



## POTENCIAL CLIMÁTICO VITIVINICOLA PARA A REGIÃO DO POLO REGIONAL LESTE PAULISTA

Mário José **Pedro Júnior**<sup>1</sup>, José Luiz **Hernandes**<sup>2</sup>, Jorge Alcântara Espíndola **Cardoso**<sup>3</sup>,  
Jener Fernando Leite de **Moraes**<sup>4</sup>

(1- Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Solos e Recursos Ambientais - Avenida Barão de Itapura, 1481, 13020-902, Campinas - SP, Pesquisador Científico, Bolsista Produtividade do CNPq, e-mail: mariopedrojunior@gmail.com; 2- Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Mestrando do Curso de Agricultura Tropical e Subtropical; 3- Instituto Agronômico de Campinas (IAC) Pesquisador Científico - Centro de Frutas, e-mail: jlhernandes@iac.sp.gov.br; 4- Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Pesquisador Científico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, e-mail: jenermoraes@gmail.com).

**Resumo:** O sistema geovitícola de Classificação Climática Multicritério (CCM), baseado nos índices climáticos: Índice Heliotérmico (IH); Índice de Frio Noturno (IF) e Índice de Seca (IS), foi utilizado para identificar o potencial climático para produção de uvas viníferas e regionalizar a vitivinicultura na região do Polo Regional Leste Paulista. Nas safras de verão (setembro a fevereiro) e de inverno (março a agosto) verificou-se que o IS classificou a região como sendo de clima úmido. A CCM permitiu verificar que a condição climática durante a safra de inverno indica potencial vitivinícola mais adequado em comparação à da safra de verão. Para a safra de inverno, as classificações da CCM: IH-1/IF+2/IS-2; IH-2/IF+2/IS-2 e IH-3/IF+2/IS-2 são encontradas em áreas com maior altitude (acima de 980m) com IH inferior a 2100 unidades, como observado nas encostas da Serra da Mantiqueira. As classificações: IH+2/IF+1/IS-2 e IH+1/IF+1/IS-2 ocorrem em regiões de menor altitude (abaixo de 980 m) com IH superior a 2100 unidades e estão localizadas a oeste da região de estudo. As diferentes condições climáticas da região apresentaram classes do sistema geovitícola com potencial de produção de vinhos finos.

**Palavras-chave:** videira, sistema geovitícola, índice climático.



## CLIMATIC POTENTIAL OF GRAPE GROWING ZONES FOR THE “POLO REGIONAL LESTE PAULISTA”

**Abstract:** The Multicriteria Climatic Classification System (Geovitícola-CCM System), based on the climatic indexes: Heliothermal Index (IH); Dryness Index (IS) and Cool Night Index (IF), was used to identify climatic potential areas for the production of wine grapes for the “Polo Regional Leste Paulista” (São Paulo State-Brazil) in the eastern region of the state. Considering the summer (September to February) and winter (March to August) growing seasons, the IS index classified the region as humid climate. The CCM showed that the climatic conditions during the winter growing season are more adequate for wine making purposes than the summer growing season. For the winter growing season, the CCM classifications: IH-1/IF+2/IS-2; IH-2/IF+2/IS-2 and IH-3/IF+2/IS-2 are found in areas of high altitude (above 980 m) with IH less than 2100 units are observed in the slopes of the Mantiqueira Mountains. The classifications: IH+2/IF+1/IS-2 and IH+1/IF+1/IS-2 occur in low altitude regions (below 980 m) with IH above 2100 units and are located west of the evaluated region. The different climatic conditions of the evaluated region showed classes of the CCM-system with potential for production of fine wines.

**Keywords:** grapevine, geoviticulture system, climatic index

## POTENCIAL CLIMATICO VITIVINICOLA EN LA REGIÓN DEL “POLO REGIONAL LESTE PAULISTA”

**Resumen:** El sistema geovitícola de Clasificación Climática Multicriterio (CCM), basado en los índices climáticos: Índice Heliotérmico (IH), Índice de Frio Nocturno (IF) y Índice de sequedad (IS); fue utilizado para identificar el potencial climático para la producción de uvas vinícolas y regionalizar la vitivinicultura en la región del Polo Regional Este Paulista. En las cosechas de verano (Septiembre a Febrero) y de invierno (Marzo a Agosto) el IS clasificó la región como de clima húmedo. La CCM permitió verificar que la condición climática durante la cosecha de invierno indica potencial vitivinícola más adecuado que en la cosecha de verano. Para las cosechas de invierno, las clasificaciones de la CCM: IH-1 / IF+2 / IS-2; en áreas de mayor altitud (superiores a 980 m) con IH inferior a 2100 unidades, como observado en las laderas de la Sierra de la Mantiqueira. Las clasificaciones encontradas: IH+2 / IF+1 / IS-2 e IH+1 / IF+1 / IS-2 ocurren en regiones de menor altitud (inferiores a 980m) con IH



superior a 2100 unidades y están localizadas al oeste de la región de estudio. Las diferentes condiciones climáticas de la región presentaron clases del sistema geovitícola con potencial de producción de vinos finos.

**Palabras clave:** vid, sistema geovitícola, índice climático.

## INTRODUÇÃO

A regionalização de áreas climaticamente melhor adaptadas para desenvolvimento da vitivinicultura tem sido objeto de estudo em diferentes regiões do país para subsidiar o produtor na implantação de novos vinhedos visando produção de uvas para vinho. Após o surgimento do Sistema de Classificação Climática Multicritério (Sistema Geovitícola-CCM), desenvolvido por Tonietto; Carbonneau (2004), diferentes regiões do território brasileiro foram avaliadas objetivando determinar o potencial climático para produção de uvas para elaboração de vinho.

No Estado de Minas Gerais, Tonietto; Vianello; Regina (2006) fizeram a caracterização macroclimática e do potencial enológico de diferentes áreas tendo relatado que as condições do norte do Estado (clima seco e quente) contrastam com as da região montanhosa do Sul (clima úmido e temperaturas amenas) e verificaram, pelos resultados do CCM, que a produção, durante o outono-inverno, deveria favorecer o processo de maturação de uvas para vinho. Na região norte fluminense, Pommer et al., (2009) verificaram, pelo Sistema Geovitícola, que o cultivo da videira pode ser efetuado por mais de uma safra por ano.

Em regiões de clima úmido, como em Boa Vista (RO), o sistema CCM permitiu verificar que o cultivo da videira é viável de outubro a março (CONCEIÇÃO et al., 2013) e no Paraná, Ricce et al., (2018) verificaram que a região possui grupos climáticos idênticos a regiões tradicionais de produção de vinhos finos no mundo. Também, Woolmann; Galvani (2018) avaliaram a região do Alto Jacuí (RS) verificando tratar-se de condição climática de transição entre a Campanha Gaúcha e o Vale dos Vinhedos, diferenciando-se apenas no critério heliotermal, tendo se mostrado mais quente, em comparação ao Vale dos Vinhedos.

