



**LUCIANA ALVES CALDEIRA BRANT**

**CONTRIBUTION OF TERROIR FOR GRAPES AND WINTER  
WINES QUALITY WITH CV. SYRAH**

**LAVRAS - MG  
2020**

**LUCIANA ALVES CALDEIRA BRANT**

**CONTRIBUTION OF TERROIR FOR GRAPES AND WINTER WINES  
QUALITY WITH CV. SYRAH**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Rafael Pio  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Brant, Luciana Alves Caldeira.

Contribution of terroir for grapes and winter wines quality with  
cv. Syrah / Luciana Alves Caldeira Brant. - 2020.  
89 p.

Orientador(a): Rafael Pio.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.  
Bibliografia.

1. Double pruning. 2. Vitis vinifera. 3. Grape and wine  
composition. I. Pio, Rafael. II. Título.

O conteúdo desta obra é de responsabilidade do(a) autor(a) e de seu orientador(a).

**LUCIANA ALVES CALDEIRA BRANT**

**CONTRIBUTION OF TERROIR FOR GRAPES AND WINTER WINES  
QUALITY WITH CV. SYRAH**

**CONTRIBUIÇÃO DO TERROIR À QUALIDADE DAS UVAS E DOS VINHOS DE  
INVERNO COM A CUTIVAR SYRAH**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 27 de agosto de 2020.

Prof. Dra. Michele Duarte de Menezes  
Dr. Giuliano Elias Pereira  
Dr. Paulo Sergio de Souza  
Dra. Neuza Mariko Aymoto Hassimotto

UFLA  
EMBRAPA  
IFSULDEMINAS  
USP



Prof. Dr. Rafael Pio  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2020**

*Aos meus pais, Maria Lúcia e Afrânio por todo amor e pela educação que me deram me ensinando a viver com honestidade, responsabilidade e respeito ao próximo.*

*Aos meus irmãos Patrícia e Frederico pelo incentivo, amizade sincera e companheirismo de toda a vida.*

*Ao meu noivo Vadim pelo apoio, amor e carinho e por tornar a vida mais leve sendo o meu companheiro de todas as horas.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dar força e confiança para vencer os desafios da vida e por me conceder mais uma benção na minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de poder cursar o doutorado em Fitotecnia/Agronomia.

À CAPES, pela bolsa de doutorado concedida. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto desta pesquisa.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela oportunidade de participar deste projeto e por proporcionar toda a infraestrutura necessária à vinificação e avaliações.

Às vinícolas Estrada Real, Maria Maria, Casa Verrone, Stella Valentino, Luiz Porto, Guaspari e EPAMIG por ceder plantas e produção de seus vinhedos para realização das avaliações.

Ao Dr. Murillo de Albuquerque Regina pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pelo apoio, paciência e ensinamentos em viticultura.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Pio pelo apoio e ajuda na correção da redação e na finalização deste trabalho.

À enóloga Isabela Peregrino pela amizade, ajuda na vinificação, ensinamentos sobre enologia e contribuição na minha vida profissional.

À Dra. Renata Vieira da Mota pelo apoio e contribuição nas análises de laboratório, nas correções da redação e pelos ensinamentos em composição físico-química da uva e do vinho.

À Dra. Cláudia Rita de Souza, pelo apoio e contribuição nas avaliações ecofisiológicas de campo, nas correções da redação, e todos os ensinamentos sobre ecofisiologia da videira.

Ao Prof. Dr. Nilton Curi, Profa. Dra. Michele Duarte de Menezes e à Mariana Gabriele Marcolino Gonçalves pela contribuição nas análises e estudo dos solos dos vinhedos.

Ao Daniel José Rodrigues pela amizade, ensinamentos sobre viticultura e companheirismo nas viagens de avaliações de campo.

À Isa Magalhães pela amizade, carinho e grande ajuda nas análises no laboratório.

Ao Elder Geraldo pela amizade e convivência, pela ajuda na vinificação e ensinamentos

nas atividades da vinícola.

A todos os funcionários da EPAMIG pela convivência e momentos felizes que tornaram a rotina mais leve.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

## ABSTRACT

High quality wines are being produced in Brazil southeastern region from grapes harvested in the dry winter season through the management of double pruning. This technique consists to prune the vines at the end of winter (August or September) to develop the vegetative cycle, where all clusters are removed. The production cycle begins after a second pruning, carried out in January, to allow the harvest during the winter period (July or August). The present study was divided into two chapters and aimed to better understand the influences of the soils and the macroclimate on the performance of the Syrah grapevine growing under double pruning management, as well as on the quality of the berries (chapter 1) and the wines (chapter 2). The study was carried out in seven scattered vineyards in Minas Gerais (Três Corações - TC, Três Pontas - TP, Cordislândia - COR, São Sebastião do Paraíso - SSP and Andradas - AND) and São Paulo (Itobi - ITO; Espírito Santo do Pinhal - ESP) during three consecutive harvests. Climate, soil, vine vigor, vine ecophysiology and grape and wine composition in each site were analyzed. It was possible to observe the influence of soil and climate characteristics on the composition of berries and wine. Beyond the effects of soil and climate, the human factor, especially in deciding the date of harvest, had a great influence on the composition of berries and wine. Therefore, the data obtained in this study will help winegrowers to better understand grape and wine composition in this new winegrowing region, and in the future to seek the geographical indication for winter wines.

**Keywords:** Double pruning. *Vitis vinifera*. Grape and wine composition. Production. Edaphoclimatic conditions.



## RESUMO

Vinhos de alta qualidade estão sendo elaborados na região sudeste do Brasil a partir de uvas colhidas no inverno seco por meio do manejo de dupla poda. Esta técnica consiste em podar as videiras no final do inverno (agosto ou setembro) para desenvolver o ciclo vegetativo onde são retirados todos os cachos. O ciclo produtivo inicia-se após uma segunda poda, realizada em janeiro, para permitir a colheita durante o período de inverno (julho ou agosto). O presente estudo foi dividido em dois capítulos e teve como objetivo melhor compreender as influências do solo e do macroclima no desempenho da videira Syrah cultivada sob o manejo de dupla poda bem como na qualidade das uvas (capítulo 1) e dos vinhos (capítulo 2). O estudo foi realizado em sete vinhedos dispersos em Minas Gerais (Três Corações - TC, Três Pontas - TP, Cordislândia - COR, São Sebastião do Paraíso - SSP e Andradas - AND) e São Paulo (Itobi - ITO; Espírito Santo do Pinhal - ESP) durante três safras consecutivas. Foram analisados o clima, solo, vigor da planta, ecofisiologia da videira e composição das uvas e dos vinhos em cada região. Foi possível observar a influência das características do solo e do clima na composição das uvas e dos vinhos. Além dos efeitos do solo e do clima, o fator humano, principalmente na decisão da data de colheita, exerceu grande influência na composição das bagas e do vinho. Os dados obtidos neste trabalho ajudarão os viticultores a melhor compreender a composição de uvas e vinhos nesta nova fronteira vitivinícola, assim como futuramente buscar a indicação geográfica para os vinhos de inverno.

**Palavras-chave:** Dupla Poda. *Vitis vinifera*. Composição de uvas e vinhos. Produção. Condições edafoclimáticas.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figure 1 - Geographic location of the vineyards in Minas Gerais and São Paulo states.....37
- Figure 2 - Principal Component Analysis (PCA) of grape composition (soluble solids, acidity, total anthocyanin and total phenolics) from seven vineyards in Southeast Brazil in 2016, 2017 and 2018 winter seasons. Andradas (AND), Cordislândia (COR), Itobi (ITO), Pinhal (PIN), São Sebastião do Paraíso (SSP), Três Corações (TC) and Três Pontas (TP).....51

### ARTIGO 2

- Figure 1 - Geographic location of the studied regions in Minas Gerais and São Paulo states.....66
- Figure 2 - Mineralogical composition of the soil profiles from regions. (A) Três Corações; (B) Cordislândia; (C) Andradas; (D) Espírito Santo do Pinhal; (E) Itobí; (F) São Sebastião do Paraíso and (G) Três Pontas. Kt: kaolinite; Qz: quartz; Gb: gibbsite; Gt: goethite; Hm: hematite; Mc: mica; Mh: Maghemite.....74
- Figure 3 - Principal Component Analysis (PCA), clustering (A) and biplot (B) of wine composition (pH, sugar, fixed acidity, alcohol, total phenolics, IPT, flavonols, anthocyanin, color intensity, total ashes, ashes alkalinity and dry extract) from seven regions in Southeast Brazil in 2016, 2017 and 2018 winter seasons. Different colors of arrows at biplot graph indicates the intensity of contribution of the parameter. Andradas (AND), Cordislândia (COR), Itobi (ITO), Espírito Santo do Pinhal (PIN), São Sebastião do Paraíso (SSP), Três Corações (TC) and Três Pontas (TP).....80

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Table 1 - Geographic location and historical climatic data of municipalities in Southeastern Brazil producing Syrah grapes under double pruning management.....	39
Table 2 - Soil classification and physicochemical properties of vineyards.....	41
Table 3 - Vegetative vigor (leaf area and pruning weight) and yield components of Syrah grapevines from different vineyards in Southeastern Brazilian during 2016, 2017 and 2018 autumn - winter growing seasons.....	46
Table 4 - Vine water status (stem and leaf water potential – $\Psi_{\text{stem}}$ and $\Psi_{\text{leaf}}$ ), photosynthesis, stomatal conductance and transpiration of Syrah during ripening stage in different vineyards of Brazilian Southeast, during 2017 and 2018 winter growing seasons.....	48
Table 5 - Grape composition at harvest in seven vineyards in the Southeast Brazil.....	50

### ARTIGO 2

Table 1 - Geographic location, altitude and historical climatic data of maturation of berries period (May to August) at regions in Southeastern Brazil producing Syrah grapes under double pruning management.....	67
Table 2 - Soil physical characteristics at seven Syrah wine production regions in the Southeast Brazil.....	72
Table 3 - Physicochemical parameters of must composition from Syrah of winter harvest at seven regions in the Southeast Brazil.....	76
Table 4 – Syrah winter wine composition from three harvest seasons at seven regions in the Southeast Brazil.....	78

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama mundial e nacional da viticultura</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>A videira Syrah</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>O manejo da dupla poda</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>O conceito de <i>Terroir</i></b> .....	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Influência do clima na qualidade da uva e do vinho</b> .....	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Influência do solo na qualidade da uva e do vinho</b> .....	<b>21</b>
<b>2.7</b>	<b>Influência do manejo da videira na qualidade da uva e do vinho</b> .....	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>
	<b>SEGUNDA PARTE</b> .....	<b>33</b>
	<b>ARTIGO 1: MACRO SCALE ANALYSIS OF SYRAH VINEYARDS UNDER WINTER GROWING CYCLES: AGRONOMICAL AND ECOPHYSIOLOGICAL RESPONSES</b> .....	<b>33</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>35</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALS AND METHODS</b> .....	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>RESULTS</b> .....	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>55</b>
	<b>REFERENCES</b> .....	<b>58</b>
	<b>ARTIGO 2: PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ‘SYRAH’ WINTER WINES UNDER DIFFERENT PEDOCLIMATIC CONDITIONS IN SOUTHEASTERN BRAZIL</b> .....	<b>63</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>65</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL AND METHODS</b> .....	<b>66</b>
<b>3</b>	<b>RESULTS</b> .....	<b>70</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>84</b>
	<b>REFERENCES</b> .....	<b>85</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

A viticultura brasileira ocupa uma área de aproximadamente 78.553 hectares, sendo os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Pernambuco, Santa Catarina, Paraná, Bahia e Minas Gerais os principais estados produtores. Dos 257,1 milhões de litros de vinhos produzidos no ano de 2018 no Brasil, a grande maioria é originada de uvas da espécie *Vitis labrusca*, sendo considerados vinhos de consumo corrente ou de mesa. A produção de vinhos finos ainda é bastante pequena, totalizando 38,7 milhões de litros anuais, o que significa que apenas 15% do volume total de vinhos produzidos corresponde a esta categoria. Do total dos vinhos finos comercializados em 2018 no Brasil, 88,2% foram importados principalmente de países europeus e sul americanos, com destaque para Argentina, Chile e Portugal (UVIBRA, 2020).

Apesar da grande evolução já conquistada na qualidade dos vinhos finos nacionais, um dos principais fatores de entrave à maior competitividade da indústria vinícola Brasileira é a qualidade da matéria-prima. As regiões vitivinícolas tradicionais realizam o período de colheita das uvas viníferas na época de maior pluviosidade, resultando em maturação incompleta da uva, baixa concentração de açúcares, diluição da acidez total, baixa síntese de polifenóis e diminuição da qualidade das bagas (GUERRA, 2002). Tais condições dificultam a obtenção de cachos adequados para a produção de vinhos de qualidade com alto valor agregado, principalmente os tintos (JACKSON; LOMBARD, 1993).

A região sudeste do Brasil, por outro lado, tem demonstrado grande potencial para a produção de vinhos finos de alta qualidade, elaborados a partir de uvas colhidas durante o inverno seco por meio de dupla poda (BRANT et al., 2018; DIAS et al., 2017; REGINA et al., 2011a). Com o manejo da dupla poda, o período de maturação das uvas ocorre em condições climáticas do outono-inverno com baixo índice pluviométrico e alta amplitude térmica, com temperaturas baixas durante a noite, dias ensolarados e solos secos, ideais para o acúmulo de açúcares e síntese de compostos fenólicos nas bagas (OJEDA et al., 2001).

Sob esse manejo, as videiras são podadas pela primeira vez no final do inverno (agosto ou setembro) para desenvolver o ciclo vegetativo em que todos os cachos são removidos. A segunda poda é realizada em ramos maduros (janeiro ou fevereiro), quando se inicia o ciclo reprodutivo, permitindo a colheita das uvas durante o período seco do inverno (julho a agosto) (FAVERO et al., 2011). Os vinhos elaborados com as uvas colhidas no inverno têm sido chamados de “Vinhos de Inverno” e sua qualidade reconhecida em concursos nacionais e

internacionais (TOLEDO, 2020). As variedades Syrah e Sauvignon Blanc têm apresentado melhores resultados nos últimos anos com a dupla poda, sendo, portanto, as principais cultivares escolhidas para a elaboração dos vinhos de inverno (REGINA et al., 2009).

Para obter competitividade em um mercado altamente concorrido, um vinho fino precisa, além de qualidade, apresentar uma tipicidade que exprima as condições de clima e solo nas quais o vinhedo foi conduzido, além das técnicas empregadas no cultivo da videira e na elaboração do vinho. Essa tipicidade baseia-se no conceito de *terroir*, empregado pelos franceses, e que abriga os princípios das Indicações Geográficas e Denominações de Origem (VAN LEEUWEN et al., 2004; VAN LEEUWEN; SEGUIN, 2006). Apesar de ser uma técnica que tem proporcionado grande avanço na viticultura da região sudeste, a dupla poda ainda é um modelo de manejo recente e faltam informações sobre a diversidade de *terroirs* para vinhos de inverno.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo compreender melhor a contribuição dos solos e do clima na expressão das videiras Syrah sob o manejo de dupla poda e na qualidade das uvas e dos vinhos de inverno. Essas informações são necessárias para uma melhor compreensão dos efeitos das variáveis naturais sobre a composição e a qualidade de uvas e vinhos, assim como contribuirá para uma futura demanda do setor, para a obtenção de uma indicação da origem dos vinhos de inverno, garantindo maior controle de qualidade e fortalecendo ainda mais a viticultura da região do sudeste brasileiro.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Panorama mundial e nacional da viticultura

De acordo com dados da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2016), a área total cultivada no mundo com a cultura da videira está em torno de 7,4 milhões de hectares com uma produção total estimada de 75,5 milhões de toneladas de uvas. Do total da produção, 37,6% estão no continente Europeu, 35% na Ásia, 17,7% nas Américas, 6,4% na África e 3,2% na Oceania. Entre os países com maior produção de vinho no mundo destacam-se a Itália com 5 bilhões de litros, seguida da França (4,5 bilhões), Espanha (3,9 bilhões), Estados Unidos (2,3 bilhões) e China e Austrália com 1,3 bilhões de litros.

