

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/282090656>

Potencial de clima e solo para a viticultura, no estado de São Paulo. Soil and climate potential for grape crop in the São Paulo state, Brazil.

Article · January 2010

CITATION

1

READS

198

8 authors, including:



Fábio Ricardo Marin

University of São Paulo

212 PUBLICATIONS 1,050 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Maria-Leonor Lopes Assad

Universidade Federal de São Carlos

38 PUBLICATIONS 280 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Felipe Gustavo Pilau

University of São Paulo

15 PUBLICATIONS 43 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Hilton Silveira Pinto

University of Campinas

121 PUBLICATIONS 821 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Intercomparação, aprimoramento e adaptação de modelos de simulação de culturas para aplicação em mudanças climáticas - Impacto das mudanças climáticas em plantas forrageiras [View project](#)



Water requirements for grapevine cultivars for juice production [View project](#)

POTENCIAL DE CLIMA E SOLO PARA A VITICULTURA NO ESTADO DE SÃO PAULO

FÁBIO RICARDO MARIN¹; MARIA LEONOR LOPES ASSAD²;
LUDMILA ROQUE FERRAZ PACHECO¹; FELIPE GUSTAVO PILAU³;
MARCO ANTÔNIO FONSECA CONCEIÇÃO⁴; JORGE
TONIETTO⁵; FRANCISCO MANDELLI⁵

Resumo – A viticultura no Estado de São Paulo figura como atividade tradicional, ocupando parcela expressiva da mão-de-obra em diversos municípios. No entanto, o Estado carece de um zoneamento específico à cultura e produção de vinhos, apoiado em dados de solo e clima, identificando áreas potenciais à produção e elaboração dos vinhos finos. Foi realizado, portanto, um zoneamento pedoclimático e, nas áreas consideradas aptas a viticultura, aplicado o Sistema de Classificação Climática Multicritério, a fim de identificar classes de clima vitícola nas épocas de produção de Primavera-Verão e Outono-Inverno. Áreas ao sul e leste do Estado apresentam limitação ao cultivo de Outono-Inverno por risco de geadas. Pedologicamente mais de 70% do Estado apresenta aptidão ao cultivo da videira, com pequenas restrições nas regiões com relevo mais acidentado ou áreas encharcadas. O zoneamento pedoclimático apontou um melhor potencial vitícola à produção de Outono-Inverno, identificando áreas com classificação climática vitícola similar a regiões produtoras tradicionais de vinhos finos do mundo. Para viabilizar a produção vitícola nesta época do ano, em grande parte de São Paulo, faz-se necessário o uso de irrigação. Um baixo potencial climático vitícola surge para o período de Primavera-Verão, decorrente, principalmente, do excesso de chuva na maturação, que prejudica a coloração e aroma das bagas.

Termos para indexação: zoneamento, *Vitis vinifera*, vinhos finos, clima, solo.

SOIL AND CLIMATE POTENTIAL FOR GRAPE CROP IN THE STATE OF SÃO PAULO

¹ Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo. Caixa Postal 6041, CEP 13083-886 - Campinas, SP. marin@cnptia.embrapa.br

² Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Rodovia Anhanguera, Km 174, CEP 13600-970 - Araras, SP.

³ Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CEP 13083-970 - Campinas, SP.

⁴ Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento 515, Caixa Postal 130 CEP 95700-000 - Bento Gonçalves, RS.

Abstract – The viticulture in the state of São Paulo appears as a traditional activity, occupying an expressive part of the man-power in some regions. However, it lacks a specific grape-growing, supported on soil and climate data, identifying potential areas to produce and elaborate fine wine. It was carried out, therefore, a soil and climate zoning and, applying the multicriteria climatic classification system for grape-growing at suitable areas, looking for viticultural climates at Spring-Summer and Autumn-Winter growing cycles. South and east areas of São Paulo presents frost risks at Autumn-Winter. 70% of soils are suitable for grape-growing, restricting grape-growing on rough or insufficient drainage soils. Pedoclimatic zoning showed a better grape-growing potential for Autumn-Winter, evidencing areas with the same viticulture climate classification of famous worldwide producers. During Autumn-Winter irrigation would be necessary for grape-growing at most part of São Paulo. A less attractive viticulture climatic potential appears for Spring-Summer, due, mainly, about rain excess during maturation, damaging coloration and aroma of berries.

Index terms: zoning, *Vitis vinifera*, fine wines, climate, soil.

Introdução

A vitivinicultura é uma atividade extremamente recente no Brasil quando comparada à história dos tradicionais países produtores, tais como França e Itália, que hoje ocupam as primeiras posições mundiais em área e produção. No Brasil, a produção de uvas e fabricação de vinho foi iniciada com a chegada dos imigrantes italianos as regiões Sudeste e principalmente Sul do país, a menos de 150 anos atrás,

Conforme TONIETTO & MELLO (2001) a produção vitivinícola comercial consolidada no Brasil passou por quatro gerações de vinhos nacionais. O período de 1870 e 1920 foi de implantação da vitivinicultura nacional, produzindo-se exclusivamente vinhos comuns a partir de cultivares americanas (*Vitis labrusca*). Os anos de 1930 e 1960 foram de diversificação da produção, com início da elaboração de vinhos a partir de cultivares híbridas e viníferas (*Vitis vinifera*). A terceira geração de vinhos surgiu a partir de 1970, com investimento de grandes empresas estrangeiras na produção de uvas e vinhos no Rio Grande do Sul, resultando num significativo aumento da área cultivada com *V. viniferas* e aumento da qualidade a partir da produção dos vinhos varietais. A partir de 2002 o vinho brasileiro atingiu sua quarta geração, com o reconhecimento da primeira Indicação Geográfica do Brasil, “Vale dos Vinhedos”, para vinhos tintos, brancos e espumantes produzidos na região do Vale dos Vinhedos, Estado do Rio Grande do Sul, criando potencial para gerar, de forma crescente, produtos diferenciados, com tipicidade própria dos vinhos.

A primeira etapa em busca da regionalização da viticultura brasileira, a exemplo do que ocorre na prestigiada viticultura Européia, é o zoneamento da aptidão agrícola à viticultura, identificando-se pedológica e climaticamente as áreas com potencial para o desenvolvimento da

atividade. A fusão dos elementos climáticos, das características de solo e do tipo de vinhedo das áreas aptas caracteriza o chamado “terroir”. Vinhos originados de um “terroir” específico serão únicos e incapazes de serem produzidos fora daquela região, mesmo que os vinhedos e as técnicas de vinificação sejam as mesmas.