O Sistema Geovitícola também foi utilizado para avaliar o potencial de produção de uvas para vinho para o Estado de São Paulo. Marin *et al.*, (2008) utilizando o CCM, identificaram baixo potencial vitícola no período de primavera-verão, em função dos excessos



de chuva na maturação e, melhores condições climáticas durante o outono-inverno. Bardin-Camparotto *et al.*, (2014) avaliaram o potencial de produção de uvas para vinho e verificaram que os municípios componentes do Circuito das Frutas apresentam características climáticas que favorecem a obtenção de uvas destinadas à elaboração de vinhos brancos e espumantes.

Várias regiões produtoras no país possuem variabilidade climática intra-anual, pois a disponibilidade térmica e ocorrência de estação seca permitem alterar o ciclo normal de produção da uva para obtenção de duas safras, sendo uma no período de verão e outra no de inverno, quando as temperaturas mais amenas e o período seco contribuem para elaboração de vinhos com elevado potencial de qualidade (TONIETTO *et al.*, 2012).

Os autores têm levado em consideração um ciclo de seis meses para a produção de uvas finas, sendo a safra de verão, de outubro a março, e a de inverno, de abril a setembro. Porém, nas condições climáticas do sudeste paulista verifica-se que, em média, a safra de verão ocorre de agosto a janeiro e a de inverno de fevereiro a julho. Nessas condições, nas principais regiões produtoras durante a safra de verão, o período de maturação e colheita ocorre durante meses com elevado índice de chuvas que não favorecem o acúmulo de açúcares nas bagas (REGINA *et al.*, 2011; FAVERO *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a técnica da poda extemporânea ou dupla poda, permite que ocorra alteração do ciclo normal de produção das uvas, com obtenção de uma segunda safra, com a maturação e a colheita ocorrendo em meses mais secos (julho-agosto), constituindo-se em safra de inverno, com consideráveis ganhos para o potencial enológico (REGINA *et al.*, 2011). A poda extemporânea foi utilizada na região sul de Minas Gerais para obtenção de vinhos de melhor qualidade (FAVERO *et al.*, 2011; MOTA *et al.*, 2010). Também no Estado de São Paulo vinhedos conduzidos nesse sistema produziram uvas com elevado teor de açúcares nas bagas quando a colheita ocorreu em época de menor pluviosidade (SANTOS *et al.*, 2011; REGINA *et al.*, 2011; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2017).

Considerando-se os resultados promissores obtidos com a produção de uvas finas em diferentes regiões do país, aliados à possibilidade de deslocamento do ciclo da videira para obtenção de duas safras anuais, objetivou-se neste trabalho, a elaboração de mapas com a espacialização das áreas climaticamente favoráveis ao cultivo da videira vinífera com obtenção de safras de verão e de inverno, para subsidiar o viticultor na indicação de áreas



climaticamente mais propícias ao desenvolvimento da atividade vitivinícola nos municípios abrangidos pelo Polo Regional Leste Paulista-Monte Alegre do Sul, no estado de São Paulo.

## METODOLOGIA

A região de estudo é composta pelos municípios do Polo Regional Leste Paulista-Monte Alegre do Sul, da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, por compreender áreas pertencentes a regiões turísticas no Estado de São Paulo (Circuito das Águas Paulista, Circuito das Frutas, Circuito entre Serras e Águas e Circuito Café com Leite) com potencial mercado consumidor para vinhos de qualidade. Situa-se entre os paralelos 22°04' e 23°19'S e entre os meridianos 46°21' e 47°14'O com altitudes variando entre 560 a 2000m e que propiciam ampla variabilidade de condições climáticas para o desenvolvimento vitivinícola. Os dados de chuva total mensal e temperaturas médias das máximas e mínimas mensais foram obtidos junto aos arquivos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

A avaliação das características do clima vitícola para a região de estudo foi feita por meio do Sistema de Classificação Climática Multicritério (Sistema CCM Geovitícola) proposto por Tonietto; Carbonneau (2004), baseando-se nos seguintes índices: Heliotérmico (IH), que corresponde à soma térmica durante o ciclo da videira, Nictotérmico ou de Frio Noturno (IF), que indica as condições de temperatura noturna durante a maturação, sendo representado pela temperatura média das mínimas no último mês do ciclo das plantas e de Seca (IS), que quantifica a disponibilidade hídrica dos solos indicando a presença ou ausência de seca no período de maturação das uvas.

Como o clima vitícola pode apresentar variabilidade intra-anual, principalmente em regiões tropicais e subtropicais (POMMER *et al.*, 2009; TONIETTO *et al.*, 2006; TONIETTO *et al.*, 2012), no presente trabalho, a caracterização do sistema CCM Geovitícola foi feita para as safras de verão (setembro a fevereiro) e de inverno (março a agosto) considerando-se, como ciclo para uvas viníferas, um período de seis meses desde a poda até a maturação e colheita, como se segue:

- a) Índice de seca (IS) – avalia a disponibilidade hídrica para as videiras sendo obtido, pelo balanço hídrico (MARIN *et al.*, 2008; CONCEIÇÃO *et al.*, 2013), por:

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

onde: IS é o Índice de seca; Wo é a reserva hídrica inicial do solo (mm); P é a precipitação pluviométrica (mm); TV é a transpiração das videiras (mm); ES é a evaporação da água do solo (mm);

- b) Índice heliotérmico (IH) – calculado para latitudes inferiores a 40° (CONCEIÇÃO *et al.*, 2013) de acordo com a equação:

$$IH = \sum ((T_{med} - 10) + (T_{max} - 10)) / 2$$

onde: Tmed é a temperatura média do ar e Tmax é a temperatura máxima do ar no período das safras de verão (setembro a fevereiro) e de inverno (março a agosto);

- c) Índice de frio noturno (IF) calculado como proposto por Tonietto; Carbonneau (1999) como sendo a temperatura média das mínimas (°C) durante o último mês do período de maturação das uvas (fevereiro para a safra de verão e agosto para a de inverno).

A interpretação das classes dos diferentes índices climáticos vitícolas utilizados, segundo critério de Tonietto; Carbonneau (2004), está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Classe de clima, sigla e intervalo de classe para os índices: Heliotérmico (IH), Frio Noturno (IF) e Seca (IS).

Índice	Classe de clima	Sigla	Intervalo de classe
Heliotérmico	Muito frio	IH-3	$IH \leq 1500$
	Frio	IH-2	$1500 < IH \leq 1800$
	Temperado	IH-1	$1800 < IH \leq 2100$
	Temperado quente	IH+1	$2100 < IH \leq 2400$
	Quente	IH+2	$2400 < IH \leq 3000$
	Muito quente	IH+3	$IH > 3000$
Frio Noturno	Noites quentes	IF-2	$IF > 18$
	Noites temperadas	IF-1	$14 < IF \leq 18$
	Noites frias	IF+1	$12 < IF \leq 14$
	Noites muito frias	IF+2	$IF \leq 12$
Seca	Úmido	IS-2	$IS > 150$
	Subúmido	IS-1	$50 < IS \leq 150$
	Seca moderada	IS+1	$-100 < IS \leq 50$
	Muito seco	IS+2	$IS \leq -100$

Fonte: Tonietto; Carbonneau (2004). Org. pelos autores



As temperaturas médias das máximas e mínimas necessárias para o cálculo dos índices climáticos vitícolas foram estimadas por equações de regressão simples obtidas pelo método dos quadrados mínimos, em função da altitude, segundo o modelo:

$$Y = a + b X$$

onde: Y é a temperatura média mensal das máximas ou mínimas (°C); a e b são constantes da equação de regressão e X é a altitude (m).