Embora tenha ocorrido um decréscimo na produção de vinho no Brasil nos últimos anos, a área cultivada com videiras no Brasil tem apresentado crescimento. A área total vitícola no país, em 2019, estava em 78.731 ha, sendo 60% concentrada no estado do Rio Grande do Sul com 50.044 ha apresentando no período de 2014 a 2016, 0,61% de incremento nas áreas cultivadas com videiras. A segunda maior área vitícola nacional está no estado de São Paulo com 7.939 ha e 1,74% de expansão, seguida por Pernambuco com 7.143 ha e 4,83% de expansão da área de vinhedos no Vale do São Francisco e outras regiões em menor escala como Santa Catarina (4.823 ha), Paraná (4.500 ha), Bahia (2.519 ha) e Minas Gerais (911 ha), sendo Minas Gerais a região que mais tem apresentado crescimento com expansão de 6,43% da área plantada (UVIBRA, 2020).

Do total de 987 mil toneladas de uvas produzidas no Brasil em 2016, estima-se que pouco mais de 345 mil toneladas são destinadas ao processamento. A produção de vinhos no Brasil em 2016 era em torno de 125,7 milhões de litros. Entretanto, o valor total consumido pelos brasileiros foi de 311,2 milhões de litros, diferença compensada pela importação, na ordem de 92,1 milhões de litros de vinhos finos provenientes principalmente do Chile, Argentina e Portugal (MELLO; MACHADO, 2017; OIV, 2016).

O consumo de vinhos no Brasil (1,9 litros per capita) ainda é muito pequeno comparado a outros países vitícolas como, por exemplo, a França que possui um consumo per capita de 51,2 litros. Desta forma, o Brasil representa um grande mercado para a comercialização de vinhos, com consumidores ávidos por novidades e produtos com características regionais. Atualmente, o Brasil possui mais de 1,1 mil vinícolas espalhadas pelo país, a maioria instalada em pequenas propriedades (média de 2 hectares de vinhedos por família). O país se consolidou como o quinto maior produtor da bebida no Hemisfério Sul e certamente é um dos mercados

que cresce mais rapidamente no globo (IBRAVIN, 2019).

De acordo com a legislação brasileira, o vinho é a bebida fermentada de uvas sãs, frescas e maduras, com graduação alcoólica de 8,6 a 16 °GL (Gay Lussac), à temperatura de 20 °C, e pode ser classificado em vinho fino, vinho nobre e de mesa comum (BRASIL, 2018 a, b). Os vinhos fino e nobre são elaborados somente com uvas europeias (*Vitis vinifera*) e o vinho de mesa comum é elaborado a partir uvas americanas (*Vitis labrusca*, *Vitis bourquina*) e híbridas. Diferente dos demais países onde os vinhos finos são elaborados e consumidos em maior volume, o vinho de mesa comum representa no Brasil 80% dos vinhos nacionais, tornando o mercado dos vinhos brasileiros peculiar, embora a demanda por vinhos finos tenha apresentado crescimento acentuado nas últimas décadas (ALMEIDA et al., 2015).

As primeiras videiras cultivadas no Brasil foram de origem europeia, implantadas com a chegada dos colonizadores portugueses no ano de 1532. Em meados do século XIX, os imigrantes italianos introduziram uvas de variedade americana que apresentavam melhor adaptação às condições climáticas. A boa produtividade obtida em solos brasileiros fez com que as videiras americanas substituíssem rapidamente as variedades europeias, tornando-se a base da vitivinicultura nos estados de Rio Grande do Sul e São Paulo.

Até o final da década de 1950, o comércio vitícola brasileiro estava restrito aos estados do Rio Grande do Sul e às regiões leste de São Paulo e sul de Minas Gerais. A partir daí, nos anos 90 ocorreu uma grande evolução dos vinhos brasileiros com a reestruturação do perfil da indústria do vinho no Rio Grande do Sul com a finalidade de enfrentar a concorrência com vinhos estrangeiros e, com isso, houve uma grande ampliação da fronteira vitícola para os Estados de Santa Catarina, Paraná e para o Nordeste, nas áreas irrigadas do Rio São Francisco. Neste processo, as empresas de pesquisa regionais foram as grandes responsáveis pelo crescimento da produção do vinho nacional fora da região tradicional, com a descoberta de novos *terroirs*, tanto no Sul do país como também no sudeste, nordeste e centro-oeste produzindo vinhos de qualidade com diferentes identidades sendo fator determinante para a evolução do mercado vitivinícola brasileiro (CAMARGO et al., 2011; TONIETTO; FALCADE, 2019).

Na região nordeste do Brasil, o Vale do Rio São Francisco localizado entre Pernambuco e Bahia produz atualmente cerca de 4 milhões de litros de vinhos finos por ano, contando com uma área de vinhedos de aproximadamente 400 hectares. Desta produção, cerca de 70% do volume são de espumantes (2,8 milhões de litros), dividindo-se em moscatéis e espumantes finos brut e démi-sec. Além disso, 29% da produção dos vinhos são tintos, podendo ser vinhos jovens ou de guarda, secos ou suaves e apenas 1% de produção de vinhos brancos secos e suaves



(PEREIRA et al., 2018).

No Sudeste brasileiro, a produção de uvas para vinhos finos concentra-se em regiões de clima subtropical de altitude (MELLO, 2016). Nestes locais, os vinhos finos são elaborados principalmente com uvas colhidas no inverno, através do manejo da dupla poda, dando origem aos denominados “Vinhos de Inverno” (FAVERO et al., 2011). Através dessa técnica de manejo, estados como São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás e Bahia têm regiões com cultivo de videiras *Vitis vinifera* voltadas à elaboração de vinhos finos, com destaque para as variedades Syrah e Sauvignon Blanc. Os vinhos finos de alta qualidade produzidos nessas regiões nos últimos anos têm levado à expansão das áreas plantadas concretizando esta nova zona vitícola como regiões promissoras no cenário nacional de vinhos no Brasil (BRANT; FIGUEIREDO; MOTA, 2018).

## 2.2 A videira Syrah

Acredita-se que a variedade Syrah ou Shiraz (*Vitis vinifera* L.) é originária do Vale do Rhône, na França, sendo a principal cultivar de denominações de origem como a Cotes Rôtie, Hermitage e Tain Hermitage (CAMARGO, 1994). Estudos sugerem que essa variedade seja resultante do cruzamento natural entre Mondeuse Blanche (Saboia) e Dureza (Ardecha) (VOUILLAMOZ; GRANDO, 2006). É facilmente identificada pela extremidade do ramo com presença abundante de pêlos de coloração branca. Apresenta folhas jovens de coloração verde clara e folhas adultas penta lobadas, com seio peciolar aberto. Seus ramos são frágeis, de coloração verde clara e entre-nós longos. Seus cachos são longos, medianamente compactos e as bagas de coloração negra e de forma elíptica (FAVERO, 2007).

É uma variedade vigorosa e de fácil adaptação às mais diversas condições de solo e clima, sendo utilizada na elaboração de vinhos com qualidade e tipicidade em várias regiões vitícolas do mundo como a Itália (CONDURSO et al., 2016), Grécia (STAVRIDOU et al., 2016), a Espanha (GIL et al., 2013), os Estados Unidos (BRILLANTE; MARTÍNEZ-LÜSCHER; KURTURAL, 2018), África do Sul (HUNTER; VOLSCHENK, 2018), Chile (GAMBOA et al., 2019) e Brasil (OLIVEIRA et al., 2019a, b e c). Com boa adaptação em clima tropical, a variedade Syrah se tornou emblemática na Austrália (ANTALICK et al., 2015) e no Brasil tem sido cultivada nas regiões sudeste, centro-oeste e nordeste (OLIVEIRA et al., 2019a; MOTA et al., 2021).

No manejo sobre dupla poda, o ciclo de produção da videira Syrah, da poda à colheita, geralmente é longo e dura em torno de 180 dias, sendo possível colher entre 7 a 12 ton ha<sup>-1</sup> no

sistema espaldeira (FAVERO et al., 2011; REGINA et al., 2011a). Em geral, tem bom desempenho agrônômico nos mais diversos tipos de porta-enxertos, embora seja mais enxertada sobre o 1103 P. Pesquisas recentes indicam que o uso de porta-enxertos mais vigorosos pode ser mais adequado às videiras submetidas a duas podas anuais por proporcionar melhor acúmulo de reservas, sem prejuízo na qualidade do vinho (DIAS et al., 2017). As uvas têm sido colhidas com teores de sólidos solúveis superiores a 21 °Brix, podendo atingir 26 °Brix, originando vinhos com graduação alcoólica superior a 14,1 °GL, classificados como nobres, de acordo com a Instrução Normativa 14 de 8 de fevereiro de 2018 (BRASIL, 2018b).

Entre as variedades de viníferas tintas cultivadas sob o manejo de dupla poda, a Syrah destaca-se por ser a mais adaptada a essa técnica, apresentando bom desempenho vegetativo e reprodutivo sendo, atualmente, a principal variedade utilizada para produção de vinhos finos tintos de inverno no sudeste do Brasil (BRANT et al., 2018; FAVERO et al., 2011; REGINA et al., 2011a). As uvas Syrah colhidas no inverno originam vinhos encorpados com presença de taninos maduros, intensidade aromática e notas de frutas vermelhas (framboesa, amora, mirtilo) e especiarias. Além disso, são vinhos que apresentam longevidade em garrafa podendo adquirir, com o tempo, mais complexidade de aromas e sabores (MOTA et al., 2020; 2021).

### **2.3 O manejo da dupla poda**

Nas tradicionais regiões vitivinícolas do Sul e Sudeste do Brasil, as videiras são submetidas a apenas uma poda e a um ciclo de crescimento anual, com um período de descanso vegetativo (dormência) durante o inverno. Sob este manejo tradicional, a fase de maturação e colheita ocorre no verão (dezembro a fevereiro), período com altas temperaturas e alta pluviosidade, favorável a doenças fúngicas e maturação incompleta das uvas, principalmente na composição fenólica (GUERRA, 2002). Nessas condições, é difícil obter matéria-prima de qualidade para a produção de vinhos finos de alto valor agregado, exceto em safras excepcionais, com secas prolongadas, principalmente na maturação, como ocorreu em 2020, na Serra Gaúcha.

Com o objetivo de otimizar a produção de uvas viníferas para vinhos finos de qualidade no sudeste brasileiro, foi desenvolvida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) a técnica da dupla poda. Sob este manejo, as videiras são primeiramente podadas no final do inverno (agosto-setembro) para desenvolver o ciclo vegetativo onde todos os cachos são removidos na fase de grão de ervilha. O ciclo reprodutivo inicia-se após uma segunda poda, realizada de janeiro a fevereiro, para permitir a colheita durante o período de inverno (julho-

agosto). Em ambos os ciclos, as gemas são pulverizadas após a poda com cianamida hidrogenada a 5% para estimular e padronizar a brotação (FAVERO et al., 2011). Esta técnica visa transferir a colheita do verão chuvoso para o inverno seco, principalmente na região sudeste do Brasil, onde o inverno apresenta baixa pluviosidade e alta amplitude térmica, porém sem risco de geadas, condições ideais para o acúmulo de açúcares e síntese de compostos fenólicos e aromáticos durante o período de maturação (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; MOTA et al., 2010; REGINA et al., 2011b; CARBONNEAU, 2010).

Os vinhos produzidos a partir de uvas (*Vitis vinifera*) colhidas no inverno são denominados Vinhos de Inverno. A alta qualidade obtida pelos vinhos de inverno tem sido reconhecida por prêmios em importantes concursos nacionais e internacionais (TOLEDO, 2020). Atualmente, pesquisas com dupla poda têm sido realizadas com outras variedades de uvas viníferas com o objetivo de diversificar os rótulos dos vinhos de inverno e atender ao mercado consumidor que tem buscado cada vez mais conhecer e valorizar o vinho fino nacional.

A técnica de dupla poda é recente e tem permitido um grande avanço na qualidade de vinhos finos na região sudeste do Brasil. A área de plantio atual com vinhas cultivadas em dupla poda está em torno de 400 hectares, a maioria localizada nos Estados de Minas Gerais e São Paulo (CÂMARA, 2020). Recentemente, os vinhedos vêm se expandindo e ocupando áreas no Rio de Janeiro, Goiás, Bahia, Distrito Federal e Espírito Santo, que também têm se mostrado promissoras para a produção do vinho de inverno.

Atualmente, existem diversas vinícolas que trabalham com a elaboração de vinhos de inverno, com destaque para Estrada Real (Três Corações), Maria Maria (Três Pontas), Casa Geraldo (Andradas), Stella Valentino (Andradas), Villa Mosconi (Andradas) e Bárbara Eliodora (São Gonçalo do Sapucaí), em Minas Gerais; Guaspari (Espírito Santo do Pinhal), Casa Verrone (Itobi) e Villa Santa Maria (São Bento do Sapucaí), Terras Altas (Ribeirão Preto), no Estado de São Paulo; Inconfidência (Petrópolis) no Estado do Rio de Janeiro. Muitas destas empresas expandiram recentemente a sua produção e outras novas empresas implantaram o primeiro vinhedo, ou seja, a previsão é de que a oferta de vinhos de inverno no mercado nacional aumente nos próximos anos.

No ano de 2016, foi criada a Associação Nacional dos Produtores de Vinhos de Inverno (ANPROVIN) com o objetivo principal de valorizar o produto e criar uma marca coletiva “Vinhos de Inverno”. Para o reconhecimento dessa marca no mercado vitícola, a busca pela identidade dos vinhos e o conhecimento de cada *terroir* com a dupla poda são essenciais, pois essas informações servirão de base para uma futura Indicação Geográfica (BRANT et al., 2018).

## 2.4 O conceito de *Terroir*

O termo *terroir*, de origem francesa, tem sido usado em todo o mundo para descrever a influência do clima, solo e intervenção humana na composição físico-química e tipicidade dos vinhos (VAUDOUR; SHAW, 2005; ANDRADE et al., 2013). De acordo com a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2010), “*Terroir* vitivinícola” é um conceito que se refere ao conhecimento das interações entre os elementos físicos e biológicos do ambiente juntamente com as práticas vitivinícolas, desenvolvendo características de um produto originado em uma determinada área. “*Terroir*” inclui solo específico, topografia, clima, características da paisagem, intervenção humana e biodiversidade de recursos (VAN LEEUWEN; SEGUIN, 2006; VAN LEEUWEN et al., 2018; BONFANTE et al., 2011).

O termo “tipicidade”, também utilizado para definir o conceito de *terroir*, refere-se à personalidade distinta dos produtos cultivados em determinado local como, por exemplo, um sabor peculiar de um vinho. Tipicidade denota uma qualidade especial de um produto alimentício com características organolépticas específicas, dificilmente obtidas em outro local (LETABLIER; NICOLAS, 1994). Segundo Vandour (2002), a tipicidade caracteriza uma memória coletiva de sabores construída por gerações de pessoas, que remetem a um vinho elaborado a partir de uvas cultivadas em um determinado local.

Para conhecer o potencial da tipicidade, composição e qualidade dos vinhos em novas regiões de altitude na região do nordeste brasileiro, Oliveira et al. (2019b) estudaram a caracterização destes vinhos e observaram influência do clima na composição físico-química de uvas Syrah cultivadas em regiões com diferentes altitudes. Os fatores ambientais tiveram forte influência na composição fenólica, principalmente antocianinas e flavonóis. A região Nordeste do Brasil produz vinhos tropicais no Vale do São Francisco, entre 350-400 m de altitude, assim como vinhos de inverno na Chapada Diamantina-BA, em altitudes acima de 1.000 m. Nestas condições, a videira, as uvas e os vinhos ainda são pouco estudados e as condições tropicais de altitude demonstram também um *terroir* com grande potencial para produção de vinhos finos de inverno. Andrade et al. (2013) compararam a composição das antocianinas presentes em vinhos de regiões do Brasil e Chile e as amostras da variedade Syrah do Vale do São Francisco, apresentaram maiores concentrações de antocianinas do que as chilenas, sugerindo potencial na adaptação dessa uva para o *terroir* dessa região.

