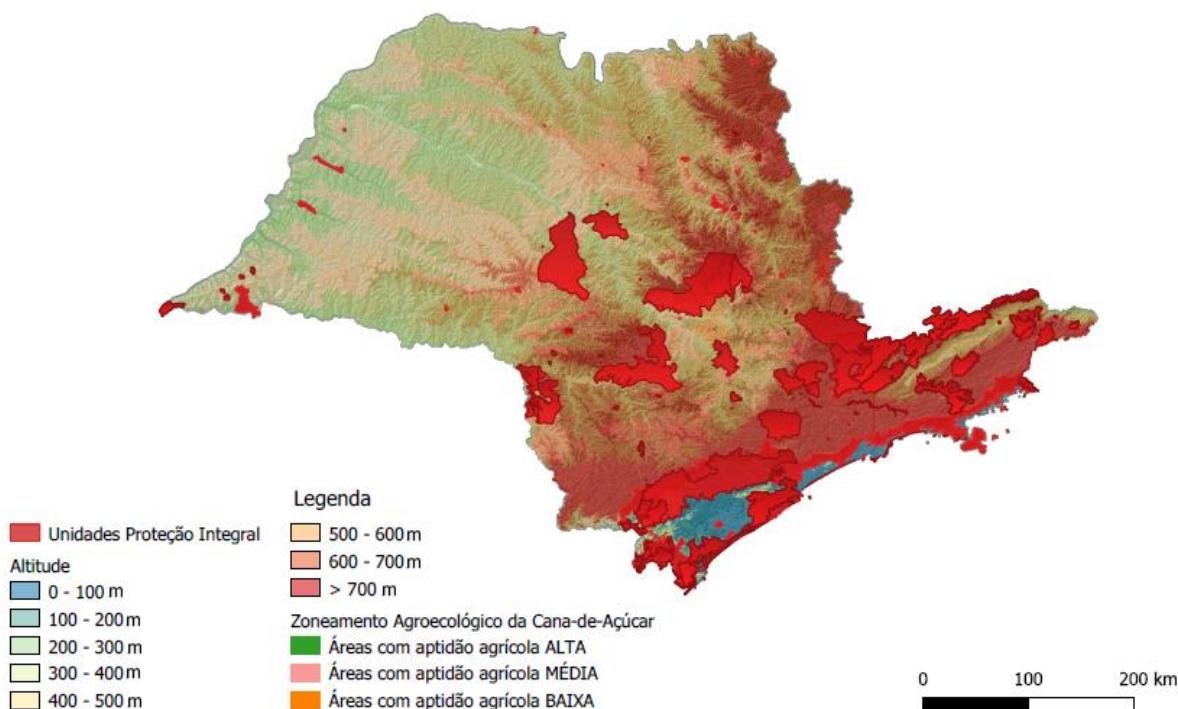
O Modelo digital de elevação (MDE) foi obtido através do site da Embrapa (MIRANDA, 2005), mosaicos em formato *raster* e contendo as cotas de altitude, sendo estas obtidas pelo satélite SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os mosaicos de relevo que englobam a

área de estudo foram obtidos e unidos utilizando o comando *merge* localizado no menu *Raster Miscellaneous*, recortadas no formato que compreende integralmente o Estado São Paulo utilizando o comando *Extraction Clip Raster by Mask Layer*, no menu *Raster* no QGis. Além disso, os limites de unidades federais de conservação foram obtidos do site do ICMBio (2019). O mapa vetorial de zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar do estado de São Paulo foi obtido através do site GeoInfo da Embrapa (EMBRAPA SOLOS, 2009), e forneceu as áreas de São Paulo em aptidão agrícola baixa, média e alta para o cultivo de cana-de-açúcar. Os mapas de Altitude, Zoneamento Agroecológico de Cana-de-Açúcar e unidades de proteção foram elaborados e, a partir de sua sobreposição, as áreas de baixa aptidão agrícola onde a altitude supera 500 metros foram determinadas caracterizando área marginal com oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Resultados e Discussão