Os dados de temperatura média mensal das máximas e das mínimas utilizados no desenvolvimento das equações de estimativa foram obtidos junto ao INMET e IAC, para estações meteorológicas situadas na área de estudo e municípios circunvizinhos, com altitudes variando entre 600 e 1650m e referentes ao período de 1961 a 1990.

O risco de ocorrência de temperaturas mínimas inferior a 4°C durante o mês de setembro foi calculado por equações de regressão simples, em função da altitude, utilizando-se as informações disponíveis em Astolpho *et al.*, (2005).

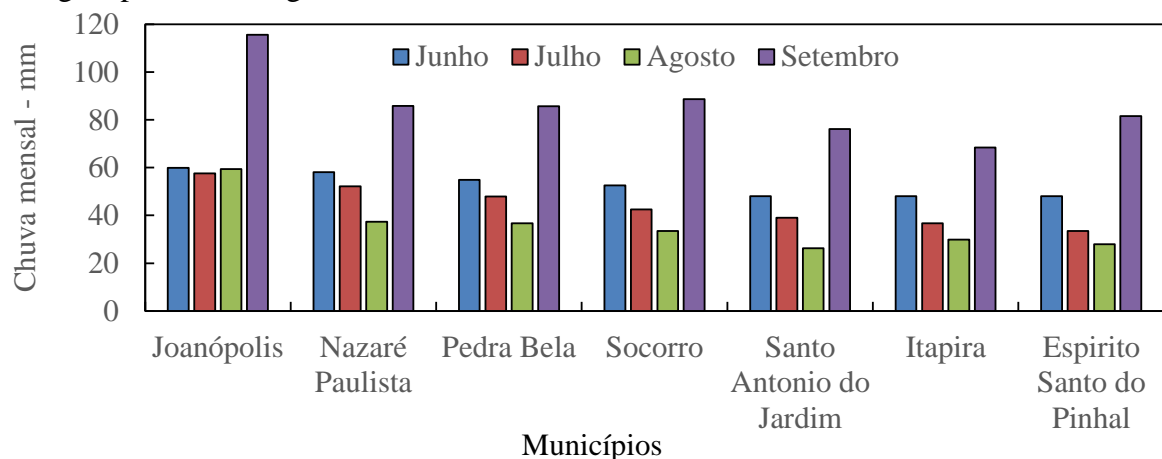
Os valores médios mensais de temperaturas máximas e mínimas foram espacializados tendo como base os valores de altitude provenientes do Modelo Digital de Elevação da área, com resolução espacial de 30 m, obtido junto Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>). A espacialização dos índices (Heliotérmico, de Frio Noturno e de Seca) que compõem o Sistema CCM Geovitícola foi feita cruzando as imagens *raster* obtidas para cada índice, obtendo assim o clima vitícola para a região do Polo Regional Leste Paulista, para as safras de verão e de inverno.

## RESULTADOS

A qualidade do vinho é diretamente relacionada à qualidade da uva e, esta é fortemente influenciada pelo clima vitícola, sendo a ocorrência de chuvas a principal limitação na obtenção de vinhos finos (REGINA *et al.*, 2011). O regime de chuvas, na região leste do Estado de São Paulo, é caracterizado por períodos distintos, sendo, um verão chuvoso e um inverno mais seco. Esta característica climática impõe condições menos favoráveis para a colheita da safra de verão, mas, com o deslocamento da colheita, por meio da poda extemporânea (REGINA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2017), para os meses mais secos da safra de inverno, os menores índices de chuva favorecem a maturação das uvas.

Na safra de verão, a maturação e a colheita ocorrem em meses considerados úmidos com total mensal de chuvas superior a 200mm, porém, a colheita durante meses mais secos pode favorecer o acúmulo de açúcares nas uvas, possibilitando obtenção de vinhos de melhor qualidade. Nesse contexto, na Figura 1 é mostrada a variação do total de chuva mensal, durante a época mais seca do ano, na qual pode ser verificado que, para localidades situadas mais ao sul da área de estudo (Joanópolis, Nazaré Paulista), os índices pluviométricos durante a colheita da safra extemporânea, considerando-se o mês de agosto, são superiores a 40mm.

Figura 1. Chuva durante os meses de junho a setembro em diferentes municípios da região abrangida pelo Polo Regional Leste Paulista.



Fonte: DAEE (Dados de chuva). Org. pelos autores.

Na região central (Pedra Bela, Socorro), os valores de chuva ficam entre 30 e 40mm, enquanto, para os locais situados mais ao norte (Santo Antonio de Jardim, Espirito Santo do Pinhal, Itapira), esses índices são inferiores a 30mm por mês, provavelmente, favorecendo o acúmulo de açúcares nas uvas. Observa-se que, a colheita da safra de inverno em setembro pode ser arriscada, pois, o aumento das chuvas pode afetar negativamente o teor de açúcares, além retardar o manejo da safra de verão subsequente.

#### *Estimativa das temperaturas médias mensais*

Na Tabela 2 são apresentados os valores obtidos dos coeficientes das equações de estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas, em função da altitude, e dos coeficientes de determinação, para a região abrangida pelo Polo Regional Leste Paulista.



Tabela 2. Equações de regressão simples para estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas (°C), em função da altitude (m), para a região abrangida pelos municípios do Polo Regional Leste Paulista.

Mês	Temperatura máxima	R <sup>2</sup>	Temperatura mínima	R <sup>2</sup>
Janeiro	Y = -0,0068 X + 33,907	0,92	Y = -0,0058 X + 22,627	0,85
Fevereiro	Y = -0,0071 X + 34,526	0,91	Y = -0,0058 X + 22,667	0,85
Março	Y = -0,0071 X + 34,302	0,93	Y = -0,0063 X + 22,398	0,81
Abril	Y = -0,0069 X + 32,634	0,92	Y = -0,0069 X + 20,811	0,85
Mai	Y = -0,0069 X + 30,612	0,90	Y = -0,0078 X + 18,849	0,84
Junho	Y = -0,0067 X + 29,418	0,86	Y = -0,0077 X + 17,213	0,81
Julho	Y = -0,0072 X + 29,904	0,86	Y = -0,0084 X + 17,295	0,84
Agosto	Y = -0,0073 X + 32,024	0,79	Y = -0,0085 X + 18,846	0,79
Setembro	Y = -0,0070 X + 32,92	0,76	Y = -0,0075 X + 20,015	0,77
Outubro	Y = -0,0076 X + 33,708	0,86	Y = -0,0063 X + 20,573	0,75
Novembro	Y = -0,0075 X + 34,067	0,93	Y = -0,0062 X + 21,548	0,80
Dezembro	Y = -0,0072 X + 33,475	0,95	Y = -0,0058 X + 22,166	0,86

Y = temperatura média mensal das máximas ou das mínimas (°C); X = altitude (m); R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação. Fonte: INMET e IAC (Dados de temperatura). Org. pelos autores.