Na região sudeste do Brasil, trabalhos que caracterizam o clima e o potencial enológico (TONIETTO; VIANELLO; REGINA, 2006) bem como o desempenho de videiras sob o manejo de dupla poda (SOUZA et al., 2019) e de composição de vinhos produzidos com uvas

colhidas no inverno (MOTA et al., 2021) têm sido realizados, confirmando o potencial dessa região para produção de vinhos finos de qualidade. Entretanto, o presente trabalho é o primeiro que traz informações de *terroir* da região sudeste com o estudo da interação solo-clima-planta e sua relação com a qualidade e a composição físico-química das uvas e dos vinhos. A compreensão dos componentes do *terroir* contribuirá para o fortalecimento do sudeste brasileiro como um novo pólo vitícola, através dos Vinhos de Inverno.

A caracterização do *terroir* de um vinho é de grande importância para a obtenção de uma Indicação de Procedência ou Denominação de Origem que tem como principal objetivo uma organização setorial, visando a melhoria da qualidade dos vinhos produzidos, resultando em uma valorização pelo aumento da notoriedade dos produtos, culminando com um incremento da competitividade do setor e dos produtos no mercado. Indicação de Procedência é o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço. Denominação de Origem é o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos (BRASIL, 1996; FLORES; TONIETTO; TAFFAREL, 2019). Atualmente, o Brasil conta com 49 Indicações de Procedência e 10 Denominações de Origem nacionais, das quais sete são para o produto vinho – Farroupilha, Altos Montes, Pinto Bandeira, Monte Belo e Vales da Uva Goethe, como Indicação de Procedência, e Vale dos Vinhedos, como Indicação de Procedência e Denominação de Origem. Somam-se a essas as Indicações Geográficas em estruturação da Campanha Gaúcha, Vale do São Francisco, Planalto Catarinense e Altos de Pinto Bandeira (TONIETTO; FALCADE, 2018).

## **2.5 Influência do clima na qualidade da uva e do vinho**

A qualidade do vinho está diretamente relacionada com a qualidade da uva, que por sua vez é fortemente influenciada pelo clima vitícola (TONIETTO; CARBONNEAU, 1998). A influência do clima na fisiologia, crescimento e produção da videira e em aspectos fitossanitários se dá pela atuação da temperatura atmosférica, precipitação, do déficit de pressão de vapor, da evapotranspiração de referência, das horas de insolação e dos ventos (VAN LEEUWEN, 2010).

Alguns compostos constituintes das bagas podem ser afetados pela temperatura atmosférica. O teor de antocianinas, pigmento presente nas cascas das uvas e responsável pela

cor dos vinhos tintos, é geralmente maior em temperaturas mais altas, sendo que a faixa de temperatura entre 17 e 26 °C é considerada a mais adequada para obter valores ideais deste composto. Entretanto, temperaturas muito elevadas durante o período de maturação podem inibir a síntese ou aumentar a degradação de antocianinas (FAVERO et al., 2010). Elevada amplitude térmica, decorrente de noites frias, é um fator altamente favorável à síntese de compostos fenólicos, principalmente de antocianinas (CONDE et al., 2007).

Considerando regiões vitícolas tradicionais na Europa, alguns autores acreditam que uma alta expressão do *terroir* é obtida quando a maturação das uvas acontece em condições de baixas temperaturas (VAN LEEUWEN; SEGUIN, 2006). A temperatura do ar é importante para a velocidade de maturação das uvas, sendo a faixa ideal para o acúmulo de açúcares entre 25 e 30 °C. Quando as uvas amadurecem muito rapidamente, em função de temperaturas mais altas, elas tendem a ter maior concentração de açúcares e menos ácidos orgânicos dando origem a vinhos desbalanceados (VAN LEEUWEN, 2010).

A concentração de ácidos orgânicos nas bagas também é altamente influenciada pela temperatura durante o período de maturação. Nesse sentido, regiões frias produzem uvas com altas concentrações de ácido málico, enquanto regiões mais quentes tendem a reduzir a acidez das uvas principalmente devido à degradação deste ácido (JACKSON; LOMBARD, 1993; CONDE et al., 2007).

Segundo Conradie et al. (2002), diferentes níveis de água no solo afetam a qualidade da uva e conseqüentemente do vinho. Em regiões com maior índice pluviométrico, a capacidade de amadurecimento das uvas é menor. Geralmente, regiões que apresentam poucas chuvas e solos mais secos durante o período de maturação apresentam mais qualidade na composição dos vinhos (TONIETTO; CARBONNEAU, 2004). A baixa precipitação pluviométrica durante a maturação das bagas é favorável ao acúmulo de açúcares e à síntese de compostos fenólicos nas bagas (AMORIM et al., 2005). Além disso, áreas menos chuvosas possibilitam menor incidência de doenças como míldio (*Plasmopara viticola*) e podridão cinza (*Botrytis cinerea*), garantindo uvas mais saudáveis e com qualidade para produção de vinhos finos (DELOIRE et al., 2005).

## **2.6 Influência do solo na qualidade da uva e do vinho**

Além do estado hídrico dos vinhedos, o solo influencia outros aspectos das videiras como o vigor, a nutrição mineral, a composição das bagas e até mesmo a velocidade de maturação das uvas por meio da temperatura na zona das raízes. Assim, é preciso entender

como funciona o suprimento de água e de nutrientes e seu efeito na dinâmica de maturação das bagas.

A retenção de água no solo depende principalmente da mineralogia, textura, profundidade, estrutura, porosidade e do relevo (VAN LEEUWEN et al., 2004; RESENDE et al., 2014). Aspectos importantes para produção de vinho de qualidade como o alto teor de antocianinas e taninos nas bagas, por exemplo, podem ocorrer devido à redução do vigor e da produtividade decorrente de condições de menor suprimento de água pelo solo, além de teores adequados de nitrogênio no solo (VAN LEEUWEN, 2010).

Solos com elevados teores de argila, associados à estrutura granular que promovem elevada macroporosidade do solo, propiciam bom desenvolvimento do sistema radicular, permitindo assim que as raízes das videiras alcancem água em maiores profundidades. Entretanto, a textura e estrutura de solo com médios a elevados teores de argila e estrutura em blocos em subsuperfície apresentam maior microporosidade, resultando em maior dificuldade de infiltração de água e penetração de raízes das videiras em profundidade (RESENDE et al., 2014).

A ocorrência de solos jovens, pouco profundos e com baixo teor de argila tem promovido menor disponibilidade de água às raízes das plantas em regiões vitícolas tradicionais na França (Loire Valley). Regiões que apresentam solos com essas características têm obtido videiras com menor vigor na parte aérea do que as cultivadas em solos mais argilosos e profundos. Além disso, originam uvas com maior teor de açúcar, menor acidez total e alto teor de antocianinas (MORLAT; BODIN, 2006).

A temperatura do solo, principalmente na zona das raízes, também é um importante fator na qualidade da uva e do vinho. O amadurecimento tardio das bagas em vinhedos com solos mais quentes geralmente produz bagas com boa concentração de sólidos solúveis e compostos fenólicos e, conseqüentemente, vinhos de alta qualidade e valor agregado (VAN LEEUWEN et al., 2018).

A fertilidade do solo é importante para a nutrição e desenvolvimento dos vinhedos. A nutrição das videiras deve ser mantida adequada para atingir bons níveis de produtividade e de longevidade dos vinhedos. Entre os nutrientes mais exigidos pelas videiras destacam-se o nitrogênio (N) e o potássio (K), importantes para obter o máximo de expressão do *terroir* e da tipicidade do vinho (VAN LEEUWEN et al., 2018).

A disponibilidade de N no solo aumenta de acordo com o teor de matéria orgânica no solo. Teores de N em excesso, muito acima do recomendado para a videira, podem induzir o crescimento da parte aérea, excesso de vigor e de produtividade, resultando em bagas com

menores teores de açúcares, taninos e antocianinas. Além disso, o elevado vigor das plantas pode promover o sombreamento dos cachos, resultando na produção de precursores aromáticos como isobutyl-2-methoxypyrazine, que prejudicam a qualidade dos vinhos (VAN LEEUWEN et al., 2018).

O K é um importante nutriente para a qualidade das bagas, sendo um dos responsáveis pelo controle osmótico celular, no transporte de solutos e na síntese de polifenóis, composto responsável pela cor e participando dos precursores de aromas das uvas. Teores elevados de K disponíveis no solo podem aumentar o pH das uvas e do vinho, incrementando sua suscetibilidade à oxidação e danos causados por microrganismos (MPELASOKA et al., 2003; PÉREZ-ÁLVAREZ; GARCÍA-ESCUADERO; PEREGRINA, 2015). O suprimento de K ao solo, além das adubações, pode ocorrer naturalmente pela liberação desse nutriente a partir de minerais primários facilmente intemperizáveis (feldspatos e micas) e de argilominerais (esmectita e vermiculita com hidróxi-entrecamadas) em solos que contém tal reserva em teores consideráveis (CURI et al., 2005; VAN LEEUWEN et al., 2018).

Alguns efeitos do solo na composição das bagas e dos vinhos são importantes como suporte para a definição do *terroir*, já que promovem tipicidade. Vinhos com aromas apimentados têm sido produzidos em solos escuros, derivados de rochas xistosas, na região do Douro em Portugal (PRATA-SENA et al., 2018). No Nordeste da Itália, solos com textura mais argilosa têm produzido vinhos com boa capacidade de envelhecimento e bem equilibrados, enquanto vinhos com aroma floral e mais leves têm sido produzidos em solos com textura mais arenosa nesta mesma região (FERRETTI, 2019).

## **2.7 Influência do manejo da videira na qualidade da uva e do vinho**

De modo geral, a produção e a qualidade enológica da uva é o resultado da interação solo-clima-planta (SMART, 1985). Portanto, o manejo da videira no campo é fundamental para o bom desempenho das plantas nas condições de solo e clima para obtenção da máxima expressão do *terroir* no vinho final. Para obtenção de vinho de qualidade, depende-se de fatores naturais como os edafoclimáticos, e de fatores humanos, que vão influenciar na composição das uvas, como as técnicas culturais de manejo da videira (escolha do porta-enxerto, da variedade e seus clones, orientação do vinhedo, espaçamento e densidade de plantio, sistema de condução, poda dos ramos, desponte, desfolha, raleio de cachos, irrigação, controle fitossanitário, data da colheita, etc...). A otimização desses fatores por meio de um manejo adequado, pode resultar em aumento significativo da qualidade do vinho com agregação de valor e viabilização da



atividade vitivinícola em determinada região. Além destes parâmetros ligados ao campo, o fator humano irá influenciar a qualidade e a tipicidade de vinhos na vinícola, com os protocolos de vinificação adotados, além da temperatura das fermentações, dias de maceração, tipos de leveduras, tipos de barricas, aditivos enológicos, tipos e intensidades de filtrações, rolhas, garrafas, etc (PEYNAUD, 1997).

A condução e a poda da videira devem manter o equilíbrio da planta para favorecer o desenvolvimento vegetativo e produtivo adaptado às condições edafoclimáticas de cada região, a fim de permitir colheita de uvas com boa sanidade e com índices de maturação adequados (REGINA et al., 2006). O sistema de condução de videiras mais utilizado no Brasil para produção de vinho fino é a espaldeira. Nesse sistema, a condução dos sarmentos da videira é feita no plano vertical, podendo ser ascendente ou descendente, orientada por um até três fio de arame isolado ou aos pares, facilitando a formação do vinhedo com boa adaptação ao desenvolvimento vegetativo da videira (SOARES; LEÃO, 2009). Além disso, a arquitetura do dossel na condução em espaldeira possibilita a aeração na região dos cachos e o melhor aproveitamento da luz solar, importantes para a menor incidência de doenças fúngicas, para a atividade fotossintética da planta e produção de fotoassimilados, garantindo melhor desenvolvimento da planta, maior produção e qualidade das uvas (SMART, 1985).

A poda é realizada para a formação da planta e para estimular a produção. Em videiras com ciclo de produção no verão, é realizada uma poda única geralmente no mês de agosto com duas gemas por esporão de forma que cada planta fique com aproximadamente 22 a 26 gemas. Em videiras Syrah com manejo de dupla poda, a primeira poda para formação dos ramos (agosto) é realizada deixando uma gema por esporão e a segunda poda (janeiro) é realizada para produção dos ramos, quando os ramos já estão lignificados, sendo também uma poda curta com 2 gemas por esporão, totalizando a mesma carga de gemas por planta da poda única.

Conhecidas como podas verdes, o desponte, a desfolha e o raleio de cachos são geralmente realizadas no manejo das videiras viníferas. O desponte consiste na supressão da extremidade dos ramos, visando inibir a dominância apical e estimular o desenvolvimento dos ramos e produção de frutos, eliminar a competição por fotoassimilados entre os cachos e a região de crescimento e evitar o sombreamento excessivo do dossel e infestação de doenças fúngicas em folhas novas como o míldio. A desfolha consiste na eliminação do excesso de folhas próximas à zona de produção dos cachos para possibilitar melhor aeração e penetração dos raios solares, o que favorece a maturação da uva e redução da incidência de podridão nos cachos. Além disso, a desfolha facilita o controle fitossanitário dos cachos com o aumento do contato com o defensivo agrícola no momento da aplicação, sendo de grande importância para

um bom desenvolvimento dos cachos e obtenção de uvas sadias com qualidade. O raleio de cachos tem como principal objetivo eliminar o excesso de produção, o que favorece a qualidade e reduz o amadurecimento desuniforme em situações de brotações irregulares na videira. Em casos de carga de produção muito alta, as uvas apresentam dificuldade para atingir o ponto ideal de maturação o que pode comprometer a qualidade do vinho produzido (REGINA et al., 2006).

Outro importante fator humano na qualidade da uva e do vinho é a decisão do momento ideal de colheita. Para isso, é necessário o monitoramento adequado da evolução da maturação das uvas por meio de análises periódicas de pH, teor de sólidos solúveis e acidez do mosto obtido de amostras de uvas representativas do vinhedo. A colheita de uvas para produção de vinhos finos tintos deve ser realizada no ponto de máxima maturação tecnológica e fenólica das uvas, dependendo do tipo de vinho a ser elaborado, entre jovens e de guarda, com concentração de açúcares na faixa de 21 a 26 °Brix, acidez total de 5 a 6,5 g L<sup>-1</sup>, e alto teor de antocianinas e compostos fenólicos (OJEDA et al., 2002; RISTIC et al., 2007).

De acordo com Deloire et al. (2005), a composição do vinho depende do estado hídrico da videira que interfere principalmente no desenvolvimento vegetativo da planta. O acúmulo de açúcar na baga depende da atividade fotossintética da planta, que por sua vez depende do seu estado hídrico. Muitos estudos já foram realizados sobre os efeitos do estresse hídrico no acúmulo de açúcar na baga. Carbonneau e Deloire (2001) mostraram que déficits hídricos moderados retardam o crescimento dos ramos sem prejudicar a atividade fotossintética, além de facilitarem a distribuição de açúcar nas bagas durante o amadurecimento.

O sucesso na produção de vinhos de qualidade em vinhedos irrigados depende do equilíbrio ideal entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Irrigação excessiva pode causar o excesso de vigor dos ramos e conseqüentemente o aumento de competitividade por fotoassimilados entre frutos e ramos, além de alteração do microclima na região dos cachos, comprometendo a síntese de compostos fenólicos nas uvas (JACKSON; LOMBARD, 1993). Entretanto, com o sistema de irrigação no vinhedo, é possível manipular o estado hídrico da planta em certos estágios fenológicos limitando o crescimento vegetativo e beneficiando a composição das uvas. De acordo com Van Leeuwen et al., (2009), um estresse hídrico moderado em videiras durante o período de amadurecimento é favorável para a melhoria da qualidade da baga. Em regiões com clima seco e baixa pluviosidade anual, como na região nordeste do Brasil, a irrigação é essencial para induzir o ciclo reprodutivo das videiras, tanto as americanas quanto as europeias, sendo uma região de grande potencial para produção de vinhos finos de qualidade (OLIVEIRA et al., 2019b).

Na maioria dos vinhedos conduzidos em dupla poda na região sudeste não há

necessidade de irrigação, devido à elevada capacidade de armazenamento de água dos solos (SOUZA et al., 2019; BRANT et al., 2021). Nos vinhedos com maior teor de areia, utiliza-se irrigação durante o período vegetativo, cortando-se o fornecimento de água durante a maturação das uvas (BRANT et al., 2021).