O Mapa elaborado para Altitude (Figura A) e obtido para Zoneamento Agroecológico de Cana-de-Açúcar – ZAE (Figura B) estão dispostos no Anexo I deste trabalho. Ambos os mapas subsidiaram a elaboração do Mapa Composto da Altitude, ZAE e Unidades de Conservação Estaduais e Federais atualmente existentes no Estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 1. Mapa Composto da Altitude, ZAE e Unidades de Conservação

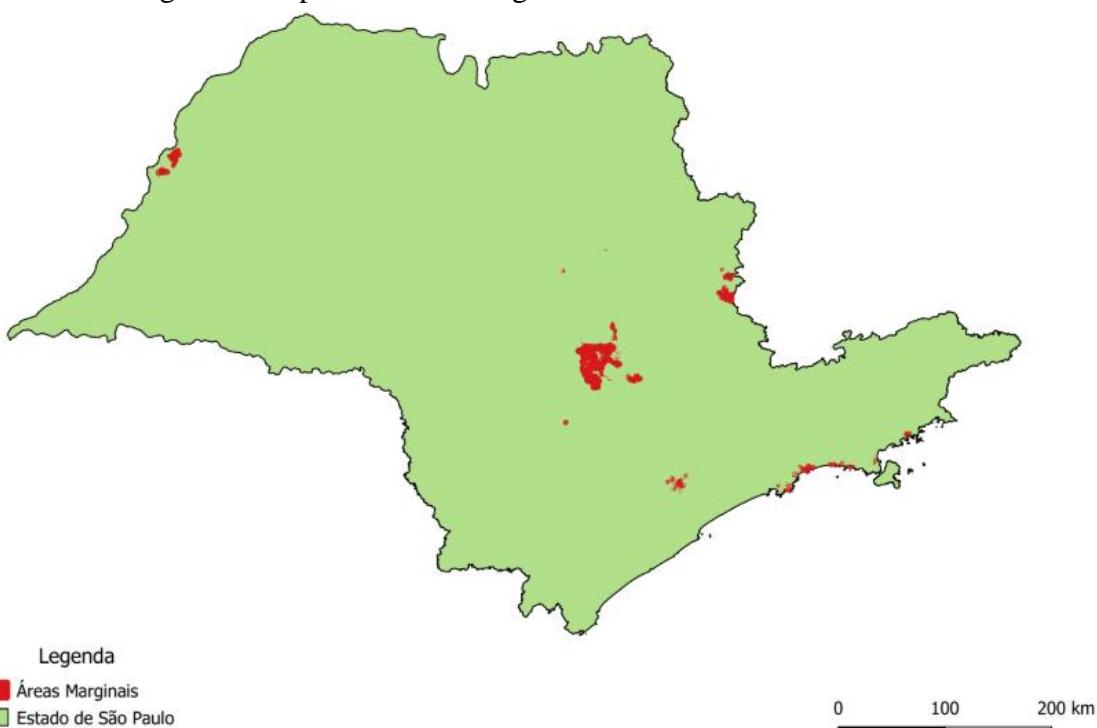


Fonte: Elaboração própria

O Mapa apresentado na Figura 1 subsidiou a identificação de áreas marginais características segundo Gefland et al. (2013), que atualmente correspondem a cerca de 42.150,18 ha representados pelas áreas demarcadas em vermelho na Figura 2. Apesar de parecer desprezível se comparada a área empregada para cultivo de cana no Estado, ressalta-se que para a análise de georreferenciamento foram excluídas áreas referentes às Unidades de Conservação Federais e Estaduais, bem como terras férteis destinadas a produção de alimentos. Entende-se que a

ocupação das áreas marginais identificadas requer eventual superação de barreiras legais, como por exemplo as relacionadas ao arrendamento de terras e outras como interesse do agricultor, que embora sejam importantes, necessitam de análise detalhada caso a caso e vai muito além da proposta do presente trabalho. Ainda, considerando a produtividade média de cerca de 77 ton ha⁻¹ no Estado de São Paulo (CONAB, 2018), estima-se que nas áreas marginais identificadas poderiam ser geradas até 3,2 milhões de toneladas de biomassa por ano.