As equações foram desenvolvidas como ferramenta auxiliar para espacialização, tanto dos valores de temperatura, quanto dos índices climáticos vitícolas. Para as temperaturas máximas verificou-se que os coeficientes de determinação variaram entre 0,76 para o mês de setembro a 0,95 para o mês de dezembro, enquanto, para as temperaturas mínimas, variaram entre 0,75 (outubro) e 0,86 (dezembro). Os valores dos coeficientes de determinação indicam a possibilidade de utilização da altitude dos diferentes locais como estimador das temperaturas médias das máximas e das mínimas. O efeito da altitude para os diferentes meses do ano variou entre -0,58 a -0,85°C, para cada 100m de altitude para as temperaturas mínimas, e entre -0,67 e -0,76°C para cada 100m, para as máximas.

*Sistema de Classificação Geovitícola (CCM)* – a variação espacial do clima vitícola classificado pela combinação dos diferentes índices climáticos: IS – Índice de seca, IH – Índice heliotérmico e IF – Índice de frio noturno (nictotérmico) foi feita para safras de verão e de inverno. De maneira geral, as condições climáticas da região são caracterizadas pela ocorrência de chuvas e temperaturas mais elevadas durante o período correspondente à safra de verão, coincidindo o período de maturação com altos índices pluviométricos, que desfavorecem o acúmulo de açúcares nas uvas (REGINA *et al.*, 2010; FAVERO *et al.*, 2011; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2017).



Na safra de inverno, apesar dos maiores índices pluviométricos durante o início do período vegetativo das videiras, o período de maturação e colheita coincide com temperaturas amenas e menor precipitação pluvial, que favorecem o teor de açúcares nas uvas (REGINA *et al.*, 2010; FAVERO *et al.*, 2011).

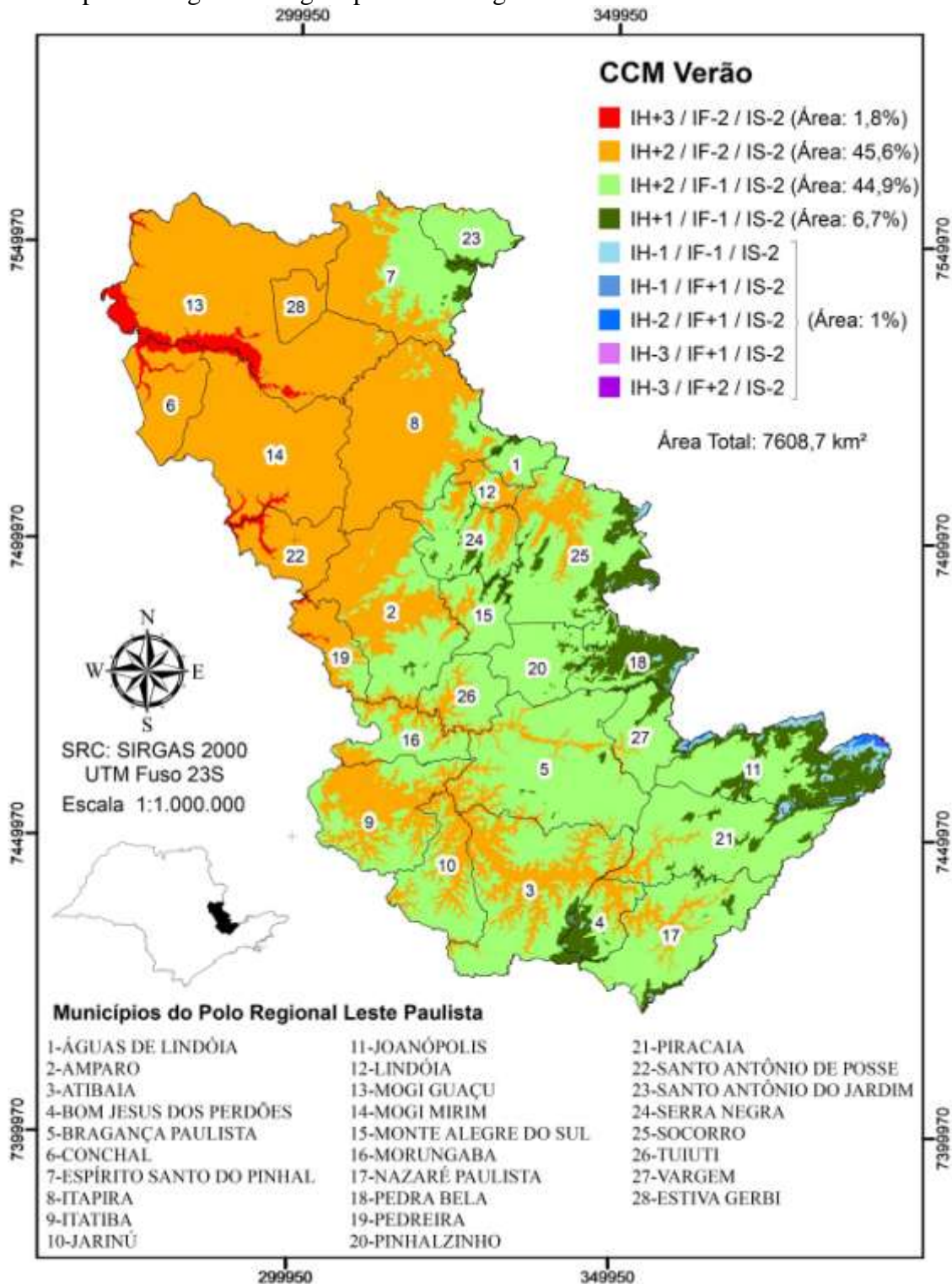
*CCM safra de verão* - A classificação climática multicritério para a safra de verão (Figura 2) indica que toda a região de estudo é caracterizada como de clima úmido (IS-2) indicando ausência de seca durante o ciclo da videira (setembro a fevereiro) e, principalmente, durante o período de maturação, correspondente ao último mês antes da colheita. Segundo Tonietto; Carbonneau (1999) tal condição climática pode apresentar restrições, tanto do ponto de vista fitossanitário, quanto da maturação das uvas, porém, pode permitir a obtenção de vinhos brancos ou tintos com tipicidade próprias, distinta das regiões produtoras tradicionais.

A influência negativa advinda da maior ocorrência de chuva e umidade do solo elevada, durante o período de maturação, é apontada como prejudicial em experimentos realizados com uvas viníferas em áreas próximas à região de estudo, tanto no Estado de São Paulo (SANTOS *et al.*, 2011; PEDRO JÚNIOR, *et al.*, 2017), quanto em Minas Gerais (MOTA *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2012).

Apesar da classificação do IS ter sido desfavorável ao processo de maturação, resultados promissores foram obtidos por Pedro Júnior *et al.*, (2017) para a Syrah manejada em safra de verão, no município de Vinhedo (SP), com teor de sólidos solúveis de 18°Brix e acidez titulável total entre 120 e 130 mEq.L<sup>-1</sup>.

As cultivares Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc, cultivadas em região de clima úmido (São Roque-SP), apresentaram valores de teor de sólidos solúveis variando entre 19 e 20°Brix e acidez titulável total em torno de 100 mEq.L<sup>-1</sup> (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2014a; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2014b). Ainda, Regina *et al.*, (2010), avaliando a influência da altitude na qualidade de uvas viníferas para elaboração de espumantes observaram valores de teor de sólidos solúveis de 20°Brix e acidez em torno de 120 mEq.L<sup>-1</sup> para a cultivar 'Chardonnay'.