Desta forma, este estudo teve como objetivo realizar uma caracterização do *terroir*, através de análises do comportamento agronômico das videiras Syrah, bem como da composição de uvas e vinhos de inverno, produzidos em sete vinhedos nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. N.; BRAGAGNOLO, C.; CHAGAS, A. L. S. A Demanda por Vinho no Brasil: elasticidades no consumo das famílias e determinantes da importação. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.53, p.433-454, 2015.
- AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 327–331, 2005.
- ANDRADE, R. H. S. et al. “Anthocyanic composition of Brazilian red wines and use of HPLC-UV-Vis associated to chemometrics to distinguish wines from different regions”. **Microchemical Journal**, 110, P. 256-262, 2013.
- ANTALICK, G. et al. Influence of grape composition on red wine ester profile: Comparison between Cabernet Sauvignon and Shiraz cultivars from Australian warm climate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 4664–4672, 2015.
- BONFANTE, A. et al. A physically oriented approach to analysis and mapping of terroirs. **Geoderma**, v. 167, p.103–117, 2011.
- BRANT, L. A. C.; FIGUEIREDO, G. M.; MOTA, R. V. Vinhos de Inverno do Sudeste Brasileiro. **Territoires du vin**, v. 9, p. 1–4, 2018.
- BRANT, L. A. C. et al. Macro scale analysis of Syrah vineyards under winter growing cycles: Agronomical and ecophysiological responses. **Scientia Agricola**. 2021 (In publication).
- BRASIL. **Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996**. Brasília, DF: Senado Federal, 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19279.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm). Acesso em: 09/08/2020.
- \_\_\_\_\_. **Instrução Normativa nº 48, de 31 de Agosto de 2018**. Diário Oficial da União. Edição 174, Seção 1, p.7, 2018a.
- \_\_\_\_\_. **Instrução Normativa nº 14, de 08 de Fevereiro de 2018**. Diário Oficial da União. Edição 47, Seção 1, p. 4-6, 2018b.
- BRILLANTE, L.; MARTÍNEZ-LÜSCHER, J.; KURTURAL, S. K. Applied water and mechanical canopy management affect berry and wine phenolic and aroma composition of grapevine (*Vitis vinifera* L., cv. Syrah) in Central California. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 261–271, 2018.
- CÂMARA, Francisco Mickael Medeiros. **Vinhedos sob dupla poda: cultivares e porta-enxertos**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.
- CAMARGO, U. A. et al. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**. v. 33, n. 1, p. 144-149, 2011.
- CAMARGO, U. A. Uvas do Brasil. Bento Gonçalves: EMBRAPA/CNPUV. 90p. (Documento 9), 1994.

CARBONNEAU, A.; DELOIRE, A. Plant organization based on source-sink relationship: new finding on developmental, biochemical and molecular responses to environment, 263-280. *In: Molecular Biology & Biotechnology of Grapevine*. ed. Kluwer Academic Publishers, 474p, 2001.

CARBONNEAU, A. La Viticulture Tropicale Mondiale: Le point de son evolution au IIéme Symposium international des vins tropicaux, Petrolina, Brésil (25-28 Mai 2010). **Progrès Agricole et Viticole**, v. 127, n. 13, p. 281-283, 2010.

CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape berry development and bfruit and wine quality. **Food**, v. 1, p. 1-22, 2007.

CONDURSO, C. et al. Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitis vinifera* L.). **European Food Research and Technology**, v. 246, n. 10, p. 1719-1726, 2016.

CONRADIE, W. J. et al. Effect of different environmental factors on the performance of Sauvignon blanc grapevines in the Stellenbosch/Durbanville districts of South Africa. I. Geology, soil, climate, phenology and grape composition. **South African Journal for Enology and Viticulture**, v. 23, n. 2, p. 78–91, 2002.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e Formas de Potássio em Solos Brasileiros. *In: Yamada, T; Roberts, T.L. (Org.). Potássio na Agricultura Brasileira*. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 71-86, 2005.

DELOIRE, A. et al. Grapevine responses to terroir: a global approach. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 39, n. 4, p. 149-162, 2005.

DIAS, F.A.N. et al. Rootstock on vine performance and wine quality of ‘Syrah’ under double pruning. **Scientia Agricola**, v. 74, p. 134-141, 2017.

FAVERO, Ana Carolina. **Viabilidade de produção de videira 'Syrah' em ciclos de verão e inverno no sul de Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

FAVERO, A. C. et al. Physiological responses and production of 'Syrah' vines as a function of training systems. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 3, p. 267-273, 2010.

FAVERO, A. C. et al. 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.

FERRETTI, Carlo G. Relationship between the geology, soil assessment, and terroir of Gewürtztraminer vineyards: A case study in the Dolomites of northern Italy. **Catena**, v. 179, p. 74–84, 2019.

FLORES, S. S.; TONIETTO, J.; TAFFAREL, J. C. Painel de Indicadores para Avaliação das Indicações Geográficas de Vinhos Brasileiros. **Cadernos de Prospecção**, v. 12, n. 4, p. 997-1009, 2019.

GAMBOA, G. G. et al. Leaf-to-Fruit Ratios in *Vitis vinifera* L. cv. “Sauvignon Blanc”,

“Carmenère”, “Cabernet Sauvignon”, and “Syrah” Growing in Maule Valley (Chile): Influence on Yield and Fruit Composition. **Agriculture**, v.9, n. 176, 2019.

GIL, M. et al. Effect of two different treatments for reducing grape yield in *Vitis vinifera* cv Syrah on wine composition and quality: Berry Thinning versus Cluster Thinning. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 20, p. 4968-4978, 2013.

GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: REGINA, M.A. (Coord.). **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**, Caldas: EPAMIG/FECD, p.179-192, 2002.

HUNTER, J. J.; VOLSCHENK, C. G. Chemical composition and sensory properties of non-wooded and wooded Shiraz (*Vitis vinifera* L.) wine as affected by vineyard row orientation and grape ripeness level. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 2689-2704, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO – IBRAVIN. Panorama geral. 2019. Disponível em: <https://www.ibravin.org.br/Panorama-Geral>. Acesso em: 09/08/2020.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 44, p. 409-430, 1993.

LETABLIER, M. H.; NICOLAS, F. Genèse de la ‘typicité’, **Sciences des Aliments**, v. 14, n. 5, p. 541–556, 1994.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Banco de dados de uva, vinho e derivados. 2017. Disponível em: <http://vitibrasil.cnpqv.embrapa.br/>. Acesso em: 09/08/2020.

MORLAT, R.; BODIN, F. Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth - II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou vineyard (France). **Plant and Soil**, v. 281, n. 1–2, p. 55–69, 2006.

MOTA, R. V. et al. 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.

\_\_\_\_\_. Row orientation effects on chemical composition and aromatic profile of Syrah winter wines. **Food Science and Technology**. ISSN 0101-2061, 2020.

\_\_\_\_\_. Characterization of Brazilian Syrah winter wines at bottling and after ageing. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 3, 2021.

MPELASOKA, B. S. et al. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 9, p. 154-168, 2003.

OIV - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE). França, 2016. Disponível em: <http://www.oiv.int/en/statistiques/recherche>. Acesso em: 09/08/2020.

OIV - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE). França, 2010. *Definition of terroir*. [http://www.oiv.int/public/medias/400/viti-2012-1\\_en.pdf](http://www.oiv.int/public/medias/400/viti-2012-1_en.pdf). Accessed June 11, 2020.

OJEDA, H. et al. Influence of pre- and post-veraison water deficits on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 53, p. 261-267, 2002.

OLIVEIRA, J. B. et al. Chemical and Sensorial Characterization of Tropical Syrah Wines Produced at Different Altitudes in Northeast of the Brazil. **South African Journal for Enology and Viticulture**, v. 40, n. 2, 2019a.

\_\_\_\_\_. Climate effects on physicochemical composition of Syrah grapes at low and high altitude sites from tropical grown regions of Brazil. **Food Research International**, v. 121, p. 870–879, 2019b.

\_\_\_\_\_. Chemical composition and sensory profile of Syrah wines from semiarid tropical Brazil - Rootstock and harvest season effects. **LWT-Food Science and Technology**, v. 415, p. 114-108, 2019c.

PEREIRA, E. P. et al. Vinhos Tropicais do Semiárido do Brasil: Desvendando o Potencial Vitivinícola desta Nova Fronteira Geográfica do Vinho. **Territoires du vin**, v. 9, 2018. Disponível em: <https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1658>. Acesso em: 09/08/2020.

PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; PEREGRINA, F. Soil Nutrient Availability under Cover Crops: Effects on Vines, Must, and Wine in a Tempranillo Vineyard. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 66, n. 3, p. 311-320, 2015.

PEYNAUD, E. **Connaissance et travail du vin**. 2. ed. Paris: Dunod, 1997. 341 p.

PRATA-SENA, M. et al. The terroir of Port wine: Two hundred and sixty years of history. **Food Chemistry**, v. 257, p. 388–398, 2018.

REGINA, M. A. et al. Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. **Informe Agropecuário Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p.16-31, 2006.

\_\_\_\_\_. 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**, v.3, n.3, p.84-92, 2011a.

\_\_\_\_\_. Viticulture for fine wines in Brazilian Southeast. **Acta Horticulturae**, v. 910, n.113-120, 2011b.

\_\_\_\_\_. **Vinhos finos: novos horizontes em Minas Gerais**. In: EPAMIG [Edição especial], Informe Agropecuário: 35 anos de pesquisa, Belo Horizonte, v. 30, p. 159-167, 2009.

RESENDE, M. et al. Pedologia: Base para distinção de ambientes, 6 ed. Lavras: **Editora UFLA**, p. 378, 2014.

RISTIC, R. et al. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, p. 53-65, 2007.

SMART, R. E. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 36, p. 230-239, 1985.

SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido. p. 756, 2009.

SOUZA, C. R. et al. Row orientation effects on Syrah grapevine performance during winter growing season. **Revista Ceres**, v. 66, n. 3, p. 184-190, 2019.

STAVRIDOU, K. et al. The phenolic potential of wines from French grape varieties Cabernet Sauvignon, Merlot and Syrah cultivated in the region of Thessaloniki (Northern Greece) and its evolution during aging. **Food and Nutrition Sciences**, v. 7, p. 122–137, 2016.

TOLEDO, Marcelo. Vinícolas adotam colheita no inverno e colecionam prêmios. **Folha de S. Paulo**. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/01/vinicolas-adotam-colheita-no-inverno-e-colecionam-premios.shtml>. Acesso em: 09/08/2020.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Facteurs méso climatiques de la typicité du raisin de table de l'A.O.C, Muscat du Ventoux dans le Département de Vaucluse. **Progres Agricole et Viticole (France)**, v. 12, p. 271–279, 1998.

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

TONIETTO, J.; VIANELLO, R.; REGINA, M. A. **Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola de Minas Gerais**. Informe Agropecuário. Vinhos finos: rumo à qualidade. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. v.27, p.32-55, 2006.

TONIETTO, J.; FALCADE, I. Indicações Geográficas de Vinhos do Brasil: A Estruturação e a Valorização da Produção nos Territórios do Vinho. **Territoires du vin**, v. 9, 2018. Disponível em: <https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1570>. Acesso em: 09/08/2020.

UNIÃO BRASILEIRA DE VITIVINICULTURA – UVIBRA. **Comercialização de vinhos e derivados elaborados no RS de 2012 a 2018** - mercado interno e externo. 2020. Disponível em: [http://www.uvibra.com.br/pdf/comercializacao2012a2018\\_dez.pdf](http://www.uvibra.com.br/pdf/comercializacao2012a2018_dez.pdf). Acesso em: 09/08/2020.

VAN LEEUWEN, C. Terroir: The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. In: **Managing wine quality, volume 1: Viticulture and wine quality**. Reynolds A. (Ed.), Oxford, UK: Woodhead Publishing Ltd., p. 273-315, 2010.

VAN LEEUWEN, C.; ROBY, J. P.; RESSÉGUIER, L. DE. Soil-related terroir factors : a review. **Oeno-one**, v. 52, n. 2, p. 173–188, 2018.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The Concept of Terroir in Viticulture. **Journal of Wine**



**Research**, v. 17, n.1, p.1–10, 2006.

VAN LEEUWEN, C. et al. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, n.3, p. 207–217, 2004.

\_\_\_\_\_. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine: how can it be assessed for vineyard management purposes. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 43, p. 121-134, 2009.

VAUDOUR, E.; SHAW, A. B. A worldwide perspective on viticultural zoning. **South African Journal for Enology and Viticulture**, v. 26, p. 106–115, 2005.

VOUILLAMOZ, J. F.; GRANDO, M. S. Genealogy of wine grape cultivars: ‘Pinot’ is related to ‘Syrah’. **Heredity**, v. 97, p. 102–110, 2006.

**SEGUNDA PARTE****ARTIGO 1: MACRO SCALE ANALYSIS OF SYRAH VINEYARDS UNDER  
WINTER GROWING CYCLES: AGRONOMICAL AND ECOPHYSIOLOGICAL  
RESPONSES**

(Versão publicada na Revista Scientia Agricola)

Luciana Alves Caldeira Brant<sup>1\*</sup>, Cláudia Rita de Souza<sup>2</sup>, Renata Vieira da Mota<sup>2</sup>, Fernanda de Paula Fernandes<sup>3</sup>, Mariana Gabriele Marcolino Gonçalves<sup>4</sup>, Michele Duarte de Menezes<sup>4</sup>, Isabela Peregrino<sup>2</sup>, Nilton Curi<sup>4</sup>, Murillo de Albuquerque Regina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras – Depto. de Agricultura – Aquecida Sol – Caixa Postal 3037 – CEP .37200-000 – Lavras, MG – Brasil.

<sup>2</sup>Centro Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho, Av. Santa Cruz – No. 500 – CEP 37780-000 – Caldas, MG – Brasil.

<sup>3</sup>Universidade do Vale de São Francisco - Campus Ciência Agrícola – No. 12 – Lote 543 – Rodovia BR 407 – Caixa Postal 252 - CEP 56300-000 – Petrolina, PE – Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Lavras – Depto. de Ciência do Solo – Aquecida Sol – Caixa Postal 3037 – CEP 37200-000 - Lavras, MG – Brasil.

\*Corresponding author <lucianacbrant@yahoo.com.br>

## ABSTRACT

In Southeastern Brazil, the change of grape harvest from wet summer to dry winter through double pruning management has improved the quality of wines, which are currently denominated winter wines. In order to better understand the influences of soil, macroclimate and vineyard management in the typicality of winter wines, seven vineyards widespread in Minas Gerais (Três Corações – TC, Três Pontas – TP, Cordislândia – COR, São Sebastião do Paraíso – SSP and Andradas – AND) and São Paulo States (Itobi – ITO and Espírito Santo do Pinhal – PIN) during three consecutive growing seasons were investigated. The vineyards were located in warm temperate zones and they were grouped in four soil types: Acrudox in TC, AND and SSP, Hapludox in TP; Hapludult in AND and PIN; Eutrudept in ITO. The high clay content (> 35%), observed in all soil types, associated to low evapotranspiration demand, avoided the occurrence of severe water stress, as showed by the high values of leaf and stem water potential, stomatal conductance, photosynthesis and transpiration. Differences in vigor were more related to vineyard management and did not affect the grape composition. Among vineyards, the berry quality parameters from ITO, such as sugar and acidity, were more associated to higher soil sand content and winter temperature. No large differences were found in anthocyanins and total phenols of berries among vineyards, suggesting that the high thermal amplitude and low rainfall during autumn-winter historically observed in all municipalities seems to be the main factor for improvement of phenolic compounds.

Keywords: *Vitis vinifera*. Double-pruning. Grape composition. Vegetative vigor. Terroir.