Figura 2. Mapa de Áreas Marginais do Estado de São Paulo



Fonte: Elaboração própria

Conclusão

Apesar de ser o maior produtor de cana-de-açúcar no Brasil, o Estado de São Paulo ainda apresenta oportunidade real de expansão em áreas marginais visando atender demanda crescente de produção de biocombustível incentivadas pelo RenovaBio. Não obstante, a devida demarcação das Unidades de Conservação Estaduais e Federais existentes, áreas com baixa aptidão agrícola atualmente ocupadas com pastagens segundo o ZAE, além da não interferência em terras férteis dedicadas para produção de alimentos, foram consideradas na metodologia adotada. A partir das análises de geoprocessamento, identificou-se que no Estado de São Paulo existem cerca de 42.150,18 ha de áreas marginais que, se cultivados com cana-de-açúcar, produziriam a quantidade considerável de até 3,2 milhões de toneladas de biomassa em base anual. Além de São Paulo, outros Estados podem ser objeto de estudo com o mesmo objetivo, visando inferir na oportunidade em escala nacional e sócio-ambientalmente responsável para expansão dos canaviais atendendo demandas do RenovaBio.

Agradecimentos

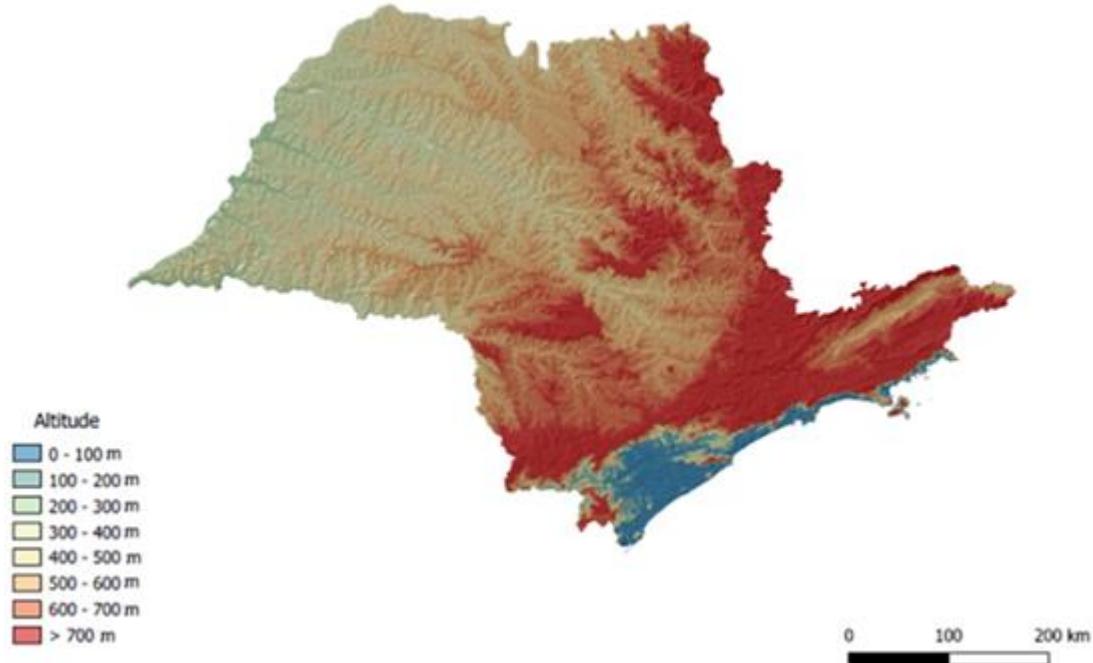
Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) que através do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) e Bolsas de Demanda Social patrocinou as atividades de Mestrado de Alessandra Camelo e Ícaro da Silva Misquita no Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