Conhecedores desta peculiaridade e especificidade da produção vitivinícola, [TONIETTO & CARBONNEAU](#) (2004) conceberam o sistema de classificação climática multicritério (CCM) específica para as regiões vitícolas, dentro do conceito de Geoviticultura, que corresponde ao processamento da informação vitícola em escala mundial ([CARBONNEAU & TONIETTO](#), 1998). A Geoviticultura aplicada ao clima permite identificar e comparar o clima vitícola das regiões, caracterizar sua variabilidade mundial e estabelecer grupos climáticos de regiões produtoras apresentando certa similaridade de potencial climático.

Utilizando o sistema CCM, [CONCEIÇÃO & TONIETTO](#) (2005) avaliaram o potencial climático da região norte de Minas Gerais para a produção de uvas destinadas a elaboração de vinhos finos. Regiões climáticas similares a Múrcia (Espanha) e Cognac e Bordeaux (França) foram encontradas. Essa comparação, conforme mencionado pelos autores, permite ter-se uma idéia do potencial climático vitícola da região, muito embora o desenvolvimento da cultura em condições tropicais apresente uma dinâmica diferenciada em relação ao clima temperado, e que vinhos produzidos no norte de Minas Gerais deverão apresentar, provavelmente, uma tipicidade diferente de outras regiões produtoras do país.

Mesma classificação foi aplicada na região de São Joaquim, Estado de Santa Catarina, para averiguar as características climáticas locais para a viticultura de uvas finas. De acordo com [BRIGHENTI & TONIETTO](#) (2004), o clima vitícola de São Joaquim é “frio, de noites frias e úmido”, diferente de outras regiões produtoras de vinhos finos, sobretudo por apresentar clima vitícola mais frio e noites mais frias em relação às demais regiões brasileiras produtoras.

Recentemente no Estado de São Paulo, segundo maior produtor nacional de uva, mas que dependente quase que exclusivamente dos vinhos importados do Rio Grande do Sul e de outros países para atender o maior mercado consumidor nacional, a busca por reestruturar, melhorar e expandir a vitivinicultura demandou por uma avaliação do potencial produtivo para uvas destinadas a elaboração de vinhos finos.

Nesse contexto foi desenvolvido um zoneamento pedoclimático da viticultura para o Estado de São Paulo, buscando identificar áreas com potencial para a produção de cultivares *Vitis vinifera* destinadas a elaborar vinhos finos, e similaridade climática vitícola às regiões de destaque na produção mundial.

Material e Métodos

A Classificação Climática Multicritério (CCM) foi utilizada para avaliar o potencial climático para a produção de uvas destinadas a elaboração de vinhos finos no Estado de São

Paulo, baseada nos índices Heliotérmico, Nictotérmico e de Seca (TONIETTO & CARBONNEAU, 2004).

O Índice Heliotérmico (IH) representa a soma térmica diurna, seguindo a proposta de HUGLIN (1978):

$$IH = \sum_{IC}^{FC} \frac{[T - 10] + [Tx - 10]}{2} \cdot d$$

onde T é a temperatura média do ar (°C), Tx é a temperatura máxima do ar (°C), d é o coeficiente comprimento do dia, valor igual a 1,0 para latitudes inferiores a 40°, IC e FC respectivamente as datas de início e fim do ciclo produtivo.

O Índice Nictotérmico (IF) expressa o valor médio da temperatura mínima do ar do último mês do período de maturação das uvas. A equação é a proposta por TONIETTO (1999):

$$IF = Tn_{mf}$$

onde Tn_{mf} é a temperatura média mínima do ar (°C) do último mês do ciclo de produção.

O Índice de Seca (IS) informa a disponibilidade hídrica potencial do solo. A metodologia de cálculo é essencialmente a proposta de RIOU et al. (1994):

$$IS = Wo + P - TV - ES$$

onde Wo é a reserva hídrica potencial do solo (200mm), P é a precipitação pluviométrica (mm), TV é a transpiração potencial do vinhedo (mm), ES é a evaporação direta do solo (mm).

A transpiração potencial do vinhedo (TV) é dada por:

$$TV = ETP * k$$

onde ETP é a evapotranspiração potencial, estimada conforme PENMAN (1948) - (saldo de radiação e a resistência aerodinâmica estimados conforme ALLEN et al. (1998), admitindo velocidade média mensal de vento de 2 m s⁻¹), e k o coeficiente que expressa a radiação absorvida pelas videiras (k = 0,1 para o primeiro mês, 0,3 para o segundo mês, e 0,5 para os demais meses de produção) (TONIETTO & CARBONNEAU, 2004).

A evaporação direta do solo (ES) foi calculada usando a equação:

$$ES = ETP / N(1 - k) / JPM$$

onde N é o número de dias do mês e JPM o número de dias do mês de evaporação efetiva do solo, estimado dividindo-se P por 5, que deve ser inferior ou igual a N.

Para calcular os três índices da CCM foram utilizados dados normais de precipitação, disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), oriundos de 273 postos de coleta. Dados de estações dos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, fronteiriças com o Estado de São Paulo, foram utilizados para melhorar a espacialização dos resultados.

Pela ausência de dados de temperatura do ar para maioria dos pontos de coleta pluviométrica, foram utilizadas equações de estimativa geradas a partir de análises de regressão múltipla entre temperatura média e as coordenadas geográficas e altitude de 264 estações

meteorológicas localizadas no Estado de São Paulo, acrescidas de mais 13 estações fronteiriças dos Estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Brasil, 1992). A partir dos dados das 277 estações meteorológicas utilizadas (BRASIL, 1992), foram geradas equações, por análise de regressão linear simples, para estimar a temperatura máxima mensal a partir da temperatura média mensal.

Conforme metodologia de cálculo da CCM (TONIETTO & CARBONNEAU, 2004), e simulação feita por CONCEIÇÃO & TONIETTO (2005) para região norte de Minas Gerais, foram avaliados os períodos de produção de Primavera-Verão (Outubro-Março), tradicionalmente adotado na região centro-leste e sul, e o período de produção de Outono-Inverno (Abril-Setembro) adotado para produção vitícola na região noroeste do Estado de São Paulo.

Para a espacialização dos índices heliotérmico (IH) e de frio (IF) foi utilizado o software de SIG “ArcMap9.0” e o modelo digital de elevação do terreno, resolução espacial 90 x 90m, construído a partir de imagens de radar de abertura sintética por interferometria (InSAR), da missão “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM), aplicando as correções propostas por VALERIANO & PICINI (2000), e das equações obtidas a partir de análises de regressão, assumindo como variáveis independente as coordenadas geográficas e altitude (Tabela 1).

Para a espacialização do índice de seca (IS), pela ausência de correlação com as variáveis coordenadas geográficas e altitude, foi utilizado interpolador de krigagem ordinária.