Figura 2. Clima vitícola (CCM) para uvas manejadas em regime de safra de verão para municípios da região abrangida pelo Polo Regional Leste Paulista.



Fonte: INPE/TOPODATA (Modelo Digital de Elevação), IBGE (Limites municipais).  
 Org. pelos autores



Em relação ao índice de frio noturno, quatro classes foram identificadas, sendo caracterizadas como de: noites quentes (IF-2), correspondendo às áreas com altitude menor que 800m, existentes a noroeste da região de estudo; noites temperadas (IF-1), ocorrendo nos municípios com altitude entre 800 e 1500m; noites frias (IF+1) e noites muito frias (IF+2), nas áreas mais elevadas existentes nas encostas da Serra da Mantiqueira, na divisa com Minas Gerais, e ao sul da região de estudo, nos municípios com altitude superior a 1840 m (Socorro, Pedra Bela, Joanópolis e Vargem).

Para o índice heliotérmico foram observadas as seguintes classes pelo sistema CCM: IH+3 (muito quente) em altitudes abaixo de 600m; IH+2 (quente), nas áreas de altitude entre 600 e 1070m, ocorrendo na maior parte da área de estudo; IH +1 (temperado quente), encontrado em áreas com altitude entre 1070 e 1300m; IH-1(temperado), observado nas encostas da Serra da Mantiqueira com altitudes entre 1300 e 1550m; IH-2 (frio) e IH-3(muito frio) nas regiões com altitudes acima de 1550m.

Marin *et al.*, (2008) elaboraram o mapa do potencial climático para a viticultura no Estado de São Paulo, considerando a safra de verão como sendo no período de outubro a março, relatando, serem todas as regiões como IS-2 (clima úmido) fato que dificulta o processo de maturação, informação corroborada neste trabalho para a região compreendida pelos municípios do Polo Regional Leste Paulista. Cita ainda que, em regiões com noites quentes (IF-2), a maturação das uvas ocorre em condições de temperaturas noturnas elevadas tendo influência negativa na coloração e potencial aromático das uvas e que, as áreas mais favoráveis para a produção vitícola, são encontradas na região nordeste paulista.

Ainda, de acordo com Tonietto; Vianello; Regina (2006), em áreas mais elevadas a exemplo de Minas Gerais (Caldas, 1150m de altitude), o período de maturação coincide com meses de elevada precipitação pluviométrica, que limitam a obtenção de uvas para elaboração de vinhos de melhor qualidade, em função do prejuízo na maturação fenólica. Nessas regiões, em princípio, o produtor poderá ser orientado para produção de vinhos brancos tranquilos e espumantes ou vinhos tintos jovens para rápido consumo.

Para as regiões de altitude mais elevada, também se faz necessária a avaliação do risco de geada, pois geadas primaveris podem prejudicar os órgãos herbáceos da videira (Brixner *et al.*, 2014). Como relatado por Gobbato (1940), as temperaturas menores que 0°C durante a brotação são prejudiciais por ocasionarem queima da brotação primária, prejudicando a



produção, uma vez que a brotação das gemas secundárias, após o dano, é praticamente infrutífera ou nula. Segundo Kishino; Caramori (2007), após a brotação, os órgãos mais sensíveis da videira podem sofrer danos irreversíveis, e regiões mais frias com probabilidade de ocorrência de geadas precoces, afetam a produção.

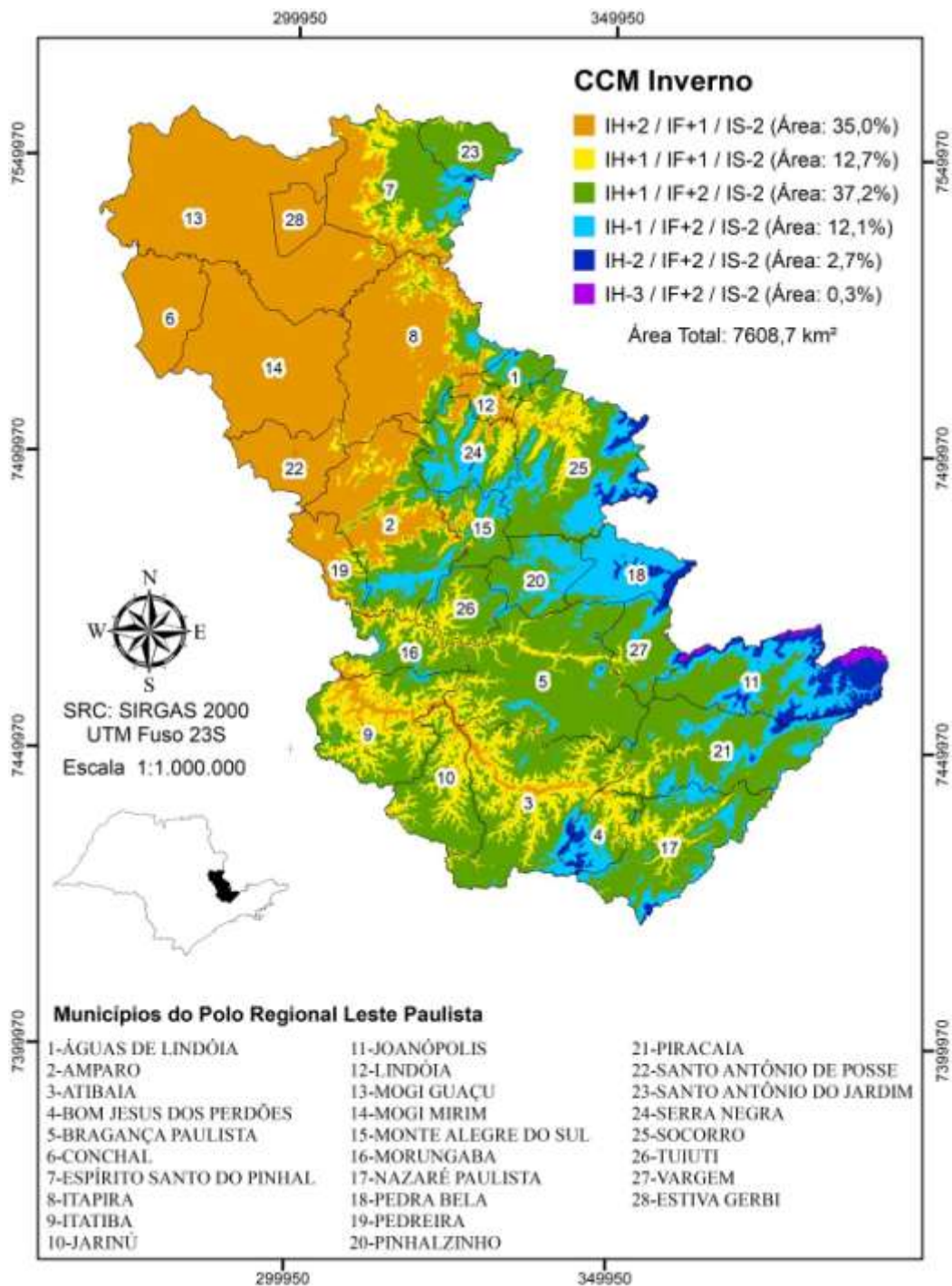
Caso ocorra na época de floração, as baixas temperaturas interferem na abertura das flores e na viabilidade do pólen, acarretando, por isso, prejuízos à produtividade do vinhedo (MANDELLI; MIELE; TONIETTO, 2009). Portanto, locais com ocorrência de temperatura de 4°C, medida em abrigo meteorológico, durante a fase inicial de desenvolvimento da videira, poderiam ser limitantes para o cultivo de videiras. Esse valor baseia-se na diferença média entre a temperatura do ar em abrigo meteorológico e a temperatura de mínima de relva, em noites de forte resfriamento, que é da ordem de 4°C (CARAMORI *et al.*, 2008).