## 1 INTRODUCTION

Traditionally, in Brazilian Southeast, wine grapes are harvested during the summer (Dec – Jan), a period of heavy rainfall, which increases cluster rot incidence and impairs berry ripening. However, studies have shown an improvement of grape quality by changing the period of harvest from wet and warm summer to dry and mild autumn – winter through double pruning management (Favero et al., 2011; Regina et al., 2011; Brant et al., 2018). Under this management, the vines are first spur pruned at the end of winter (Aug – Sept) to develop the vegetative cycle where all clusters are removed. The productive cycle starts after a second spur pruning, performed in Jan – Feb, allowing grape harvest during the winter period (July – Aug) (Favero et al., 2011).

It has been reported that the low rainfall and high thermal amplitude of the autumn-winter season are favorable to sugar accumulation and synthesis of phenolic compounds in berries from grapevines grown under warm temperate and sub-tropical conditions in Southeast of Brazil (Favero et al., 2011; Mota et al., 2011a,b; Regina et al., 2011). In this region, the wine elaborated with grape harvested during the winter has been called winter wines, and their quality has been recognized through awards in several national and international competitions.

Recently, viticulture in southeastern Brazil has expanded considerably. In the region, approximately 150 ha of vines have been cultivated under double pruning management (Brant et al., 2018). In these vineyards, Syrah cultivar has shown the best performance with higher productivity (Regina et al., 2011).

It is well known that grape composition, mainly phenolic compounds, is highly influenced by terroir. The terroir, in turn, are influenced by characteristics such as soil type, climate (sunlight, temperature, and rainfall), topography, human actions and their influence on the quality of the grapes and, therefore, the quality and specificities of the wine (Ballantyne et al., 2019; Coggins et al., 2019; Van Leeuwen, 2010).

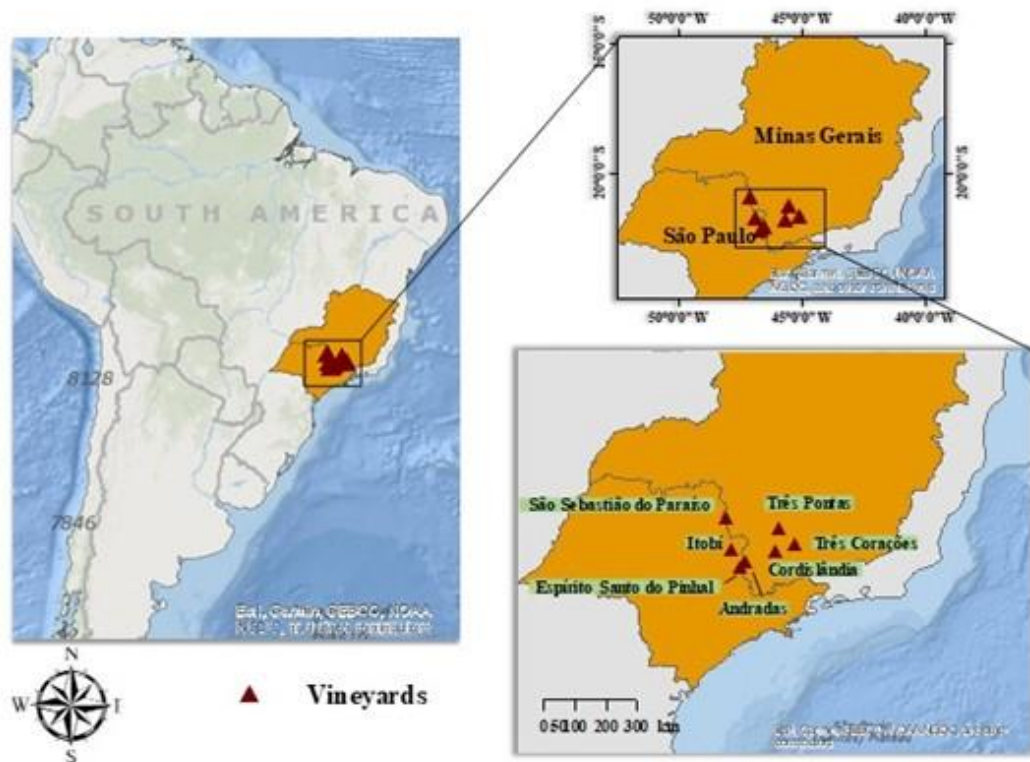
As a first attempt to identify geographical indications for winter wines in Brazil, this study aimed to understand the potential and typicality of the wines elaborated with Syrah grapes grown in different terroir zones of the Southeast region of Brazil in the autumn-winter season. Vine development, yield and berry composition of Syrah vines were characterized in seven vineyards widespread in the states of Minas Gerais (MG) and São Paulo (SP) during three consecutive growing seasons under different soil types, climate, and vineyard management. We expect this research will facilitate obtaining a protected geographical indication for winter wines in the near future.

## **2 MATERIALS AND METHODS**

### **Vineyard description**

The study was carried out during 2016, 2017 and 2018 growing seasons in seven Syrah commercial vineyards located in different municipalities of Southeastern Brazil: Cordislândia (COR), Andradas (AND), São Sebastião do Paraíso (SSP), Três Pontas (TP), and Três Corações (TC) in MG; and Espírito Santo do Pinhal (PIN) and Itobí (ITO) in SP. The selected vineyards were between 10 and 15 years old. In general, the experimental sites are located at an average of 900 meters above sea level, the average mean temperature is 20 °C ( $\pm 0.5$ ), and the average total annual precipitation is 1,462 mm ( $\pm 82$ ). All sites are located near to the traditional coffee producing region of Minas Gerais and São Paulo States (Figure 1).

Figure 1 – Geographic location of the vineyards in Minas Gerais and São Paulo states.



All Syrah grapevines used in this study have been grafted onto rootstock 1103 Paulsen (*Vitis berlandieri* × *Vitis rupestris*), trained in vertical shoot position with bilateral cordons spaced 2.5 m × 1.0 m (4000 plants ha<sup>-1</sup>) and pruned in two-node spurs, for both pruning, totaling 20 latent buds per plant, on average.

Double pruning management was applied according to Favero et al. (2011). The first pruning was done in Aug (vegetative cycle) for latent bud formation and the second pruning was done in Jan in lignified shoots (reproductive cycle) for grape production. In both cycles, the buds were sprayed after pruning with hydrogen cyanamide at 5 % to stimulate and standardize the budburst. During the vegetative cycle, all clusters were removed when the berries were at green pea stage.

All cultural practices were performed according to each viticulturist. The 2016 data from the TC vineyard was not included in the study because the fruitfulness of latent bud developed in previous season (Aug to Sept of 2015) was drastically reduced by high downy mildew attack.

Climate data were obtained from Climate.Data.org (<https://pt.climate-data.org/>), an online platform that makes available worldwide historical weather data. Results are expressed as means of the 30 years period from 1982 to 2012 (Table 1).

Table 1 – Geographic location and historical climatic data of municipalities in Southeastern Brazil producing Syrah grapes under double pruning management.

Region	Köppen's Climate Classification	Climatic Variable	Months												Year
			Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	
<b>Três Corações</b>	Cwa	Mean temperature (°C)	23	23.2	22.2	20.2	17.9	16.2	16.4	18.2	19.9	21.1	21.8	22.1	20.2 ± 2.5
Latitude 21°36' S		Minimum temperature (°C)	17.2	17.3	16.3	13.8	10.7	8.3	8.4	9.9	12.5	14.7	15.8	16.4	13.4 ± 3.4
Longitude 45°7' W		Maximum temperature (°C)	28.9	29.1	28.1	26.7	25.1	24.1	24.4	26.6	27.4	27.6	27.8	27.8	27.0 ± 1.7
Altitude 865 m		Thermal amplitude (°C)	11.7	11.8	11.8	12.9	14.4	15.8	16	16.7	14.9	12.9	12	11.4	13.5 ± 1.9
		Precipitation (mm)	246	205	168	58	37	20	15	20	65	123	174	270	1401
<b>Três Pontas</b>		Cwa	Mean temperature (°C)	22.9	22.7	21.7	19.9	17.4	16.3	16.6	18.3	19.9	21.1	21.7	21.7
Latitude 21°12' S	Minimum temperature (°C)		17.2	17	15.8	13.5	10.3	8.7	8.6	10.3	12.8	14.8	15.8	15.9	13.4 ± 3.2
Longitude 45°35' W	Maximum temperature (°C)		28.6	28.4	27.7	26.3	24.6	23.9	24.6	26.3	27.1	27.5	27.6	27.5	26.7 ± 1.6
Altitude 881 m	Thermal amplitude (°C)		11.4	11.4	11.9	12.8	14.3	15.2	16	16	14.3	12.7	11.8	11.6	13.3 ± 1.8
	Precipitation (mm)		249	212	165	65	42	27	22	24	66	128	175	265	1440
<b>Cordislândia</b>	Cwa		Mean temperature (°C)	23.2	23	21.7	20.1	17.5	16.5	17.1	19	20.4	21.7	22.1	21.7
Latitude 21°40' S		Minimum temperature (°C)	17.4	17.2	15.6	13.9	10.3	8.8	9.2	11.1	13.4	15.4	16.4	15.9	13.7 ± 3.1
Longitude 45°55' W		Maximum temperature (°C)	29	28.9	27.9	26.4	24.8	24.3	25	26.9	27.5	28	27.9	27.5	27.0 ± 1.6
Altitude 873 m		Thermal amplitude (°C)	11.6	11.7	12.3	12.5	14.5	15.5	15.8	15.8	14.1	12.6	11.5	11.6	13.3 ± 1.7
		Precipitation (mm)	252	194	157	67	43	27	23	26	63	129	172	261	1414
<b>Andradas</b>		Cwa	Mean temperature (°C)	22.3	22.7	22.2	20.2	18.4	16.4	16	17.9	19.7	20.8	21.7	21.9
Latitude 22°3' S	Minimum temperature (°C)		17.1	17.2	16.6	14	12.2	9.2	8.6	10.2	12.8	14.8	16	16.8	13.8 ± 3.2
Longitude 46°32' W	Maximum temperature (°C)		27.6	28.2	27.8	26.4	24.7	23.6	23.5	25.6	26.6	26.9	27.4	27.1	26.3 ± 1.6
Altitude 1000 m	Thermal amplitude (°C)		10.5	11	11.2	12.4	12.5	14.4	14.9	15.4	13.8	12.1	11.4	10.3	12.5 ± 1.7
	Precipitation (mm)		275	214	188	82	52	37	26	31	73	133	190	278	1579
<b>Itobí</b>	Cwa		Mean temperature (°C)	22.9	23.1	22.5	20.9	18.3	17	16.9	18.6	20.5	21.6	22.2	22.6
Latitude 21°42' S		Minimum temperature (°C)	17.8	17.8	17.1	14.9	11.8	10	9.7	11.4	13.8	15.8	16.9	17.3	14.5 ± 3.1
Longitude 46°55' W		Maximum temperature (°C)	28	28.4	28	26.9	24.9	24.1	24.1	25.8	27.2	27.5	27.5	27.9	26.7 ± 1.6
Altitude 840 m		Thermal amplitude (°C)	10.2	10.6	10.9	12	13.1	14.1	14.4	14.4	13.4	11.7	10.6	10.6	12.2 ± 1.6
		Precipitation (mm)	243	202	172	60	36	34	19	20	52	119	167	227	1351



<b>Espírito Santo do Pinhal</b>		Mean temperature (°C)	21.7	21.9	21.6	19.7	17.6	15.9	15.6	17.4	19.1	20.2	21	21.4	19.4 ± 2.3
Latitude 22°10' S	Cwb	Minimum temperature (°C)	16.7	16.7	16.2	13.7	11.2	9	8.4	10	12.3	14.3	15.5	16.3	13.4 ± 3.1
Longitude 46°42' W		Maximum temperature (°C)	26.8	27.2	27	25.8	24	22.9	22.9	24.9	25.9	26.2	26.6	26.6	25.6 ± 1.5
Altitude 1270 m		Thermal amplitude (°C)	10.1	10.5	10.8	12.1	12.8	13.9	14.5	14.9	13.6	11.9	11.1	10.3	12.2 ± 1.7
		Precipitation (mm)	280	227	185	74	47	37	24	29	71	120	183	254	1531
		Mean temperature (°C)	21.3	21.2	20.6	19.4	17.3	16.3	16.7	18.4	19.9	20.6	20.9	20.7	19.4 ± 1.8
<b>São Sebastião do Paraíso</b>		Minimum temperature (°C)	17	16.8	15.9	14.1	11.5	10.1	10	11.7	13.7	15.4	16.3	15.9	14.0 ± 2.6
Latitude 20°54' S	Cwb	Maximum temperature (°C)	25.6	25.7	25.4	24.7	23.2	22.6	23.5	25.2	26.1	25.8	25.5	25.5	24.9 ± 1.2
Longitude 47°6' W		Thermal amplitude (°C)	8.6	8.9	9.5	10.6	11.7	12.5	13.5	13.5	12.4	10.4	9.2	9.6	10.9 ± 1.8
Altitude 860 m		Precipitation (mm)	275	215	185	72	43	24	17	16	61	142	201	268	1519

Soil profile samples were collected in the central part of each experimental areas plot and described according to Santos et al. (2015) and characterized according to Soil Survey Staff (2014) (Table 2). Sand, silt and clay contents were determined according to Gee and Bauder (1986).

Table 2 – Soil classification and physicochemical properties of vineyards.

Region	Soil classification	Soil structure	Fertility			Texture			Texture class
			pH	*SBS	**SOM	Clay	Silt	Sand	
			%			----- dag kg <sup>-1</sup> -----			
TC	Acrudox 1	Granular	5.67	37.4	1.9	53	25	22	Clay
COR	Acrudox 2	Granular	6.03	50.9	2.1	58	18	24	Clay
TP	Hapludox	Granular	5.87	53.4	1.5	48	38	14	Clay
SSP	Acrudox 3	Granular	6.57	46.4	1.6	37	28	35	Clay Loam
AND	Hapludult 1	Blocky	5.83	51.3	1.2	45	15	40	Clay
PIN	Hapludult 2	Blocky	5.18	40.1	1.2	46	11	43	Clay
ITO	Eutrudept	Blocky	6.3	64.7	0.9	39	20	42	Clay Loam

\*SBS = soil base saturation; \*\*SOM = soil organic matter;

TC = Três Corações; COR = Cordislândia; TP = Três Pontas; SSP = São Sebastião do Paraíso; AND = Andradás; PIN = Espírito Santo do Pinhal; ITO = Itobi.

### Vegetative vigor and ecophysiological evaluations

During the ripening period, vegetative vigor (leaf area and pruning weight), photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and vine water status were evaluated to characterize the ecophysiological performance of vines in all vineyards, using 10 replicates per site (one vine per replicate). The leaf area per vine was estimated through nondestructive method. Single leaf area was estimated using the equation  $y = 41.5501 - 5.0167x + 0.5269x^2$ ; where y is the estimated single leaf area and x is the sum of the lengths of the two main lateral leaf veins (Regina et al., 2000). The average single leaf area was obtained from eight to 10 leaves per shoot and the average shoot leaf area from four shoots per vine. The total leaf area per vine was calculated by multiplying the average shoot leaf area by the total number of shoots per vine. The pruning weight of the vines was measured one month after grape harvest

in the same vines sampled for leaf area estimation. All shoots per vine were pruned and weighted using a digital balance, except for COR (2016 season) and TP (2016 and 2017 seasons) because the experimental sites had already been pruned by the viticulturists by the time the data would be collected.

The vine water status, stomatal conductance and gas exchange measurements were performed only in 2017 and 2018 due to the availability of instruments. The water status corresponded to the water potential of the stem ( $\Psi$  stem) and leaf ( $\Psi$  leaf), and was obtained using the pressure chamber method (Scholander et al., 1965). Ten replicates (one leaf per vine) were used to measure both variables. For  $\Psi$  stem measurement, shaded leaves were sampled from middle part of the shoots (one leaf per plant), which were properly packed in plastic bags and aluminum foil to avoid transpiration for at least 1 h before measurements. For  $\Psi$  leaf measurement, sun exposed leaves were collected from median portion of the productive shoots of each plant and the reading was immediately performed.

Photosynthesis, transpiration and stomatal conductance rates were measured from 10h00 AM to 11h00 AM on the same vines over the study years and along with water potential measurements, using a Li-6800 infra-red gas analyzer. For this evaluation, 10 adult leaves (1 per plant), healthy, completely exposed to sunlight and located in the middle portion of productive shoots (with clusters) were selected.