Para a certificação do potencial climático vitícola dos períodos de produção de Primavera-Verão e Outono-Inverno, foram analisadas as condições térmicas e hídricas mensais perante as exigências climáticas da videira (Tabela 2).

O excedente hídrico mensal foi calculado a partir do balanço hídrico climatológico (THORNTHWAITE & MATHER, 1955) para os 273 pontos de medida de chuva (DAEE), com temperatura média mensal estimada, e capacidade de água disponível no solo de 200mm. A evapotranspiração potencial foi calculada a partir da equação proposta por PENMAN (1948). Para a espacialização do excedente hídrico foi utilizada a krigagem ordinária.

Devido aos danos provocados por geadas nas fases iniciais do desenvolvimento vegetativo da videira (WESTPHALEN & MALUF, 2000), foi calculada a probabilidade de ocorrência e geadas para o Estado de São Paulo conforme metodologia proposta por ASTOLPHO et al. (2005).

Paralelamente à avaliação do potencial climático, foi incorporada a avaliação da aptidão agrícola das terras para viticultura (RAMOS et al., 2007), a partir de solos do estado de São Paulo, elaborado em escala 1:500.000 (OLIVEIRA, 1999).

Resultados e Discussão

O ciclo de produção vitícola nas regiões centro-leste e sul do Estado de São Paulo, a exemplo dos municípios de São Roque, Jundiaí, Vinhedos, Campinas e São Miguel Arcaño, assim como nas áreas de produção tradicional do Rio Grande do Sul, é iniciado nos meses de Julho e Agosto, com efetivação da poda de produção, e encerra-se com a colheita a partir do mês de Dezembro, caracterizando o período de produção de Primavera-Verão. Apesar de ter suas exigências foto-térmica (Figura 1 A,B) e hídrica (Figura 1 C) atendidas durante todo o ciclo produtivo, as altas temperaturas, principalmente noturnas, e o excesso de chuva nos meses de maturação das bagas (Figuras 1C,D), prejudicam a qualidade das uvas, condição indesejável quando a produção destina-se à elaboração de vinhos.

Contrariamente, nos municípios da região noroeste de São Paulo - Jales, Urânia, Fernandópolis - visando afastar a maturação das altas temperaturas noturnas (Figura 1B) e do excesso de chuva dos meses de Primavera-Verão (Figura 1C), que além de interferir negativamente sobre características organolépticas das bagas, acentuam a incidência de doenças fúngicas, a produção vitícola regional tem migrado para os meses de Outono-Inverno. Nesse período a videira dispõe de alta incidência de radiação solar, exigência térmica plenamente atendida e volume reduzido de chuva (Figura 1A,B,C), favorecendo a qualidade da produção. Como os volumes de chuva, inferiores aos 200 mm, não atendem as exigências hídricas das videiras, a produção exige suplementação hídrica via irrigação.

A alteração do ciclo de produção vitícola das regiões centro-leste e sul do Estado para os meses de Outono-Inverno, como já realizado no noroeste Paulista, contornaria, principalmente, os danos causado pelo excesso de chuva no período maturação/colheita. Referente a disponibilidade de insolação, apenas a região litorânea totaliza menos de 1.000 horas de brilho solar, não atendendo a exigência mínima da cultura (SENTELHAS, 1998; MANICA & POMMER, 2006) (Figura 2A). Termicamente, entretanto, a probabilidade de ocorrência de geada superior a 20% restringe a produção vitícola de Outono-Inverno numa vasta área ao sul e leste do Estado (Figura 2D). Nas áreas exclusas ao polígono de risco de geada (Figura 2D) há atendimento pleno das exigências térmicas da videira (Tabela 2, Figura 2B). Assim como no noroeste paulista, a produção vitícola de Outono-Inverno no centro-sul e leste do Estado exige irrigação.

Do total de terras do estado de São Paulo, 64% apresentam aptidão boa para cultura da videira (Figura 3), e as áreas inaptas ocupam pouco mais de 12,5% da área de abrangência do Estado, se situando principalmente em áreas de declives muito acentuados, com solos de profundidade efetiva inferior a 1m ou em áreas com problemas de drenagem (RAMOS et al., 2007).

Ao conduzir a classificação climática vitícola das áreas climática e pedologicamente aptas do Estado de São Paulo, observa-se que o período de produção de Primavera-Verão é

classificado, conforme o índice de seca (IS), como úmido (IS-2) em todo o Estado de São Paulo, dificultando a maturação das bagas e acentuando a susceptibilidade a infecções fúngicas.

Avaliando-se o potencial hídrico (IS) do período de produção de Outono-Inverno, observa-se que grande parte do Estado de São Paulo passa a ter uma classificação mais favorável a produção vitícola. No norte há indicação de seca moderada (IS+1), onde os vinhedos enfrentariam certo grau de escassez hídrica, favorável a maturação. Essa condição climática vitícola exige suplementação hídrica por irrigação. A faixa central do Estado caracteriza-se por um clima vitícola sub-úmido (IS-1). Conforme [TONIETTO & CARBONNEAU \(2004\)](#), valor de IS ao redor de 50mm, interno a classe IS-1, aponta para uma transição da disponibilidade hídrica do solo, caracterizando regiões com presença ou ausência de frequentes secas.

Com relação ao índice heliotérmico (IH), para o período de produção Primavera-Verão, a maior parte do Estado apresenta um clima quente (IH+2). A segunda classificação climática vitícola, em termos de extensão territorial, é a temperado quente (IH+1). Pequenas porções territoriais apresentam clima vitícola temperado (IH-1) em partes do sul e do litoral norte, frio (IH-2) e muito frio (IH-3) em pontos de maior altitude do Vale do Paraíba e, uma condição climática inversa, muito quente (IH+3), no extremo oeste paulista.

Ao deslocar-se a produção vitícola para os meses de Outono-Inverno, vislumbra-se que todas as áreas de clima quente (IH+2) e muito quente (IH+3) do período de PV, passam a ter clima vitícola temperado quente (IH+1) no norte, oeste, extremo sul e litoral, e temperado (IH-1) na vasta área central. Toda a extensão territorial que no período de PV apresenta clima temperado quente, numa produção de Outono-Inverno passa a ter clima frio (IH-2) ou muito frio (IH-3).

Áreas de clima vitícola muito frio (IH-3) são de limite térmico inferior para vinhedos. Abaixo dessa condição heliotérmica apenas as variedades mais precoces são capazes de maturar, especialmente as variedades brancas (Pinot blanc, Gamay, Muller-Thurgau). Já nas regiões frias (IH-2) a possibilidade de cultivos é ampliada, potencializando maturação de uvas de ciclo mais longo, brancas ou tintas, tais como Riesling, Pinot noir, Merlot e Chardonnay. Igualmente, essas variedades podem ser cultivadas nas áreas de clima temperado (IH-1), acrescidas de variedade de ciclo ainda mais longo, como Cabernet-Sauvignon e Syrah. Regiões cuja classe climática vitícola seja a temperado quente (IH+1) ou de maiores valores de IH (IH+2 e IH +3), não apresentam mais restrição a maturação a qualquer variedade.