Referências Bibliográficas

- BORDONAL, R. de O. CARVALHO, J. L. N. LAL, R. FIGUEIREDO, E. B. de OLIVEIRA, B. G. de SCALA, N. L. (2018) Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agronomy for Sustainable Development* V. 38, 13 p.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2018) *Observatório Agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar*, V. 4, 73 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17026_e0504d08aca77ee13e86c2e7e7f43424>.
- GELFAND, I. SAHAJPAL, R. ZHANG, X. IZAURRALDE, R. C. GROSS, K. L. ROBERTSON, G. P. (2013) Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest. *Nature*, V. 493, I. 7433, pp. 514–517
- EMBRAPA SOLOS – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA UNIDADE SOLOS (2009) Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Azoncanasp_lat_long_wgs84>. Acesso: 15/05/2019
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017) Processamento Industrial de Cana-de-açúcar. *Dinâmica Territorial de Produção Agropecuária: A Geografia da Cana-de-açúcar*. Editora IBGE, pp. 56–77
- ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Limites das Unidades de Conservação Federais (atualizado em janeiro de 2019). Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/geoprocessamento/DCOL/dados_vetoriais/uc_fed_janeiro_2019_site.zip>. Acesso em: 17/05/2019
- I3GEO. Download de dados geográficos. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 17/05/2019
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16/05/2019
- QGIS. Download QGIS for your platform. Disponível em: <<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>>. Acesso em: 10/05/2019
- SCACHETTI, M. T.; CHAGAS, M. F.; SEABRA, J. E. A.; MATSUURA, M. I. da S. F.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; BONOMI, A. A RenovaCalc aplicada ao biocombustível etanol de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Ibict, 2018. pp. 150-154.
- SCHEITERLE, L. ULMER, A. BIRNER, R. PYKA, A. (2018) From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. *Journal of Cleaner Production*, V. 172, pp. 3851-3863.
- SEM – SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO (2018). Balanço Energético do Estado de São Paulo, 282 p. Disponível em: <<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/BalancoEnergetico.pdf>>. Acesso em: 15/05/2019

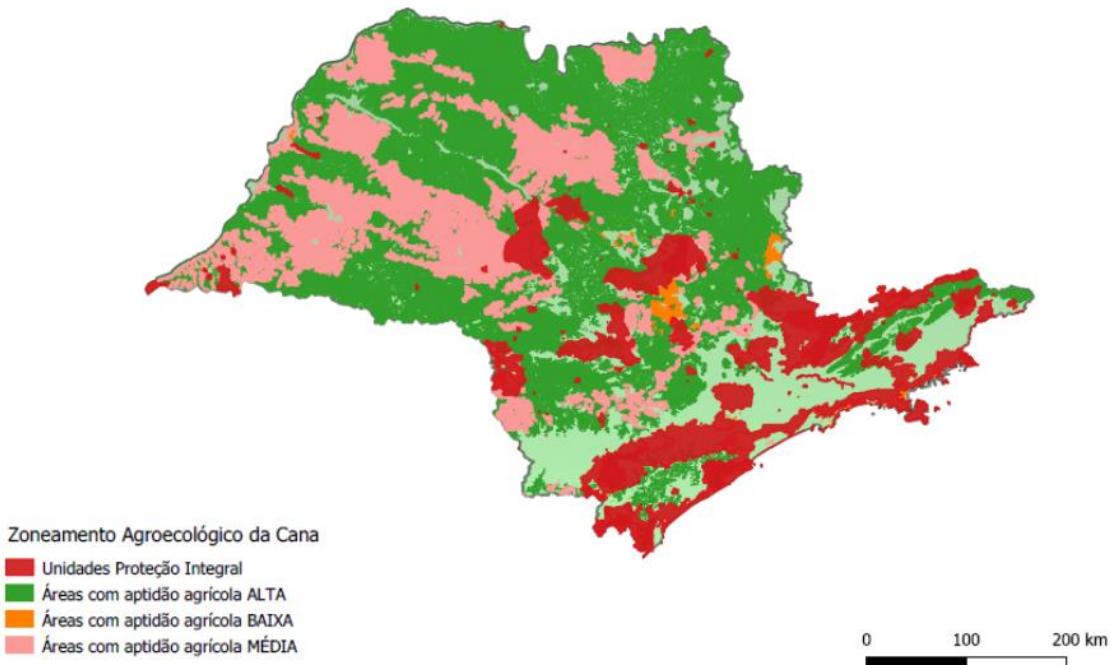
ANEXO I

Figura A. Mapa de Altitude do Estado de São Paulo



Fonte: Elaboração própria

Figura B. Mapa de Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar e áreas de Proteção Integral no Estado de São Paulo



Fonte: EMBRAPA SOLOS (2009)