Na região de estudo, as áreas com altitude superior a 1200m apresentam cerca de 50% de probabilidade de ocorrência de temperaturas, mínimas absolutas em abrigo, menor que 4°C e, acima de 1600m, a probabilidade de ocorrência pode chegar a 90%, durante o mês de setembro (ASTOLPHO *et al.*, 2005), época em que as videiras terão brotado, ao se considerar a poda no início do mês.

*CCM safra de inverno* - Para manejo das videiras em regime de safra de inverno, Tonietto *et al.*, (2006) alertam para o maior risco de ocorrência de míldio nas folhas e cachos, pois, caso a poda seja efetuada em fevereiro, o crescimento das plantas vai coincidir com meses quentes e de altos índices pluviométricos, que favorecem o desenvolvimento desta doença nas videiras, como verificado em diferentes municípios do estado de Minas Gerais, sendo aconselhável, portanto, a poda em março e consequente colheita em agosto.

A CCM aplicada para a safra de inverno (Figura 3), com colheita em agosto, permitiu observar que, apesar do período de maturação das uvas ocorrer em meses caracterizados por menores índices de precipitação pluviométrica. O índice de seca, em função da metodologia utilizada para cálculo, apresentou valores correspondentes à classe úmida (IS-2), para todos os municípios da região analisada, e o índice de frio noturno, durante o mês de agosto, foi caracterizado como sendo de noites frias (IF+1), em áreas com altitude inferior a 820m, e muito frias (IF+2), em locais com altitude superior a 820m.

Figura 3. Clima vitícola (CCM) para uvas manejadas em regime de safra de inverno para municípios da região abrangida pelo Polo Regional Leste Paulista.



Fonte: INPE (Modelo Digital de Elevação); IBGE (Limites municipais).

Org. pelos autores



Em relação ao índice heliotérmico foram observadas as classes: IH +2 (quente) e IH+1 (temperado quente), nas áreas com altitude abaixo de 980m, correspondente aos municípios situados a noroeste da região de estudo. As classes IH-1 (temperado); IH-2 (frio) e IH-3 (muito frio) foram encontrados para os municípios situados nas áreas acima de 980m, nas encostas da Serra da Mantiqueira e na região situada mais ao sul (Figura 3).

Apesar da classificação do índice de seca ter sido caracterizada como úmida para a safra de inverno, alguns estudos mostram que os índices tecnológicos na colheita, principalmente em relação ao teor de açúcares, são propícios à obtenção de produto adequado para vinificação, pois, a safra de inverno, conseguida por meio do manejo da dupla poda, permite ganhos consideráveis no potencial enológico para elaboração de vinhos. Na região nordeste do Estado de São Paulo, representada pelo município de Espírito Santo do Pinhal, ao avaliar o comportamento das cultivares viníferas tintas, Syrah, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc e Pinot Noir e brancas, Sauvignon Blanc e Chardonnay, foram relatados valores elevados de teor de sólidos solúveis, variando entre 24,5 a 27 °Brix (REGINA *et al.*, 2011).

Em Louveira-SP, PEDRO JÚNIOR *et al.*, (2017), obtiveram, para a ‘Syrah’, teor de sólidos solúveis superior a 20 °Brix, para a safra de inverno e, em Vinhedo-SP, para a mesma cultivar, o teor de sólidos solúveis variou entre 20 e 22°Brix (PEDRO JÚNIOR; HERNANDES, 2017). Deve ser ressaltado que esses municípios estão localizados a sudoeste, nas proximidades da região de estudo.

Na região sul cafeeira do Estado de Minas Gerais, em localidades situadas a leste da área de estudo com similaridade climática com os municípios da encosta da Serra da Mantiqueira, são relatados valores de teor de sólidos solúveis acima de 19,7°Brix para a ‘Syrah’ (DIAS *et al.*, 2012) e entre 21 e 25°Brix para as cultivares Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Tempranillo, Merlot, Sauvignon Blanc e Chardonnay (MOTA *et al.*, 2010).

Deve ser lembrado que, na maioria das avaliações efetuadas em uvas viníferas em municípios situados dentro da área de estudo ou circunvizinhos, foram observados valores de acidez titulável total entre 100 a 150 mEq.L<sup>-1</sup>. Marin *et al.*, (2008), para a safra de inverno, considerando o período de produção das videiras de abril a setembro, relatam existir no extremo nordeste do Estado de São Paulo, em virtude da maior altitude, regiões com clima frio e mais seco que favorecem a maturação das uvas.



Na Figura 1 pode ser verificado que, para localidades situadas mais ao norte da região de estudo, os índices pluviométricos são menores, provavelmente, favorecendo o acúmulo de açúcares nas uvas, atentando-se para o fato que, no mês de setembro, as chuvas começam a aumentar, podendo prejudicar o processo de maturação das uvas. Pode-se verificar ainda que, a colheita efetuada em agosto, ocorre em período de pouca umidade no solo, com dias ensolarados e noites frias com maior amplitude térmica permitindo que as uvas colhidas apresentem melhor potencial de maturação.

Segundo Tonietto *et al.*, (2006), nessas condições climáticas espera-se obtenção de uvas que possibilitem elaboração de vinhos com bom equilíbrio entre álcool e acidez, a exemplo de Cordislândia e Três Corações, em Minas Gerais, em que são obtidos, em função da cultivar, vinhos tintos e brancos mais encorpados com expressão aromática. Apesar das temperaturas serem baixas e o risco de ocorrência de geadas ser mais elevado durante as fases de maturação e colheita na safra de inverno, não chega a prejudicar a produção pois os tecidos dos órgãos das videiras estão menos suscetíveis às baixas temperaturas.

*Requerimento térmico (Índice heliotérmico) para cultivares de uva vinífera* – O conhecimento das necessidades térmicas das cultivares de uva vinífera, para elaboração de vinhos brancos e tintos, é ainda incipiente na região, devido ao cultivo de uvas finas ter começado recentemente, motivado pela crescente demanda do mercado consumidor. Porém, de maneira preliminar, seria interessante utilizar a experiência de países tradicionais na produção de uvas para vinho para auxiliar o viticultor local na identificação da exigência térmica, expressa em unidades heliotérmicas das cultivares, quando do planejamento da implantação do vinhedo.