O índice de frio noturno (IF) para o período de produção vitícola de Primavera-Verão, caracteriza o extremo sul e litoral, e áreas ao norte e oeste de São Paulo como de noites quentes (IF-2), compreendendo a maior parte do Estado. O clima vitícola de noites temperadas (IF-1) estende-se do sudoeste ao Vale do Paraíba, com algumas áreas no centro e nordeste paulista. Apenas em pontos isolados do Vale do Paraíba, de maior altitude, a classificação é de noite fria (IF+1) ou muito fria (IF+2).

Já para os cultivos vitícolas de Outono-Inverno, toda a vasta área caracterizada como de noites quentes (IF-2) na produção de PV, passa à classe de noites temperadas (IF-1). Demais áreas apresentam clima de noites frias (IF+1) e muito frias (IF+2).

Em regiões de clima quente (IF-2) a maturação das uvas ocorre sob temperaturas noturnas elevadas, independente do ciclo da variedade, influenciando negativamente na coloração e no potencial aromático das bagas. Regiões de transição entre climas vitícolas de noites quentes e frias são classificadas como temperadas (IF-2). Nesta condição, variedades de ciclo mais longo amadurecerão sob temperaturas noturnas mais amenas que cultivares mais precoces, em produção de Primavera-Verão. Em produção de Outono-Inverno, como a temperatura é crescente durante o ciclo de produção, são as cultivares mais precoces que maturarão sob temperaturas mais amenas. Num clima de noite fria (IF+1) a temperatura noturna não ultrapassará o valor favorável à maturação de qualquer variedade. [TONIETTO & CARBONNEAU](#) (1998) apontam para temperatura ao redor dos 14,2°C como ponto inicial em relação a coloração da baga e intensidade aromática de terpenos. O efeito positivo à maturação das noites muito frias (IF+2) fica dependente dos outros fatores, especialmente do heliotérmico, que pode garantir um bom nível de maturação.

De acordo com [TONIETTO E CARBONNEAU](#) (2004), generalizando-se, maturação sob noite quente tende a provocar perda de aroma, incluindo a perda de coloração das bagas em variedades vermelhas. Já maturação em noite fria favorece ganhos nessas características, expressas principalmente sob condições heliotérmicas suficientes à maturação.

A fusão dos índices heliotérmico (IH), de seca (IS) e de frio (IF) destacam agrupamentos climáticos distintos para a produção vitícola de Primavera-Verão ou Outono-Inverno no Estado de São Paulo.

A ausência de um período seco (IS-2) durante a maturação da uva na Primavera-Verão, associado a uma condição muito quente (IH+3) e noites muito quentes (IF-2), remetem uma estreita faixa do noroeste do Estado de São Paulo a ter similaridade climática vitícola às regiões produtoras de vinho de Pune – Índia e Bangkok e Chiangmai - Tailândia. Para a mesma época de produção vitícola, nas regiões centro, norte e oeste do Estado têm-se como diferencial uma condição heliotérmica pouco inferior, classificado como quente (IH+2), apresentando similaridade a região de produção vitícola japonesa de Kofu. Em ambas as áreas o excesso de umidade atrelado a temperatura noturna elevada problematiza a maturação, dificultando a acentuação de cor e aroma das bagas, principalmente das cultivares tintas.

Agrupamento climático mais favorável à produção vitícola de Primavera-Verão é observado na porção sudoeste do Estado, e em algumas áreas isoladas em direção a região nordeste paulista, expresso por um clima vitícola temperado quente (IH+1) associado a temperatura noturna mais amena (IF-1), favorecendo a fixação de cor e aroma, remetendo a similaridade climática a região de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul. Algumas porções

territoriais ainda mais ao sul do Estado, de clima vitícola temperado (IH-1), apresentam similaridade a Região de Beli Kriz, Eslovênia.

Climas vitícolas mais favoráveis são observados em praticamente toda a metade norte do Estado de São Paulo para uma produção vitícola de Outono-Inverno. No extremo norte paulista, a consolidação das características de seca moderada, temperado quente (IH+1) e noites temperadas (IF-1), não restringe a maturação, mesmo das cultivares mais tardias, acentuando a coloração e o aroma das bagas. Essa região do Estado de São Paulo ocupa o mesmo agrupamento vitícola das regiões de Tarragona, na Espanha, Ajaccio e Bastia, na França, e Ravenna, na Itália.

No extremo nordeste, em virtude da maior altitude local, tem-se alterações nos índices heliotérmico e de frio noturno. O clima frio (IH-2), com noites frias (IF+1), favorece a maturação, remetendo ao mesmo agrupamento climático de Carcassone, na França, possibilitando uma ampla possibilidade de escolha de cultivares.

Na faixa central do Estado, sob um clima sub-úmido, surgem quatro novos agrupamentos climáticos vitícolas. Uma pequena área de transição entre clima sub-úmido e úmido sobrepõem-se a uma condição temperada (IH-1), de noites frias (IF-1), formando o mesmo agrupamento climático da região de Beli Kriz. Na área restante, de clima sub-úmido, o índice heliotérmico se alterna entre o temperado (IH-1), frio (IH-3) e muito frio (IH-3), enquanto o índice de frio noturno vai de noites temperadas (IF-1) a noites frias (IF+1), destacando agrupamentos climáticos iguais aos de Las Brujas, no Uruguai, de Toulouse e Bordeaux, na França e de Napier, na Nova Zelândia. Pouco mais ao sul o agrupamento climático vitícola úmido (IS-2), temperado (IH-1) e de noites frias, remetem algumas áreas à similaridade com Pau e Braga, França. No extremo sul paulista, o maior volume de chuva e temperaturas mais elevadas nos meses de outono-inverno (Figura 2B,C), formam um clima úmido (IS-2), temperado quente (IH+1) e de noites temperadas, arremetendo a mesma condição observada na Região de Bento Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Sul.

Conclusões

1. Do ponto de vista de clima vitícola, o Estado de São Paulo apresenta rica diversidade, onde apenas **x** partes dos climas vitícolas identificados a nível internacional são explorados com a viticultura.
2. O período de produção de Outono-Inverno apresenta melhor potencial vitícola em relação ao período de Primavera-Verão.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do projeto.