### **Yield components and fruit composition**

Grape ripeness was monitored in each site and for each winegrower to determine the optimum harvest date. At harvest, the number and weight of bunches were recorded on ten representative plants in all vines to estimate yield per vine and per hectare. Mean berry weight was estimated from a sample of 120 berries in 10 replicates per vineyard. These berries were crushed in a polyethylene bag, filtered and the resulting juice was immediately analyzed for

total soluble solids (TSS; °Brix) with a portable refractometer and the pH of undiluted juice of each sample was determined using a Mettler pH meter, and titratable acidity (TA) was determined by titration of diluted juice with 0.1 mol L<sup>-1</sup> of NaOH to a phenolphthalein end point at pH 8.2 and expressed as g L<sup>-1</sup> tartaric acid (OIV, 2009).

Total anthocyanins and phenolics compounds were determined using 10 replicates of 60 berries per treatment. The skin was removed, dried at room temperature, weighed, crushed with liquid nitrogen and stored at -80 °C until analyses. For the determination of the phenolic compounds, 0.2 g of the crushed skin was homogenized in Ultra Turrax in acidified methanol (1% HCL) solution. Anthocyanins were determined by the differential pH method (Giusti and Wrolstad, 2001). Total phenolics were analyzed by the Folin-Ciocalteu method based on a standard curve of gallic acid (Bergqvist et al., 2001).

### **Statistical analysis**

Principal Component Analysis (PCA) was performed on berries composition (soluble solid, acidity, total anthocyanin and total phenolics) over the three vintages using the MetaboAnalyst Program ([www.metaboanalyst.ca](http://www.metaboanalyst.ca)) to investigate the trends or group formations of berries from different regions. Then, agronomic and ecophysiological data were submitted to analysis of variance (ANOVA) for each year using the SISVAR (Computer Statistical Analysis System, version 5.6). Scoot Knott test ( $p < 0.05$ ) was carried out to compare the treatment means.

### 3 RESULTS

#### Macroclimate and vineyard soil description

The vineyards under double pruning management were located between 20 and 22 degrees of latitude south and between 45 and 47 degrees of longitude west at 840 to 1270 meters above sea level. All vineyards were located in a warm temperate zone with dry winter, defined as Cw type, according to the Köppen classification (Alvares et al., 2013). During the winter, rainfall is around 140 mm and during the summer rainfall is around 900 mm (Table 1). The viticultural zones were divided in two groups based on mean temperature during the hottest month of the year: Warm > 22 °C at TC, TP, COR, AND and ITO; Mild < 22 °C at SSP and PIN. From May to July, when grape maturation occurs, the average minimum temperature in the Warm group is 9.2 °C ( $\pm 1.2$ ) and average maximum is 24.4 °C ( $\pm 0.5$ ) whereas in the Mild group is 10.1 °C ( $\pm 1.2$ ) and 23.1 °C ( $\pm 0.5$ ), respectively. The highest thermal amplitude (15 °C  $\pm 0.12$ ) occur at TC, COR and TP, followed by AND, PIN and ITO (13.8 °C  $\pm 0.10$ ) whereas the lowest thermal amplitude (12.6 °C  $\pm 0.9$ ) occurs at SSP.

The study locations can be grouped in four soil types: Acrudox at TC, COR and SSP, Hapludox at TP, Hapludult at AND and PIN and, Eutrudept at ITO (Table 2). Acrudox and Hapludox soils are deep and mostly clayey with granular structure in the B horizon, which promotes higher water permeability; Hapludult have increasing clay content increasing in depth and typical block structure in the B horizon, which can decrease water infiltration; Eutrudept are the shallow with the lowest water storage capacity among all four soil types. The Eutrudept soil at ITO had the lowest organic matter (1 %) content among all four soil types while Acrudox at COR had the highest organic matter content (2 %).

### **Vegetative vigor and ecophysiological behavior of Syrah vines**

The estimated vine leaf area during ripening period and pruning weight measured after grape harvest differed among vineyards in all seasons (Table 3).

Table 3 – Vegetative vigor (leaf area and pruning weight) and yield components of Syrah grapevines from different vineyards in Southeastern Brazilian during 2016, 2017 and 2018 autumn - winter growing seasons.

Vineyard	Leaf area (m <sup>2</sup> vine <sup>-1</sup> )			Pruning weight (kg vine <sup>-1</sup> )			Cluster (number vine <sup>-1</sup> )			Cluster weight (g)			Yield vine (kg)			Yield (t ha <sup>-1</sup> )		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
TC	-	4.18 c	6.51 c	-	0.38 b	0.42 a	-	19.2 b	25.8 b	-	109.07 d	118.84 b	-	2.14 b	3.15 c	-	8.56 b	12.60 c
COR	2.41 a	3.85 c	6.17 c	-	0.29 a	0.36 a	16.0 b	22.3 b	24.3 b	97.22 a	70.62 b	134.90 b	1.56 d	1.57 b	3.42 c	6.24 d	6.80 b	13.68 c
TP	2.42 a	4.94 d	6.16 c	-	-	0.53 b	9.4 a	21.0 b	26.3 b	102.84 b	90.11 c	109.01 a	1.03 b	1.95 b	3.59 c	4.12 b	7.80 b	14.36 c
SSP	3.60 b	2.73 a	3.29 a	0.38 b	0.26 a	0.42 a	7.4 a	13.5 a	15.2 a	83.94 a	33.42 a	105.15 a	0.84 a	0.51 a	1.64 a	3.36 a	2.04 a	6.56 a
AND	2.54 a	3.50 b	3.48 a	0.27 a	0.31 a	0.43 a	14.3 b	18.6 b	18.7 a	147.58 c	133.88 e	131.42 b	1.48 d	2.58 c	2.54 b	5.92 d	10.32 c	10.16 b
PIN	2.41 a	3.92 c	2.92 a	0.53 c	0.57 c	0.50 b	15.5 b	18.9 b	19.6 a	111.56 b	101.24 d	125.56 b	1.15 c	1.89 b	2.63 b	4.6 c	7.56 b	10.52 b
ITO	5.48 c	4.49 d	5.40 b	0.28 a	0.58 c	0.56 b	18.1 c	19.1 b	22.2 b	116.50 b	110.10 d	101.37 a	1.17 c	2.12 b	2.36 b	4.68 c	8.48 b	9.44 b

Values are mean of 10 replicates in three winter harvests (2016, 2017 and 2018 growing seasons). Means followed by the same letters, in each season, was not significantly different ( $p < 0.05$ ) by Scott Knott test. TC = Três Corações; COR = Cordislândia; TP = Três Pontas; SSP = São Sebastião do Paraíso; AND = Andradas; PIN = Espírito Santo do Pinhal; ITO = Itobi

Syrah leaf area ranged from 2.41 to 6.51 m<sup>2</sup> per vine depending on vineyard and growing season. In general, the vines showed the highest leaf area at ITO, TC and TP whereas the lowest leaf area was observed in PIN, AND and SSP in most of the years. In all growing seasons, PIN was always among the vineyards with the highest (around 0.5 kg per vine) pruning weight while at AND, SSP and COR showed the lowest weight (around 0.34 kg per vine) values. In most growing seasons, vineyard at ITO showed the highest leaf area and pruning weight while vineyards at SSP and AND had the lowest vegetative vigor. In contrast, Syrah vines at PIN showed low leaf area values but high pruning weight probably favored by fertiirrigation adopted by the viticulturist only in this region during the beginning of shoot development.

Stem ( $\Psi_{\text{stem}}$ ) and leaf ( $\Psi_{\text{leaf}}$ ) water potentials varied between -0.42 and -0.71 MPa and -0.73 and -1.35 MPa, respectively (Table 4).



Table 4 – Vine water status (stem and leaf water potential –  $\Psi_{\text{stem}}$  and  $\Psi_{\text{leaf}}$ ), photosynthesis, stomatal conductance and transpiration of Syrah during ripening stage in different vineyards of Brazilian Southeast, during 2017 and 2018 winter growing seasons.

Vineyard	$\Psi_{\text{stem}}$ (MPa)		$\Psi_{\text{leaf}}$ (MPa)		Transpiration (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		Photosynthesis ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		Stomatal conductance (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
TC	-0.51 c	-0.53 c	-0.88 c	-0.99 d	3.87 c	4.27 b	8.88 b	11.01 b	0.157 b	0.181 a
COR	-0.42 d	-0.48 d	-0.73 d	-0.88 e	4.22 c	6.01 c	9.20 b	12.00 b	0.178 c	0.260 c
TP	-0.49 c	-0.57 b	-1.03 b	-1.04 c	3.89 c	5.36 c	8.52 b	12.38 b	0.153 b	0.198 a
SSP	-0.47 c	-0.51 c	-0.78 d	-0.97 d	2.62 a	5.94 c	6.10 a	15.27 c	0.099 a	0.245 b
AND	-0.66 a	-0.48 d	-1.24 a	-1.27 b	3.39 b	6.19 c	9.62 b	11.95 b	0.128 a	0.224 b
PIN	-0.50 c	-0.59 b	-0.92 c	-1.05 c	5.05 d	2.90 a	10.95 c	9.13 a	0.208 c	0.179 a
ITO	-0.61 b	-0.71 a	-1.09 b	-1.35 a	4.62 d	6.28 c	10.95 c	16.59 d	0.205 c	0.278 c

Means followed by the same letters, in each season, were not significantly different ( $p < 0.05$ ) by Scott Knott test. TC: Três Corações; COR: Cordislândia; TP: Três Pontas; SSP: São Sebastião do Paraíso; AND: Andradas; PIN: Espírito Santo do Pinhal; ITO: Itobi.

In both seasons, the vineyard at COR showed always higher  $\Psi_{\text{stem}}$  and  $\Psi_{\text{leaf}}$  whereas vineyards at AND and ITO had lower water potentials. The rate of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration seemed not to be affected by vine water status since some vineyards with the lowest values of  $\Psi_{\text{stem}}$  and  $\Psi_{\text{leaf}}$  showed the highest values of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance (Table 4).

### **Yield and grape composition**

In all vineyards, there was a yield increment over the years mainly due to increase in clusters number (Table 3). Depending on vineyard and growing season, the bunch number per vine ranged from seven to 26, bunch weight ranged from 84 to 135 g per bunch, production ranged from 0.5 to 3.6 kg per vine, whereas yield ranged from two to 14 t ha<sup>-1</sup>. During the last two years (2017 and 2018), the highest production was observed at TP (11.08), TC (10.58), AND and COR (10.24), followed by PIN (9.04) and ITO (8.96) whereas vineyards at SSP showed the lowest yield in all growing seasons.

Grape composition differed among vineyards and seasons. Berries had pH ranging from 3.16 to 3.87, total soluble solids from 18.05 to 25.79 °Brix and total acidity from 4.67 to 8.09 g L<sup>-1</sup> tartaric acid. The anthocyanin content ranged from 0.91 to 1.35 mg g berry<sup>-1</sup>, whereas total phenolics ranged from 2.77 to 4.22 mg g berries<sup>-1</sup> (Table 5).

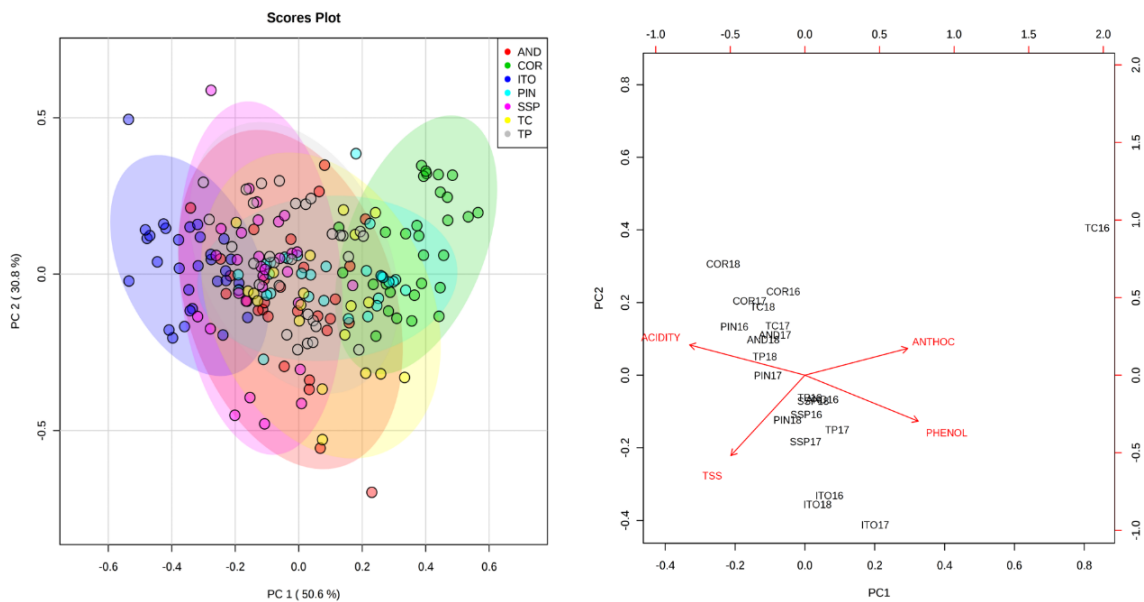
Table 5 – Grape composition at harvest in seven vineyards in the Southeast Brazil.

Vineyard	Berry Weight (g)			pH	TSS (°Brix)			Acidity (g L <sup>-1</sup> )			Total Anthocyanins (mg g berry <sup>-1</sup> )			Total Phenolics (mg g berry <sup>-1</sup> )				
	2016	2017	2018		2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018		
TC	-	1.39 c	1.25 a	-	3.45 b	3.49 a	-	20.35 b	20.81 b	-	6.13 c	6.81 d	-	1.30 b	1.24 b	-	3.06 a	3.27 b
COR	1.25 b	1.10 b	1.35 b	3.16 a	3.3 a	3.46 a	18.05 a	19.15 a	19.00 a	8.09 f	6.94 d	6.54 d	1.22 d	1.01 a	1.02 a	4.22 d	3.29 a	2.77 a
TP	1.16 a	1.12 b	1.21 a	3.59 d	3.7 d	3.72 c	19.21 b	20.60 b	21.05 b	6.19 d	5.56 b	5.72 b	1.14 c	1.21 b	1.04 a	3.79 c	3.55 a	2.86 a
SSP	1.36 c	0.96 a	1.25 a	3.66 e	3.58 c	3.69 c	20.81 c	25.24 d	22.76 c	5.97 c	5.86 c	6.06 c	1.21 d	1.14 b	1.32 b	3.53 b	3.48 a	3.53 b
AND	1.23 b	1.14 b	1.27 a	3.54 c	3.47 b	3.49 a	21.31 d	21.48 b	20.44 b	5.7 b	6.34 c	5.90 c	1.35 e	1.28 b	1.07 a	3.37 b	3.18 a	2.77 a
PIN	1.32 c	1.14 b	1.23 a	3.49 b	3.46 b	3.58 b	21.21 d	22.49 c	22.86 c	6.44 e	6.07 c	5.50 b	0.91 a	1.02 a	0.98 a	2.98 a	3.14 a	3.08 a
ITO	1.29 c	1.14 b	1.20 a	3.7 f	3.75 d	3.87 d	21.99 e	22.74 c	25.79 d	5.31 a	4.67 a	4.74 a	1.08 b	1.18 b	0.98 a	3.53 b	3.49 a	3.02 a

Means followed by the same letters, in each season, was not significantly different ( $p < 0.05$ ) by Scott Knott test. TC: Três Corações; COR: Cordislândia; TP: Três Pontas; SSP: São Sebastião do Paraíso; AND: Andradas; PIN: Espírito Santo do Pinhal; ITO: Itobi. TSS: Total soluble solids.

Based on Principal Component Analysis (PCA), the vineyards were grouped into three clusters. The first component explained 51% of the variation and showed ITO with negative scores, COR on the right side of the plot and AND, PIN, SSP, TC and TP joined together in the middle of the plot (Figure 2). The second component, sample variability and seasons, explained 31% of the variation.