Na Tabela 3 estão relacionadas cultivares de uva vinífera agrupadas em função do Índice heliotérmico (JONES, 2012; IRIMIA *et al.*, 2013; MESTERHÁZY; MÉSZÁROS; PONGRÁEZ, 2014). Segundo esses autores as regiões consideradas muito frias com  $IH < 1500$ , são mais adequadas para cultivares precoces e destinadas à elaboração de vinhos brancos (Pinot Blanc, Gamay, Gewurztraminer). Áreas com clima frio,  $IH$  entre 1500 e 1800 unidades, são mais adequadas para as cultivares Riesling, Pinot Noir, Chardonnay, Merlot, Cabernet Franc e Silvaner.

Em clima considerado temperado, com  $IH$  entre 1800 e 2100, as cultivares mais adaptadas são Cabernet Sauvignon, Ugni Blanc, Chenin Blanc e Syrah. Para o clima





temperado quente, com IH entre 2100 e 2400, os autores indicam maior adequação para as cultivares Grenache, Carignan, Aramon, Zinfandel, Cinsaut e Sangiovese. Locais com clima quente e muito quente, com IH maior que 2400, não apresentam limitação para o processo de maturação, mesmo para cultivares de ciclo longo.

Tabela 3. Requerimento térmico, com base no Índice Heliotérmico (IH), para cultivares de uva para vinho.

Classe de clima	Sigla	Intervalo de classe	Cultivares de uva por necessidade heliotérmica
Muito frio	IH-3	$IH \leq 1500$	Somente cultivares precoces podem atingir maturidade, especialmente uvas brancas (Pinot Blanc, Gamay, Gewurztraminer)
Frio	IH-2	$1500 < IH \leq 1800$	Riesling, Pinot noir, Chardonnay, Merlot, Cabernet Franc, Silvaner
Temperado	IH-1	$1800 < IH \leq 2100$	Cabernet Sauvignon, Ugni Blanc, Chenin Blanc, Syrah
Temperado quente	IH+1	$2100 < IH \leq 2400$	Grenache, Carignan, Aramon, Zinfandel, Cinsaut, Sangiovese
Quente	IH+2	$2400 < IH \leq 3000$	Necessidade heliotérmica para maturação sem limitação, mesmo as cultivares de ciclo tardio
Muito quente	IH+3	$IH > 3000$	Não há limitação heliotérmica para as cultivares atingirem maturação

Fonte: Jones (2012), Irimia *et al.*, (2013) e Mesterházy; Mészáros; Pongrácz (2014). Org. pelos autores.

A indicação de cultivares por faixa de requerimento térmico não impede que as mesmas sejam cultivadas em regiões de menor ou maior disponibilidade térmica. Apenas indicam que, em áreas com menor disponibilidade térmica, o ciclo das videiras seria prolongado, podendo dificultar o sistema de produção de poda extemporânea com duas safras anuais e, em regiões com maior disponibilidade térmica, encurtariam o ciclo das plantas e poderiam prejudicar o processo de maturação das uvas.

Deve-se levar em consideração que o deslocamento de faixa de requerimento térmico das cultivares não impede seu cultivo, mas leva à obtenção de uvas para vinho com tipicidade diferente, seja em regiões de altitude mais elevada com menor IH ou áreas mais baixas com maior valor de IH.

*Similaridade da CCM com outras regiões vitícolas* – uma das aplicações da classificação climática multicritério é permitir a comparação com diferentes regiões vitícolas do país e do mundo. Utilizando as informações disponibilizadas por Tonietto; Carbonneau



(1999) e por Ricce (2018), para diferentes classificações e grupos climáticos, foi possível verificar que, para a safra de verão, as áreas classificadas como IH+1/IF-1/IS-2 são similares à Serra Gaúcha e Serra de Sudeste no Rio Grande do Sul. Segundo TONIETTO *et al.*, (2012), as tendências das características sensoriais dos vinhos na Serra Gaúcha e da Serra de Sudeste levam a vinhos brancos, com baixa intensidade de cor, com matiz amarelo-pálido, enquanto, os vinhos tintos, têm intensidade moderada com matiz rubi, e os espumantes finos são de estilo jovem, para consumo com até quatro anos.

De acordo com MARIN *et al.*, (2008) este tipo de agrupamento climático, expresso por clima vitícola temperado quente (IH+1), associado à ocorrência de temperaturas noturnas mais amenas (IF-1), favorecem a fixação da cor e do aroma. A região referenciada como IH-1/IF-1/IS-2 é semelhante a Beli Kriz, na Eslovênia, e IH-2/IF+1/IS-2, tem semelhança com a região vitícola do Planalto Catarinense e São Joaquim (SC). As regiões classificadas como IH-3/IF+2/IS-2 são semelhantes às áreas vitícolas encontradas em Stuttgart, Trier e Wurzburg, na Alemanha; Quebec, no Canadá e Maidstone, na Inglaterra.

Para a safra de inverno, com temperaturas mais amenas e menor índice de precipitação pluviométrica durante a maturação, foram observadas similaridades climáticas, do ponto de vista vitícola, para as áreas caracterizadas como: IH-1/IF+2/IS-2, encontradas em Macon e região da Borgonha, na França; IH-2/IF+2/IS-2 em Freiburg, Geisenheim e Neustadt, na Alemanha; Besançon, na França; Rochester, nos Estados Unidos da América; Genebra, na Suíça; Novo Mesto, Murska Sobota e Bizelsko, na Eslovênia e IH-3/IF+2/IS-2 em Trier, Stuttgart e Wurzburg, na Alemanha; Quebec, no Canadá e Maidstone, na Inglaterra.

Deve-se levar em consideração que a maioria dessas regiões vitícolas são especializadas em elaboração de vinhos brancos e espumantes e, de acordo com Tonietto; Carbonneau (1999), o clima considerado úmido (IS-2) favorece a obtenção de uvas com teores de acidez que valorizam os vinhos produzidos. Os autores relatam que a uva vinífera pode ser cultivada em diferentes topoclímas, sendo que as características topoclimáticas poderão diferenciar as uvas produzidas, podendo oferecer produtos distintos em característica e tipicidade.

A importância da safra, em função da variabilidade intranual do clima vitícola, repercute fortemente nas características e qualidade dos vinhos (TONIETTO; VIANELLO; REGINA, 2006). Também, REGINA *et al.*, (2010), relatam que a coincidência do período



chuvoso com a maturação das uvas, apesar de afetar o acúmulo de açúcares, permite a produção de espumantes de qualidade, porque o equilíbrio entre açúcares e ácidos das uvas é favorável em análises sensoriais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que, em relação ao índice de seca, o sistema de Classificação Climática Multicritério Geovitícola tenha classificado a região abrangida pelo polo Regional Leste Paulista como de clima úmido, tanto na safra de verão como na de inverno, esta condição de umidade, associada aos demais índices, conforme a característica de cada localidade, favorece a obtenção de vinhos brancos e espumantes, uma vez que, alguns agrupamentos climáticos encontrados nas duas safras estudadas são similares a regiões típicas na produção destes tipos de vinho, tanto no Brasil, quanto no exterior.

A safra de inverno favorece a elaboração de vinhos de melhor qualidade por apresentar, no período do início da maturação até a colheita, menor índice pluviométrico, maior índice de noites frias, portanto, maior amplitude térmica diária e índice heliotérmico suficiente para a produção de uvas com características adequadas para a vinificação.