Referências

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 301p. FAO Irrigation and Drainage. **Paper 56.**

ASTOLPHO, F.; CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JR.; M.J.; PALLONE, W. J.; BARDIN, L. Regionalização de risos de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas anuais para o Estado de São Paulo com base em modelos probabilísticos e digitais de elevação. **Bragantia**, v.64, n.1, p.139-148, 2005.

BRANAS, J.; BERNON, G.; LEVADOUX, L. **Eléments de viticulture générale**. Montpellier: Delmas Bordeaux, 1946. 400p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas** (1961-1990). Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84p.

BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo sistema CCM geovitícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, 2004, Florianópolis. . **Anais eletrônicos**....Florianópolis.

CARBONNEAU, A., TONIETTO, J. La géoviticulture - De la géographie viticole aux évolutions climatiques et technologiques à l'échelle mondiale. *Revue des Oenologues et des Techniques Vitivinicoles et Oenologiques*, n.87, P.16-18, 1998.

CONCEIÇÃO, M.A.F.; TONIETTO, J. Climatic potential for wine grape production in the tropical north region of Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.404-407, 2005.

GOBBATO, G. **Manual do viticultor brasileiro**. 2 ed. Porto Alegre: Escola de Engenharia, 1922. 356 p.

HUGLIN, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'ÉCOLOGIE DE LA VIGNE, 1, 1978. Constança, Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire. p.89-98

MANDELLI, F. **Comportamento fenológico das principais cultivares de Vitis vinifera L. para a região de Bento Gonçalves, RS**. 1984.125p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MANICA, I.; POMMER, C. V. Uva: do plantio à produção, pós-colheita e mercado. 1. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. v. 800. 192 p.

OLIVEIRA, J.B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas, Instituto Agrônomo, 1999. Boletim Científico 45, 112p.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceeding Royal Society**, London, v.193, p.120-143. 1948.

RAMOS, I.C.; BOSCHI, R.S.; LOPES-ASSAD, M.L.; MARIN, F.R. Aptidão agrícola de solos para a viticultura no Estado de São Paulo. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Gramado. Anais XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 5 -10 DE AGOSTO DE 2007, GRAMADO-RS, 2007.

RIOU, C.; BECKER, N.; RUIZ, V. S.; GOMEZ-MIGUEL, V.; RIOU, C.; CARBONNEAU, A.; PANAGIOTOU, M.; CALO, A.; COSTACURTA, Â.; CASTRO, R. DE; PINTO, A.; LOPES, C.; CARNEIRO, L.; CLIMACO, P. Le déterminisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne. Luxembourg, Office des Publications Officielles des Communautés Européennes. 322p. 1994.

SENTELHAS, P.C Aspectos climáticos para a viticultura tropical. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.194, p.9-14, 1998.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, R.J. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, p. 81-97, 2004.

TONIETTO, J.; MELLO, L. M. R. La Quatrième Période Évolutive de la Vitiviniculture Brésilienne: changements dans le marché consommateur du pays. In: 26TH WORLD CONGRESS & 81ST GENERAL ASSEMBLY OF THE OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN, 2001, Adelaide Congress Proceedings. Adelaide: Office International de la Vigne et du Vin - OIV, 2001. p.272-280 (v.3)

TONIETTO, J. **Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation**. 1999. 233p. Tese (Doutorado)- École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A.G. Uso de sistema de informação geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria (RS), v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.

WESTPHALEN, S.L.; MALUF, J.R.T. **Caracterização das áreas bioclimáticas para o cultivo de *Vitis vinífera* L.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000.

WESTPHALEN, S.L. Bases ecológicas para determinação de regiões de maior aptidão vitícola no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE LA UVA Y DEL VINO, 1976, Montevideo. Annales. Montevideo: Laboratório Tecnológico, 1977. p.89-101. (Guarderno Técnico, 38).

ZULUAGA , P.A; ZULUAGA, E.M.; LUMELLI, J.; IGLESIA, F.J. Ecología de la vid en la República Argentina. Mendoza: Instituto de Viticultura, 1971.149p. (**Boletim Especial**, 166).

Tabela 1. Equações para a espacialização dos índices heliotérmico (IH) e de frio (IF) a partir das coordenadas geográficas e altitude, para os períodos de produção de Primavera-Verão e Outono-Inverno. Latitude (lat) e longitude (long) dadas em graus e décimos e altitude dada em metros.

| Índice | Equação | Período de produção | R ² |
|--------|--|---------------------|----------------|
| IH | $IH = 4317,417 + 85,680 * lat - 14,763 * long - 0,91983 * alt$ | Primavera-Verão | 0,99 |
| | $IH = 5033,682 + 129,94 * lat - 6,470 * long - 0,9411 * alt$ | Outono-Inverno | 0,99 |
| IF | $IF = 30,1152 + 0,4520 * lat - 0,0423 * long - 0,0063 * alt$ | Primavera-Verão | 0,96 |
| | $IF = 34,1658 + 0,9822 * lat - 0,0932 * long - 0,00482 * alt$ | Outono-Inverno | 0,91 |

Tabela 2. Exigências térmicas e hídricas para o cultivo da videira.

| Mês e fase de desenvolvimento da videira | Exigência Térmica | Exigência Hídrica |
|---|---------------------------------|------------------------------------|
| Brotação (1º mês) | Temp. média do ar > 15°C | * |
| Desenvolvimento vegetativo ao início floração (2º à 4º mês) | Temp. média do ar > 15°C | * |
| Frutificação e maturação (5º e 6º meses) | 18°C < Temp. média do ar < 32°C | Excedente hídrico máximo de 200mm. |

* não considerado Fontes: BRANAS et al. (1946); ZULUAGA et al. (1971); WESTPHALEN (1976); MANDELLI (1984); GOBBATO (1922) citado por WESTPHALEN & MALUF (2000); WESTPHALEN & MALUF (2000).