Figure 2 – Principal Component Analysis (PCA) of grape composition (soluble solids, acidity, total anthocyanin and total phenolics) from seven vineyards in Southeast Brazil in 2016, 2017 and 2018 winter seasons. Andradas (AND), Cordislândia (COR), Itobi (ITO), Pinhal (PIN), São Sebastião do Paraíso (SSP), Três Corações (TC) and Três Pontas (TP).



Vineyards at COR and ITO were more discriminated from other vineyards mainly due the largest differences observed in soluble solids and acidity. The grapes harvested in COR showed in average the lowest soluble solids (18.73 °Brix) and the highest acidity (7.19 g L<sup>-1</sup>) whereas grapes at ITO showed the highest sugar content (23.51 °Brix) and the lowest acidity (4.91 g L<sup>-1</sup>). Despite some differences observed in phenolic compounds among vineyards and seasons (Table 5), the vineyards could not be separated by PCA analysis (Figure 1) suggesting that berries harvest during the winter had very similar phenolic profile.

## 4 DISCUSSION

In this study, the vineyards under double pruning management from different municipalities were characterized based on soil type, vegetative vigor, yield and grape quality. The high variability on vine vigor and grape production observed among vineyards seemed to be more related to vineyard management rather than soil and climate, mainly because vineyards under similar soil types showed differences on vigor components over the seasons (Tables 2 and 3). There was no relationship between vigor and soil type for most vineyards. Differences on canopy management from each viticulturist probably contributed to the wide variability on vigor among vineyards. Furthermore, the differences on grape composition were not attributed to variation on vegetative vigor and productivity.

In general, Syrah vines at all sites ripened to full maturity. The levels of sugar, titratable acidity, anthocyanin and total phenolic compounds (Table 5) from winter harvest are in the range suitable to produce high quality wine (Ojeda et al., 2002; Peña-Neira et al., 2007), and at ranges usually observed for Syrah grapes from the main world wine growing regions (Keller et al., 2012; Ristic et al., 2007). This may help explaining why winter wines from different geographical origins of Southeastern Brazil have been national and international awarded. The high thermal amplitude and low rainfall during autumn-winter observed in all municipalities seemed to be the main factor for improvement of phenolic compounds and soluble solids, which has been also reported in previous studies (Favero et al., 2011; Mota et al., 2010).

The main limiting factor for adoption of double pruning management in some locations of Brazilian Southeast has been the low autumn-winter temperature during the grape ripening stage. A study by Mota et al. (2010) reports that at high altitude regions observed at Caldas, in South of MG (1,150 m) grape and wine quality could be impaired by occurrence of winter freezing temperature. In our study, most of vineyards were located at elevation lower than 900 m except PIN (1,270 m) and AND (1,000 m) (Table 1). According to historical regional climate

data, however, these high altitude vineyards are within climatic zones with the same thermal regimes, during ripening period, as observed in zones where low altitude vineyards are located (Table 1).

Although rainfall is reduced from May to Aug (Table 1), the high clay content (> 35 %) observed in all soils, associated with the low evapotranspiration demand due to reduction in air temperature, avoided the occurrence of severe water deficit in vines during the maturation stage. Based on values of stem and leaf water potentials, Syrah vines showed a moderate to weak water stress only at AND and ITO when compared to the reference values (Van Leeuwen et al., 2009) (Table 4). Although these physiological variables are also strongly dependent on the atmospheric conditions, specifically vapour pressure deficit, temperature and solar radiation, the high sand content in soils at ITO and AND may have had lower water holding capacity, therefore affecting the vine water status as compared to others vineyards (Table 2); yet, photosynthesis, transpiration and stomatal conductance were not negatively affected. In all vineyards, results from photosynthesis, transpiration and stomatal conductance are in the range usually observed in well-watered vineyards (Prieto et al., 2010; Souza et al., 2003).

The principal component analysis including all components of must composition separated only ITO and COR from other vineyards, based only on acidity and soluble solids contents. However, only in ITO the highest sugar concentration and low acidity in berries might be explained by effect of soil type and macroclimate. Although the blocks structure and clay loam texture of Eutrudept soil of ITO could have led to smaller berries favoring the sugar accumulation, there was no significant reduction of bunch and berry weight (Tables 3 and 5). On the other hand, the moderate water stress indicated by values of stem and leaf water potential of Syrah vines in ITO could have enhanced the grape ripening as observed in some studies (Acevedo-Opazo et al., 2010; Deloire et al., 2004). Moreover, the increased soluble solids seemed to be also favored by the highest photosynthetic rates (Table 4), since photosynthesis

is the main source of sugar accumulated in berries (Conde et al., 2007). The highest photosynthetic rates observed in ITO vineyards could have been also favored by the higher minimum and maximum temperature historically recorded in ITO as compared to other municipalities (Table 1). The lowest berry acidity in ITO was also more related to high air temperature rather than to soil type since the malic acid degradation is stimulated by high diurnal temperature (Oliveira et al., 2019; Tonietto and Carbonneau, 2004). Indeed, the lowest total acidity of Syrah winter wines in ITO ( $4.92 \text{ g L}^{-1}$ ) as compared to PIN ( $5.78 \text{ g L}^{-1}$ ), TC ( $5.30 \text{ g L}^{-1}$ ) and Caldas ( $6.20 \text{ g L}^{-1}$ ) has been attributed to higher diurnal berry temperature observed in ITO ( $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in comparison with PIN ( $21.48 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), TC ( $20.78 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and Caldas ( $19.18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Van Leeuwen et al. (2004) also observed that total acidity of grape juice depends on the vintage and, to a lesser extent, on the soil type.

Although COR was highlighted by PCA with the lowest soluble solids and highest acidity in berries, the final ripeness in COR was penalized mainly by early harvesting decision of the viticulturist. The grapes should be harvested later in the season, since the soil in COR has high content of clay and organic matter and consequent greater water retention. However, as mentioned in methodology, the harvest timing was established by the owner of the commercial vineyards.

Were found significant differences to anthocyanins and total phenols of berries among vineyards (Table 5). However, according to the PCA, the vineyards could not be separated by phenolic compounds (Figure 2). These results suggest that phenolic ripeness during autumn winter season was less sensitive to soil characteristics and air temperature than sugar and acidity. As already mentioned above, the high thermal amplitude and low rainfall during ripening period of winter cycle have been considered as main factors to increase synthesis and accumulation of anthocyanins and total phenols in wine grapes as compared to summer cycles in Brazilian Southeast (Favero et al., 2011; Mota et al., 2010). The slight differences found in

levels of phenolics compounds among viticultural zones can be due to small variation in altitudes of vineyards and, therefore, small differences on thermal amplitude, the main climatic factor for phenolic compounds synthesis (Mori et al., 2005; Spayd et al., 2002).

In all vineyards and regardless of yield Syrah vines fully ripened the grapes. The high productivity (3 kg per vine) on clayey soils also showed high leaf area ( $> 6 \text{ m}^2$  per vine). It has been reported that vines under single-canopy trellis systems are considered well balanced and capable to producing high-quality grapes when the ratio of leaf area/yield ranges from 0.8 to  $1.2 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$  (Kliewer and Dokoozlian, 2005) or ratio of yield/pruning weight ranges from 5 to 10 (Smart et al., 1990). Based on these indicators, most of vineyards could be considered unbalanced since various vines showed higher values of leaf area/yield ( $> 1.4 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ ) and lower yield/pruning weight ( $> 2$ ). However, it is important to highlight that temperature and light for maximum photosynthesis are frequently more limited under cool conditions of winter season. Therefore, grapevines growing under low temperature of autumn-winter conditions of Brazilian southeast require mainly higher leaf area/fruit weight ratio to ripen their crop. Dias et al. (2017) also showed that grape and wine composition of Syrah vines, growing during winter cycle in the South of MG, was not impaired by the ratio higher than  $2 \text{ m}^2$  of leaf area per kg fruit.

## 5 CONCLUSIONS

A macro scale evaluation of seven viticultural zones in the Southeast Brazil managed with double pruning technique to change the harvest from wet summer to dry winter showed similar grape composition despite soil or climate differences. Although characterized with four different soil types, all vineyards have high clay content, which allowed enough water supply during the dry winter season.



Variability on vine vigor and grape production correlated more to vineyard management rather than soil or weather conditions.

The factors that most distinguished the vineyards were content of soluble sugars and acidity of berries. The type of soil and higher temperature present in Itobi resulted in higher soluble solids content and lower acidity of berries, while in Cordislândia the earlier harvest decision influenced these results in an inverse way. Anthocyanins and phenolics levels did not discriminate any vineyard despite the differences in soil and climate conditions.

In order to obtain the best expression of the terroir in the autumn-winter viticulture in southeastern Brazil with the double pruning technique, human factor, mainly harvest decision is fundamental for obtaining high quality berries. The natural characteristics of the terroir, such as climate, soil, and agronomic expression of the grapevine, evidenced the potential of the region for the production of high quality wine.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

This study was financially supported by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Minas Gerais State Foundation for Research Support (FAPEMIG), Coordination for higher Education Staff Development (CAPES) and by wineries Estrada Real, Maria Maria, Casa Verrone, Stella Valentino, Luiz Porto, Guaspari and Agricultural Research Company of Minas Gerais (EPAMIG). The authors are also grateful to I. Magalhães for berry chemical analyses and to D. Rodrigues for technical support in the vineyard.

## **Authors' contributions**

**Conceptualization:** Brant, L.A.C.; Curi, N.; Mota, R.V.; Regina, M.A.; Souza, C.R. **Data acquisition:** Brant, L.A.C.; Fernandes, F.P.; Gonçalves, M.G.M.; Menezes, M.D.; Mota, R.V.; Peregrino, I.; Souza, C.R. **Data analysis:** Brant, L.A.C.; Gonçalves, M.G.M.; Mota, R.V.; Souza, C.R. **Design of methodology:** Brant, L.A.C.; Mota, R.V.; Regina, M.A.; Souza, C.R.

**Writing and editing:** Brant, L.A.C.; Curi, N.; Fernandes, F.P; Gonçalves, M.G.M.; Menezes, M.D.; Mota, R.V.; Peregrino, I.; Regina, M.A.; Souza, C.R.

## REFERENCES

- Acevedo-Opazo, C.; Ortega-Farias, S.; Fuentes, S. 2010. Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: an irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 97: 956–964.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- Ballantyne, D.; Terblanche, N.S.; Lecat, B.; Chpuis, C. 2019. Old world and new world wine concepts of terroir and wine: perspectives of three renowned non-French wine makers. *Journal of Wine Research* 30: 122-143.
- Bergqvist, J.; Dokoozlian, N.; Ebisuda, N. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture* 52: 1-7.
- Brant, L.A.C.; Figueredo, G.M.; Mota, R.V. 2018. Winter wines from southeast Brazil = Vinhos de inverno do sudeste brasileiro. 2018. *Territoires du vin* 9. Available in: <https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1615&lang=en> [Accessed Feb 27, 2020] (in Portuguese).
- Coggins, S.; Malone, B.P.; Stockmann, U.; Possell, M.; McBratney, A.B. 2019. Towards meaningful geographical indications: validating terroirs on a 200 km<sup>2</sup> scale in Australia's lower Hunter Valley. *Geoderma Regional* 16.
- Conde, C.; Silva, P.; Fontes, N.; Dias, A. C. P.; Tavares, R. M.; Sousa, M. J.; Agasse, A.; Delrot, S.; Gerós, H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Global Science Books* 1: 1-22.
- Deloire, A.; Carbonneau, A.; Wang, Z.; Ojeda, H. 2004. Vine and water: a short review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 38: 1-13.

- Dias, F.A.N.; Mota, R.V.; Souza, C.R.; Pimentel, R.M.A.; Souza, L.C.; Souza, A.L.; Regina, M.A. 2017. Rootstock on vine performance and wine quality of 'Syrah' under double pruning. *Scientia Agricola* 74: 134-141.
- Favero, A.C.; Amorim, D.A.; Mota, R.V.; Soares, A.M.; Souza, C.R.; Regina, M.A. 2011. Double-pruning of 'Syrah' grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. *Vitis* 50: 151-158.
- Gee, G.W.; Bauder, J.W. 1986. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Giusti, M.M.; Wrolstad, R.E. 2001. *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy: Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley, New York, NY, USA.
- Keller, M.; Mills, L.J.; Harbertson, J.F. 2012. Rootstock effects on deficit-irrigated winegrapes in a dry climate: vigor, yield formation, and fruit ripening. *American Journal of Enology and Viticulture* 63: 1.
- Kliewer, W.M.; Dokoozlian, N.K. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 170-181.
- Mota, R.V.; Favero, A.C.; Silva, C.P.C.; Purgatto, E.; Shiga, T.M.; Regina, M.A. 2011a. Wine grape quality of grapevines grown in the cerrado ecoregion of Brazil. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 45: 101-109.
- Mota, R.V.; Amorim, D.A.; Favero, A.C.; Purgatto, E.; Regina, M.A. 2011b. Effect of trellising system on grape and wine composition of Syrah vines grown in the Cerrado region of Minas Gerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 31: 967-972.

- Mota, R.V.; Silva, C.P.C.; Favero, A.C.; Purgatto, E.; Shiga, T.M.; Regina, M.A. 2010. Physico-chemical composition of wine grapes berries in summer and winter growing seasons. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32: 1127-1137.
- Mori, K.; Saito, H.; Got-Yamamoto, N.; Kitayama, M.; Kobayashi, S.; Sugay, S.; Gemma, H.; Hashizume, K. 2005. Effects of abscisic acid treatment and night temperature on anthocyanin composition in Pinot noir grapes. *Vitis. Siebeldingen* 44:161-165.
- Oliveira, J.B.; Egipto, R.; Laureano, O.; Castro, R.; Pereira, G.E.; Silva, J.M.R. 2019. Climate effects on physicochemical composition of Syrah grapes at low and high altitude sites from tropical grown regions of Brazil. *Food Research International* 121: 870-879.
- Ojeda, H.; Andary, C.; Kraeva, E.; Carbonneau, A.; Deloire, A. 2002. Influence of pre and postveraison water deficit on sintesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *vitis vinifera* L., cv. Shiraz. *American Journal Enology and Viticulture* 53: 261-267.
- Organization Internationale de la Vigne et du Vin. [OIV]. 2009. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. OIV, Paris, France.
- Peña-Neira, A.; Cáceres, A.; Pastenes, C. 2007. Low Molecular Weight Phenolic and Anthocyanin Composition of Grape Skins from cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) in the Maipo Valley (Chile): effect of clusters thinning and vineyard yield. *Food Science and Technology International* 13: 153–158.
- Prieto, J.A.; Lebon, E.; Ojeda, H. 2010. Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 44: 9–20.
- Regina, M.A.; Mota, R.V.; Souza, C.R.; Favero, A.C. 2011. Viticulture for fine wines in Brazilian southeast. *Acta Horticulturae* 910: 113-120.

- Regina, M.A.; Pereira, G.E.; Cançado, G.M.A.; Rodrigues, D.J. 2000. Calculate of the leaf area on grapevine through nondestructive method. *Revista Brasileira de Fruticultura* 22: 310-313.
- Ristic, R.; Downey, M.O.; Iland, P.G.; Bindon, K.; Francis, I.L.; Herderick, M.; Robinson, S.P. 2007. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 13: 53-65.
- Santos, R.D.; Santos, H.G.; Ker, J.C.; Anjos, L.H.C.; Shimizu, S.H. 2015. Field Description and Soil Collect Manual = Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 7ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG, Brazil (in Portuguese).
- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Hemingsen, E.A.; Bradstreet, E.D. 1965. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of the National Academy of Science* 51: 119-125.
- Smart, R.E.; Dick, J.K.; Gravett, I.M.; Fisher, B.M. 1990. Canopy management to improve grape yield and wine quality: principles and practices. *South African Journal for Enology and Viticulture* 11: 3-17.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.
- Souza, C.S.; Maroco, J.P.; Santos, T.P.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M. 2003. Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Functional Plant Biology* 30: 653-662.
- Spayd, S.E.; Tarara, J.M.; Mee, D.L.; Fergusun, J.C. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 171-181.