Para a região abrangida pelo estudo, o período que se mostra mais adequado para o posicionamento da safra de inverno é o período de março a agosto, uma vez que, faz coincidir a colheita com o mês de agosto que apresenta a menor probabilidade de ocorrência de chuvas. Período mais precoce sujeita as videiras à condições de altos índices pluviométricos e altas temperaturas, que favorecem a ocorrência de doenças fúngicas, principalmente o míldio, em grande parte da fase inicial de desenvolvimento, em que as plantas estão mais susceptíveis, enquanto, período mais tardio, faz coincidir a colheita com o mês de setembro, no qual há um aumento considerável de ocorrência de chuvas, que prejudicam a qualidade da uva, além de poder retardar muito o manejo da safra de verão subsequente.

A diversidade climática, encontrada pela aplicação do Sistema Geovitícola, permitiu identificar classificações comparáveis a grupos climáticos de regiões vitivinícolas tradicionais, tanto do Rio Grande do Sul quanto da Europa, indicando a possibilidade de expansão da viticultura para obtenção de vinhos finos com tipicidade própria, que será característica da combinação do cultivar com a região climática.



## REFERÊNCIAS

- ASTOLPHO, F.; CAMARGO, M. B. P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PALLONE FILHO, W. J.; BARDIN, L. Regionalização de riscos 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.
- BARDIN-CAMPAROTTO, L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BLAIN, G. C.; HERNANDES, J. L. Sistema Geovítica para produção de uvas para vinho na região do Circuito das Frutas-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n. 4, p. 900-908, 2014.
- BRIXNER, G. F.; SCHÖFFEL, E. R.; LAGO, I.; RADÜNZ, A. L.; KRÜGER, A. P. Risco de geada e duração dos subperíodos fenológicos da ‘Cabernet Sauvignon’ na região da Campanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.217–224, 2014.
- CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; HERTER, F. G.; HAUAGE, R.; GONÇALVES, S. L.; CITADIN, I.; SILVA, W. Zoneamento agroclimático para o pessegueiro e a nectarineira no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1040- 1044, 2008.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; ARAÚJO, W. F.; TONIETTO, J.; PRADO, R. J. Aptidão climática para o cultivo da videira em Boa Vista, Roraima. **Revista Agro@mbiente**, v.7, n.3, p.277-283, 2013.
- FAVERO, A.C., AMORIM, D.A., MOTA, R.V., SOARES, A.M., SOUZA, C.R., REGINA, M.A. Double-pruning of ‘Syrah’ grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis**, v.50, p.151-158, 2011.
- GOBBATO, C. Manual do vitiviniculor brasileiro. 4. ed. Porto Alegre: Globo, 1940.
- IRIMIA, L.; PATRICHE, C.V.; QUÉNOL, H. Viticultural zoning: a comparative study regarding the accuracy of different approaches in vineyards climate suitability assessment. *Cercetări Agronomice în Moldova*, v.XLVI, n. 3, p. 95-106, 2013.
- JONES, G.V. Climate, Grapes, and Wine: Structure and Suitability in a Changing Climate. **ISHS Acta Horticulturae**, 931. p 19-28, 2012.
- KISHINO, A. Y.; CARAMORI, P. H. Fatores climáticos e o desenvolvimento da videira. In: KISHINO, A. Y; CARVALHO, S. L. C.; ROBERTO, S.R. *Viticultura Tropical: o sistema de produção no Paraná*. Londrina: IAPAR, 2007. p- 59- 86.



- MANDELLI, F.; MIELE, A.; TONIETTO, J. Uva em clima temperado. In: Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. J.E.B.A. Monteiro (Organizador). INMET, Brasília, p. 519-530, 2009.
- MARIN, F. R.; ASSAD, M. L. L.; PACHECO, L. R. F.; PILAU, F. G.; PINTO, H. S.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; TONIETTO, J.; MANDELLI, F. Potencial de clima e solo para a viticultura, no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.2, p.163-174, 2008.
- MESTERHÁZY, I.; MÉSZÁROS, R.; PONGRÁEZ, R. The effects of climate on grape production in Hungary. Időjárás, **Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service**, v. 118, n. 3, p. 193-206, 2014.
- MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C. S.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M.A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1127-1137, 2010.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; BLAIN, G. C.; BARDIN-CAMPAROTTO, L. Produtividade, fenologia e maturação da ‘Cabernet Sauvignon’ para diferentes épocas de poda. Ciência e Técnica **Vitivinícola**, v.29, n.1, p.9-15, 2014a.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; BLAIN, G. C.; BARDIN-CAMPAROTTO, L. Fenologia, produção e evolução da curva de maturação da videira ‘Cabernet Franc’ cultivada em clima úmido. Revista Brasileira de Viticultura e Enologia, **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n.6, p.8-15, 2014b.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L. Produtividade e características físico-químicas da Syrah sustentada em Y durante safra de inverno. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 9, p.34-41, 2017.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; BARDIN-CAMPAROTTO, L.; BLAIN, G. C. Plant parameters and must composition of ‘Syrah’ grapevine cultivated under sequential summer and winter growing seasons. **Bragantia**, v.76, n.2, p.345-351, 2017.
- POMMER, C. V.; MENDES, L. S.; HESPANHOVIANA, L.; BRESSAN-SMITH, R. Potencial climático para a produção de uvas em Campos dos Goytacazes, região norte fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, p.1076-1083, 2009.
- REGINA, M. A., MOTA, R. V., FAVERO, A. C., SHIGA, T. M., SILVA, L. H. J., SOUZA, W. C., NOVELLI, F. A. D.; SOUZA, C. R. Caracterização físico-química de uvas viníferas



cultivadas em regime de dupla poda no nordeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n.3, 84-92, 2011.

REGINA, M. A.; CARMO, E. L.; FONSECA, A. R.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; LAJOLO, F. M.; RIBEIRO, A. P.; MOTA, R. V. Influência da altitude na qualidade das uvas 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.1, p.143-150, 2010.

RICCE, W. da S.; ROBERTO, S. R.; TONIETTO, J.; CARAMORI, P. H. Agroclimatic zoning for winemaking grape production in the State of Paraná. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 14 - 21, 2018.

SANTOS, A. O.; HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ROLIM, G. S. Parâmetros fitotécnicos e condições microclimáticas para videira vinífera conduzida sob dupla poda sequencial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, p.1251-1256, 2011.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In: IX Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 9, Bento Gonçalves, 1999. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999, p. 75-90.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.124, n.1/2, p.81-97, 2004.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F.; ZANUS, M.C.; GUERRA, C.C.; PEREIRA, G.E. O clima das regiões produtoras de uvas de vinho fino do Brasil. In: TONIETTO, J.; RUIZ, V. S.; GÓMEZ-MIGUEL, V. D. Clima, zonificación y tipicidade del vino em regiones vitivinícolas iberoamericanas. Madrid: CYTED, p. 113-145, 2012.

TONIETTO, J.; VIANELLO, R. L.; REGINA, M. A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.27, n.234, p.32-55, 2006.

WOOLMANN, C. A.; GALVANI, E. Sistema de classificação climática multicritério (CCM) aplicado à região geovitícola do Alto Jacuí/RS. In: Galvani, E.; Gobo, J. P. A.; Lima, N. G. B. (Org.). *Climatologia Aplicada II*, 1ª ed., Curitiba, Ed. CRV, 2018, p. 57-70.