Tabela 3. Classes de aptidão agrícola das terras à viticultura no Estado de São Paulo.

| Classe | Características | Aptidão |
|----------|--|---|
| Boa | Fertilidade variável, bem drenado, média a boa retenção de água, relevo plano a suavemente ondulado, sem restrição a mecanização, profundidade efetiva mínima de 1,0m. | Mais de 95% da área dos componentes da unidade de mapeamento apresentam aptidão boa. |
| Regular | Fertilidade muito baixa, bem drenado, baixa retenção de água, relevo ondulado, restrição a mecanização, profundidade efetiva mínima de 1,0m. | Mais de 80% da área dos componentes da unidade de mapeamento apresentam aptidão regular. |
| Restrita | Solo álico, bem drenado, baixa retenção de água, relevo forte ondulado, restrição a mecanização, profundidade efetiva mínima de 1,0m. | Mais de 85% da área dos componentes da unidade de mapeamento apresentam aptidão restrita. |
| Inapta | Altos teores de Al ³⁺ (muito álico), muito arenoso ou com retenção de água muito alta, moderadamente à mal drenado, relevo montanhoso ou escarpado, impedimento a mecanização, profundidade efetiva menor que 1,0m. | 99% da área dos componentes da unidade de mapeamento são inaptos. |

Tabela 4. Área e porcentagem de ocupação para as diferentes classes de aptidão vitícola no Estado de São Paulo.

| Classe de aptidão | Área (km ²) | % de ocupação |
|------------------------------|-------------------------|---------------|
| Boa | 159.593,76 | 64,10 |
| Regular | 22.692,79 | 9,11 |
| Restrita | 26.304,35 | 10,57 |
| Inapta | 31.488,98 | 12,65 |
| <i>Total de terras</i> | <i>240.079,88</i> | <i>96,43</i> |
| <i>Cidades e localidades</i> | <i>5.347,4</i> | <i>2,15</i> |
| <i>Águas superficiais</i> | <i>3.541,7</i> | <i>1,42</i> |
| Total | 248.968,98 | 100 |

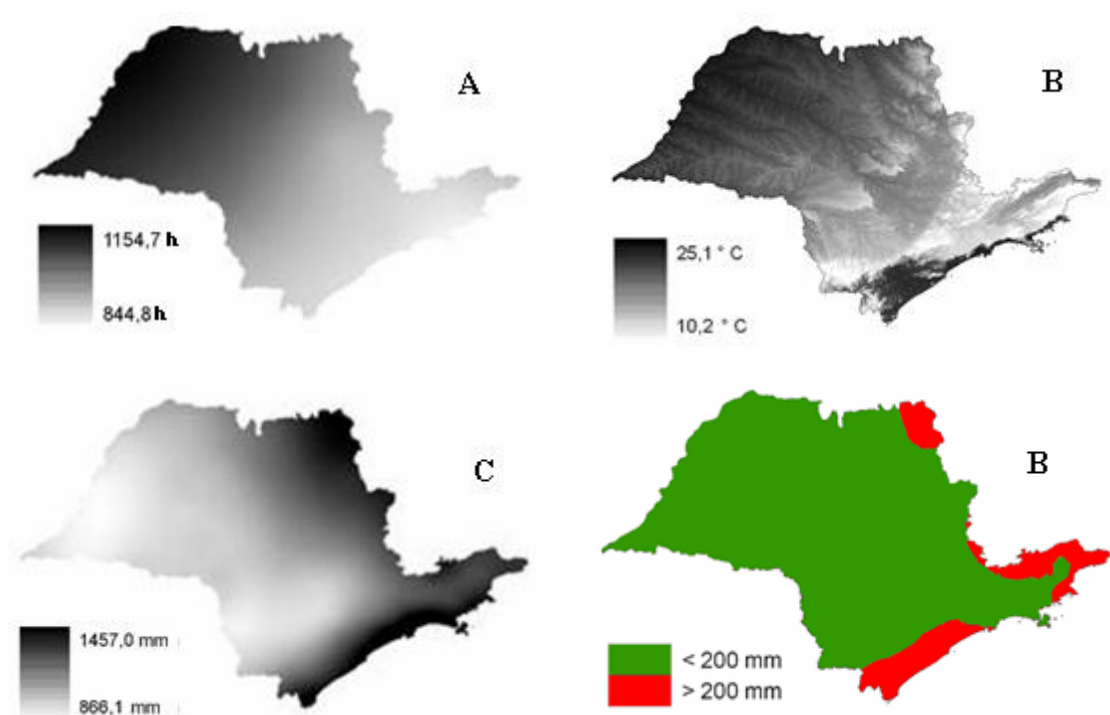


Figura 1. Insolação acumulada (A), temperatura média do ar (B), precipitação pluvial acumulada (C) e excedente hídrico (D) de Outubro a Março.

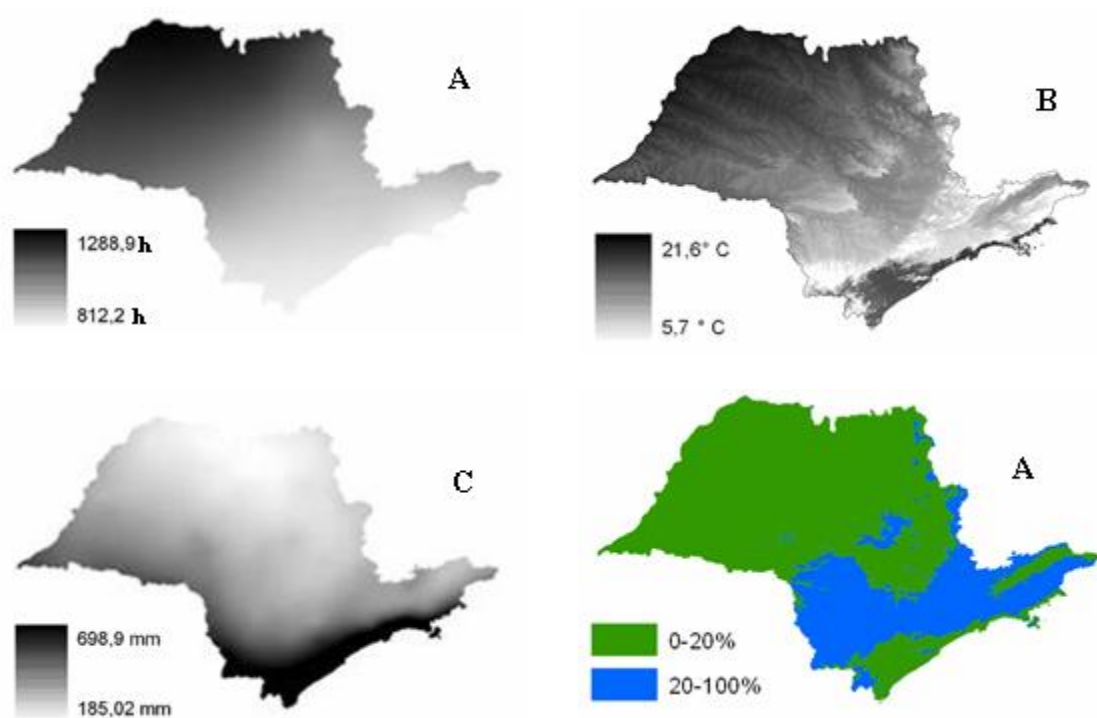


Figura 2. Insolação acumulada (A), temperatura média do ar (B), precipitação pluvial acumulada (C) e probabilidade de ocorrência de geada (D) de Abril a Setembro.

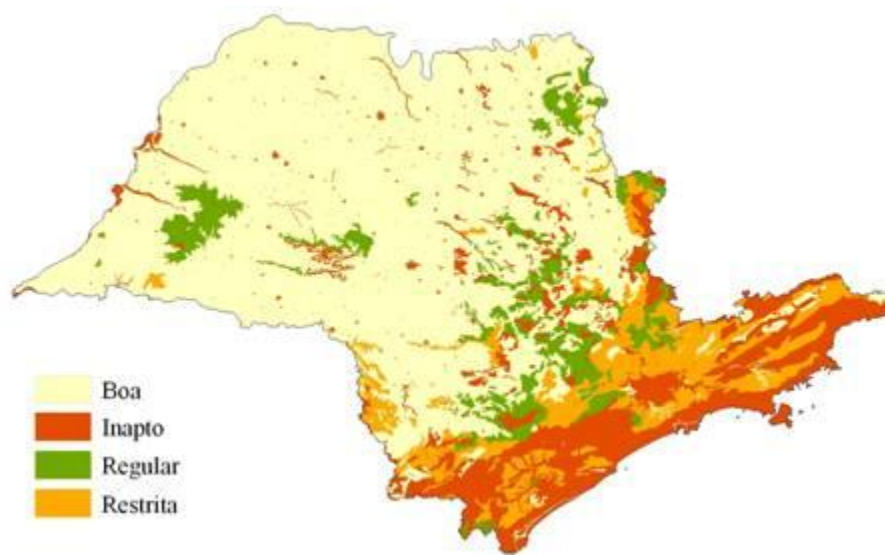


Figura 3. Distribuição espacial das classes de aptidão à viticultura no Estado de São Paulo.

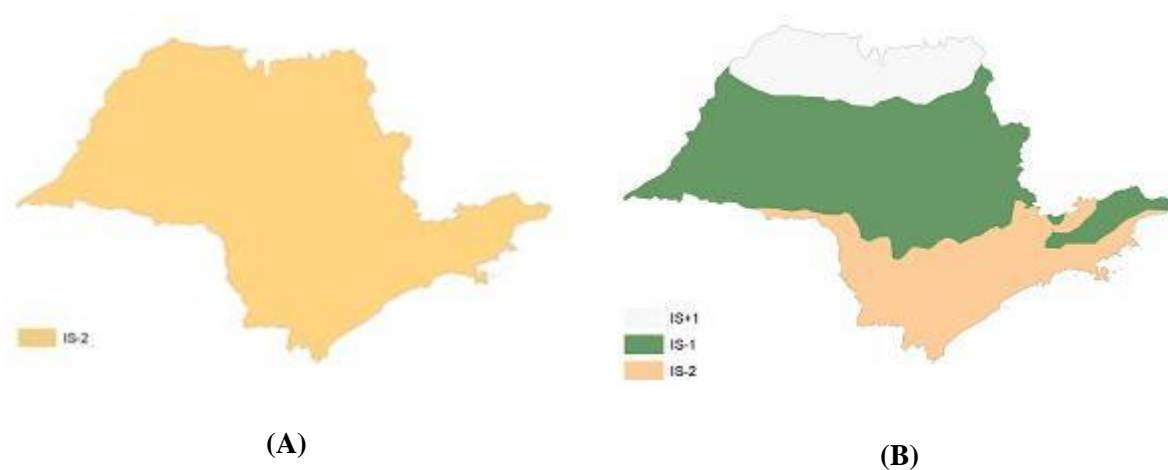


Figura 4. Mapas do índice de seca (IS) do Estado de São Paulo para os períodos Abril-Setembro (A) e Outubro-Março (B).

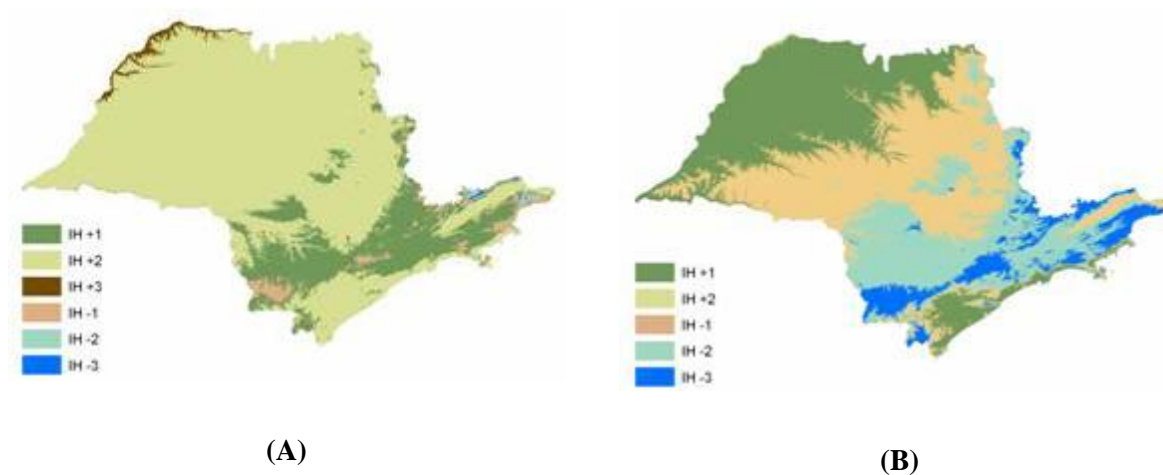


Figura 5. Mapas do índice heliotérmico (IH) do Estado de São Paulo para os períodos Abril-Setembro (A) e Outubro-Março (B).

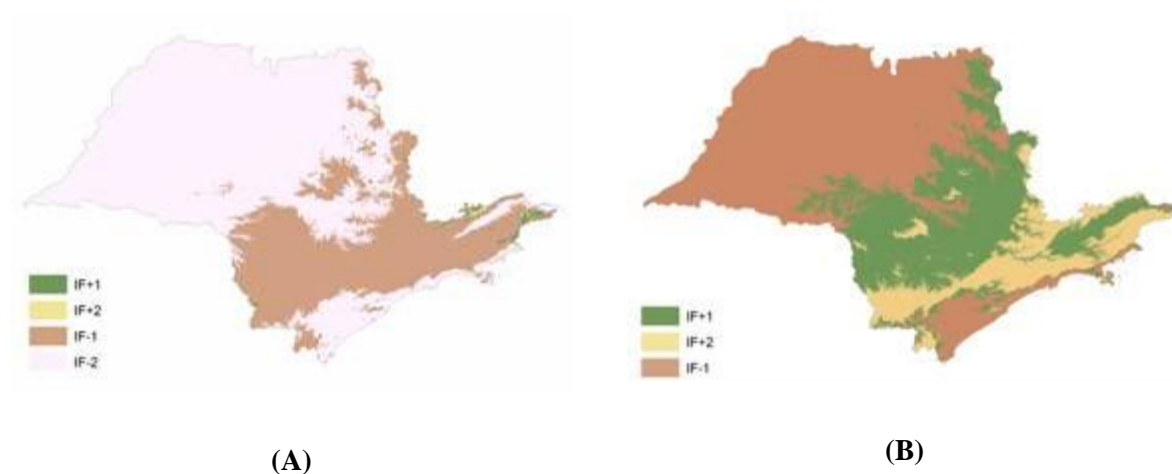


Figura 6. Mapas do índice de frio noturno (IF) do Estado de São Paulo para os períodos Abril-Setembro (A) e Outubro-Março (B).

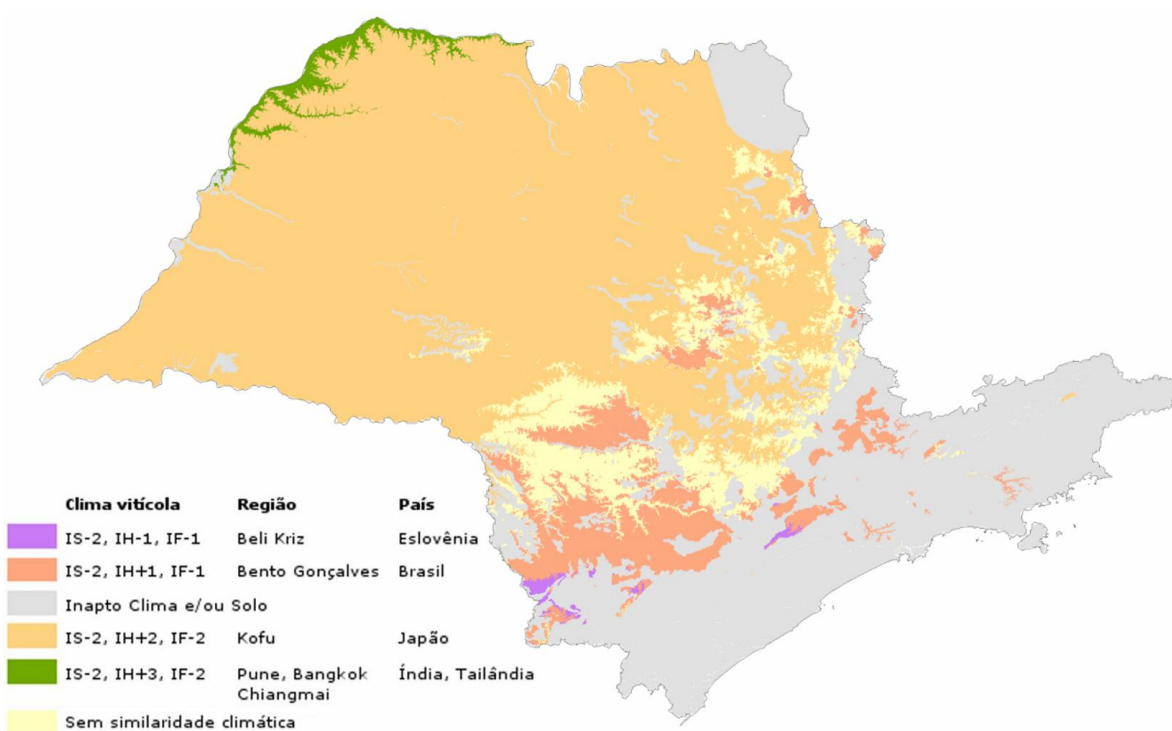


Figura 7. Zoneamento climático da produção vitícola de Primavera-Verão no Estado de São Paulo.

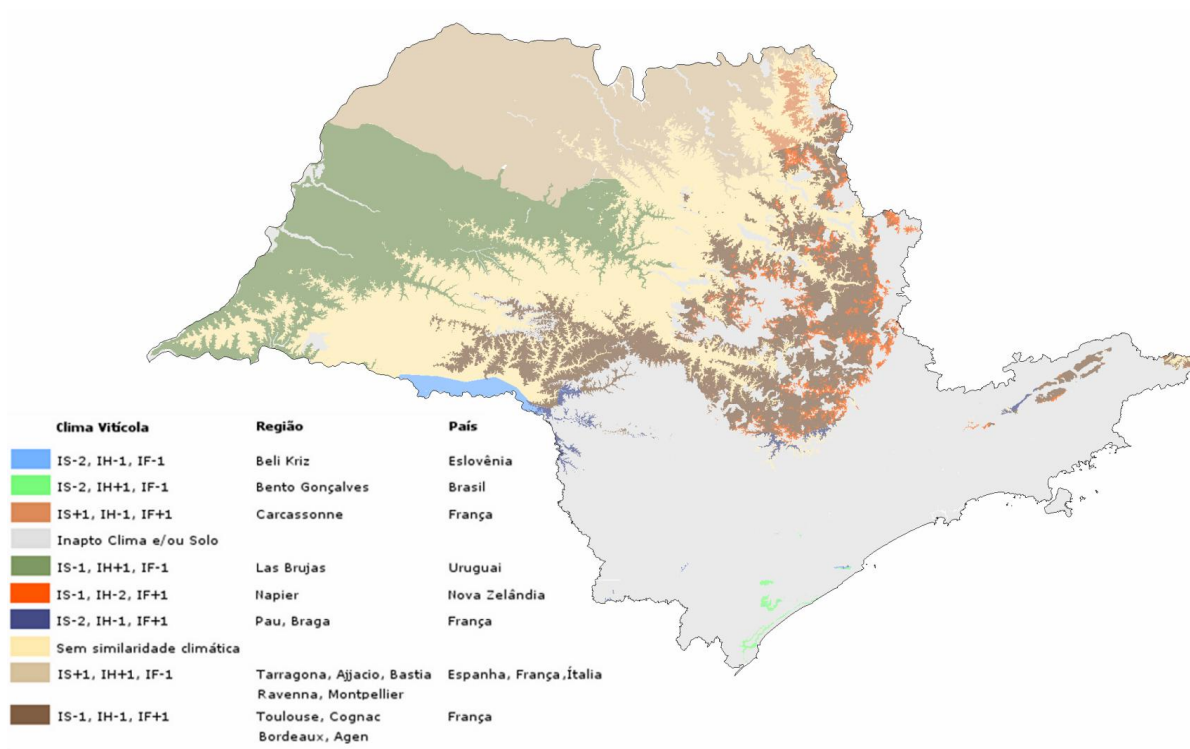


Figura 8. Zoneamento climático da produção vitícola de Outono-Inverno no Estado de São Paulo.