- Tonietto, J.; Carbonneau, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology* 124: 81-97.
- Van Leeuwen, C.V. 2010. *Terroir: The effect of the physical environment on the vine growth, grape ripening and wine sensory attributes*. Woodhead Publishing, Bordeaux 1: 273–315.
- Van Leeuwen, C.V.; Friant, P.; Choné, X.; Tregoat, O.; Koundouras, S.; Dubourdieu, D. 2004. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Viticulture and Enology* 55: 207-217.
- Van Leeuwen, C.V; Tregoat, O.; Choné, X.; Bois, B.; Pernet, D.; Gaudièllere, J.P. 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine: how can it be assessed for vineyard management purposes. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 43: 121-134.

**ARTIGO 2: PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ‘SYRAH’ WINTER WINES UNDER DIFFERENT PEDOCLIMATIC CONDITIONS IN SOUTHEASTERN BRAZIL**

(Artigo a ser submetido na revista Australian Journal of Grape and Wine - versão preliminar)

Luciana Alves Caldeira Brant<sup>1\*</sup>, Mariana Gabriele Marcolino Gonçalves<sup>2</sup>, Renata Vieira da Mota<sup>3</sup>, Isabela Peregrino<sup>3</sup>, Cláudia Rita de Souza<sup>3</sup>, Michele Duarte de Menezes<sup>2</sup>, André Luíz de Souza<sup>4</sup>, Francisco Mickael de Medeiros Câmara<sup>3</sup>, Alberto Vasconcellos Inda<sup>5</sup>, Nilton Curi<sup>2</sup>, Murillo de Albuquerque Regina<sup>3</sup>.

**Acknowledgements:** This study was financially supported by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Minas Gerais State Foundation for Research Support (FAPEMIG), Coordination for higher Education Staff Development (Capes) and by wineries Estrada Real, Maria Maria, Casa Verrone, Stella Valentino, Luiz Porto, Guaspari and EPAMIG. The authors are also grateful to I. Magalhães for wine chemical analyses.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA – Dpto. de Agricultura – Aqueanta Sol – Caixa postal 3037 - CEP 37200-000 - Lavras – MG – Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA – Dpto. de Ciência do Solo – Aqueanta Sol – Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 - Lavras – MG – Brasil.

<sup>3</sup>Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho – Avenida Santa Cruz – 500 - CEP 37780-000 – Caldas - MG – Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Alfenas – Dpto. de Química - Rod. José Aurélio Vilela - 11999 – 37715-400 – Poços de Caldas - MG – Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Dpto. de Solos – Faculdade de Agronomia – Avenida Bento Gonçalves, 7712 – CEP 91540-000 Porto Alegre – Brasil.

\* Corresponding author [lucianacbrant@yahoo.com.br](mailto:lucianacbrant@yahoo.com.br)



**PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF 'SYRAH' WINTER WINES  
UNDER DIFERENTE PEDOCLIMATIC CONDITIONS IN SOUTHEASTERN  
BRAZIL**

**ABSTRACT**

In southeastern Brazil, the change of grape harvest from the humid summer to the dry winter through the double pruning management has substantially improved the quality of the wines, currently called winter wines. In order to understand the influence of soil class and climate on the physicochemical composition of the winter wines, this study was carried out in seven viticultural regions in southeastern Brazil managed under double pruning technique: Três Corações - TC, Três Pontas - TP, Cordislândia - COR, São Sebastião do Paraíso – SSP, and Andradas - AND, in Minas Gerais State, and Itobi – ITO, and Espírito Santo do Pinhal – PIN, in São Paulo State, during three consecutive vintages. All regions presented high thermal amplitude and low total rainfall during the grape maturation period, favoring suitable levels of phenolic composition, alcoholic strength, and wine colors. The regions were grouped into four different soil classes: Acrudox in TC, COR, and SSP, Hapludox in TP; Hapludult in AND, and PIN; and Eutrudept in ITO. Each region presented its own physicochemical soil attributes influence on the wine composition. In addition to soil and climate effects, human action, especially on the decision of harvest date, exerted great influence on wine composition. Data obtained in this work will help winegrowers to seek the geographical indication for winter wines.

Keywords: Double-pruning. *Vitis vinifera*. Wine composition. Soil attributes. Terroir.

## 1 INTRODUCTION

In the traditional viticulture regions of southeastern Brazil the harvest period of wine grapes coincides with the season of the highest rainfalls, influencing incomplete grape maturation, low sugar concentration, dilution of total acidity, low synthesis of polyphenols, and decreasing berries quality. Under such conditions, it is not possible to obtain suitable grape bunches for the production of fine quality wines, especially the red ones (JACKSON; LOMBARD, 1993).

The technique of double pruning management of grapevines in the southeastern Brazil, however, has shown that it is possible to produce high quality wines (FAVERO et al., 2011; REGINA et al., 2011; DIAS et al., 2017; BRANT et al., 2018). These so called winter wines have already been awarded in national and international wine competitions (TOLEDO, 2020). Under double pruning management, the vines are pruned for the first time in late winter (August or September) to develop the vegetative cycle in which all bunches are removed. The second pruning is carried out in mature shoots (January or February), when the reproductive cycle begins allowing for the harvest of grapes during the dry winter period (July to August) (FAVERO et al., 2011).

It is well-known that sugar concentration, malic acid degradation, and the phenolic composition of grapes and consequently of wines, are influenced by many factors such as climate, soil, management practices, grapevine nutrition and water status, vintages and winemaking process (KOUNDURAS et al., 2006). The autumn-winter season in the traditional coffee growing region of southeastern Brazil (Latitude 12° to 24° S and Longitude 39° to 51° W, 750 to 1,200 m altitude above sea level, according to ALVES et al., 2011) presents low total rainfall and high thermic amplitude, encompassing favorable conditions for the sugar accumulation and for the synthesis of phenolic compounds in grape berries (FAVERO et al., 2011; MOTA et al., 2011a, b; REGINA et al., 2011). Syrah and Sauvignon blanc have been the main cultivars chosen for the elaboration of the winter wines. These cultivars have shown better yield over the years under the double pruning management, when vines are grafted onto 1103 Paulsen rootstock (MOTA et al., 2011a; REGINA et al., 2011).

The term "terroir" has been used around the world to describe the influence of climate, soil and human intervention on the chemical and metabolic compositions of wines (OIV, 2010; VAN LEEUWEN et al., 2018). Since double pruning is a new management technique, there is a lack of information about the diversity of terroirs for winter wines. This study aimed to better understand the contribution of soil and climate on the quality of winter wines, as well as to

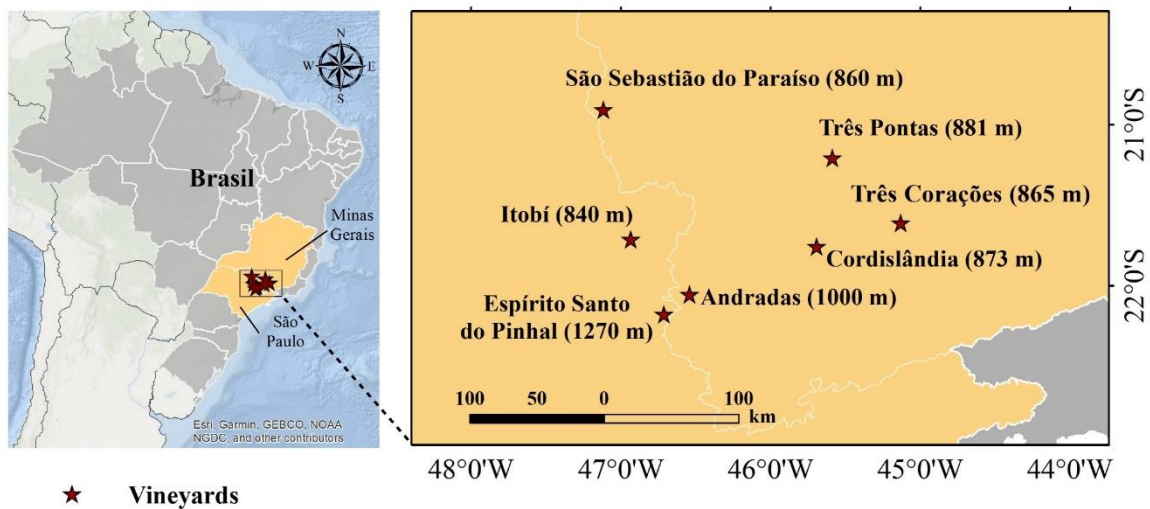
frame the viticulture areas under double pruning management into specific terroirs. This information is necessary for obtaining indications of the origin for winter wines, ensuring greater quality control and further strengthening the viticulture of southeastern Brazil in a near future.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Vineyards description

This study was carried out during 2016, 2017 and 2018 growing seasons, comprising wines and grapes produced at seven Syrah commercial vineyards located in different municipalities of southeastern Brazil: Cordislândia (COR), Andradas (AND), São Sebastião do Paraíso (SSP), Três Pontas (TP), and Três Corações (TC), in Minas Gerais State; and Espírito Santo do Pinhal (PIN), and Itobí (ITO), in São Paulo State (Figure 1).

Figure 1 - Geographic location of the vineyards in Minas Gerais and São Paulo States.



Fonte: Do autor (2020).

The selected vineyards were between 10 and 15 years old. In general, the experimental sites are located in similar conditions of traditional coffee growing region in Minas Gerais and São Paulo States: average of 900 meters altitude above sea level, average annual temperature of 20 °C, and average total annual precipitation of 1,462 mm concentrated mainly in the summer (October-February) (BRANT et al., 2021).

The climate data of maturation period (May to August) were obtained from Climate.Data.org (<https://pt.climate-data.org/>), a platform that provides a worldwide historical

weather data. Table 1 presents the mean values for the 30 years period (from 1982 to 2012).

Table 1 - Geographic location, altitude, and historical climatic data of berries maturation period (May to August) at Syrah grapes under double pruning management at southeastern Brazil.

Regions	Geographical coordinates	Altitude (m)	Climatic Variable			
			Mean minimum temperature (°C)	Mean maximum temperature (°C)	Mean thermal amplitude (°C)	Total Rainfall (mm)
TC	21°36' S, 45°7' W	865	9.3	25.1	15.7	92
COR	21°40' S, 45°55' W	873	9.9	25.3	15.4	119
TP	21°12' S, 45°35' W	881	9.5	24.9	15.4	115
SSP	20°54' S, 47°6' W	860	10.8	23.6	12.8	100
AND	22°3' S, 46°32' W	1,200	10.1	24.4	14.3	146
PIN	22°10' S, 46°42' W	1,270	9.7	23.7	14.0	137
ITO	21°42' S, 46°55' W	840	10.7	24.7	14.0	109

TC: Três Corações; COR: Cordislândia; TP: Três Pontas; SSP: São Sebastião do Paraíso; AND: Andradas; PIN: Espírito Santo do Pinhal; ITO: Itobi.

Fonte: Do autor (2020).

All vineyards were composed from Syrah cultivar clone 174 ENTAV-INRA, grafted onto rootstock 1103 Paulsen (*Vitis berlandieri* × *Vitis rupestris*), trained in vertical shoot position with bilateral cordons spaced 2.5 m x 1.0 m (4,000 plants ha<sup>-1</sup>), and pruned into two-node spurs, for both pruning periods, totaling 20 latent buds per plant, on average. Double pruning management was carried out according to Favero et al. (2011). The first pruning was carried out in August (vegetative cycle) for latent bud formation. The second one was carried out in January in lignified shoots (reproductive cycle) for grape production. In both cycles, the buds were sprayed after pruning with hydrogen cyanamide at 5 % to stimulate and standardize the budburst. During the vegetative cycle, all clusters were removed when the berries were at green pea stage.

Cultural practices such as trimming, vegetable topping, leaf thinning, pest control, and the harvest date decision were performed according to each viticulturist. Bunch removal was not performed during this study. Fertirrigation was performed only at PIN vineyard during the branches formation stage and before pruning. In this same area, drip irrigation was used until the beginning of grapes maturation period. The 2016 data from the TC vineyard was not included in the study because the fruitfulness of latent bud developed in previous season

(August to September of 2015) was drastically reduced by high downy mildew attack.

## **2.2 Soil attributes**

Soil morphological, physical, chemical, and mineralogical analyses were carried out to classify (according to SOIL TAXONOMY, 2014) and describe (LEMOS; SANTOS, 1996) the soils of each studied vineyard (Table 2). Soils were described and sampled in tranches opened in the central portion of each experimental sites. Gravels on the fine earth fraction (FEF) (< 2.0 mm), and soil particle size distribution were determined according to Gee and Bauder (1986). Regarding soil chemical analyses, available K and P were extracted by Mehlich-1 extractant (MEHLICH, 1953). Soil organic matter content was determined by Walkley and Black (1934) method.

Minerals present in clay, silt and fine sand fractions of soils were identified via X-ray diffractometry, according to Moore and Reynolds (1997). CuK $\alpha$  radiation (Ni filter and a current of 20 mA) was used.

## **2.3 Grape reception**

A sample containing 250 kg of grapes from each vineyard was used to elaborate the wines. Grapes were harvested at the optimum harvest date determined by each winegrower, taken to the Winery of the EPAMIG Technological Center of Grape and Wine Research, and stored for 24 hours in a cold room at 5 ° C.

The same winemaking protocols were applied for all regions: grape clusters were destemmed, crushed, and placed into stainless steel fermentation tanks (300 liters capacity), equipped with cooling jacket for temperature control. Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) was added at a dose of 80 mg L<sup>-1</sup> in the form of potassium metabisulfite, with the purpose of selecting the microorganisms present in the grape, avoiding the oxidation of the must. Pectolytic enzyme (Colorpect VRC) was also added at a dose of 2 g L<sup>-1</sup> to obtain wine with less lees.

## **2.4 Must composition analyses**

A sample of the must was collected in the tank before yeast inoculation for laboratory analyses. The must was filtered in cotton and the resulting juice was immediately submitted to the following analyses: total soluble solids (TSS; °Brix) using a portable refractometer

(ATAGO model PAL 1); pH of undiluted juice using a Mettler pH meter; titratable acidity (TTA) determined by titration of diluted juice with  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  of NaOH to a phenolphthalein end point at pH 8.2 (OIV, 2009).

## 2.5 Vinification

The yeasts of the genus *Saccharomyces cerevisiae* strain AWRI 796 (Maurivin®) was chosen for preventing addition of aromatic characteristics to the wine, being added in the dose of  $20 \text{ g hL}^{-1}$ . After the maceration period of 10 days (fermentation of the must with the grape skins and seeds), the grape skins were removed and pressed. The wine was placed into 100 L stainless steel tanks, equipped with a hydraulic cylinder (Müller type valve), where the alcoholic fermentation was completed and the malolactic fermentation process was carried out without bacterial inoculation. The end of malolactic fermentation was determined by the disappearance of the malic acid band in the chromatographic paper (AMERINE; OUGH, 1980).

The wines were racked to remove lees and the free  $\text{SO}_2$  values corrected to  $35 \text{ mg L}^{-1}$ . In sequence, they were cold stabilized at  $-3^\circ\text{C}$  for tartaric stabilization during fifteen days. Finally, after two additional rackings, at three-month intervals, the wines were placed into 750 mL glass bottles.

## 2.6 Wine composition analyses

The wines were analyzed from three to ten days after bottling. The physicochemical analyses involved pH by digital potentiometer (Micronal model B 474), titratable acidity by titration of wine with  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  NaOH using phenolphthalein as indicator at pH 8.2, and volatile acidity obtained by distillation at Super DEE Gibertini and determined by titration with  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  NaOH and phenolphthalein (OIV, 2009). Acidity data are expressed as fixed acidity (total acidity – volatile acidity) in  $\text{g L}^{-1}$  tartaric acid. Reducing sugars were determined by the Fehling method (BRASIL, 1986), and the alcoholic strength by volume by Super Alcomat Electronic Hydrostatic Balance (Gibertini Elettronica) after wine distillation (Super DEE Gibertini digital distilling unit). Dry extract was determined by gravimetric method in an oven at  $105^\circ\text{C}$  for one hour according to the AOAC method 920.62 (AOAC, 1995), total ashes content by incineration of 10 mL of carbonized wine samples at  $550^\circ\text{C}$ , and ashes alkalinity by titration of the acidified ashes ( $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  sulfuric acid) with NaOH  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  using metil

orange as an indicator (OIV, 2009).

Total anthocyanins were measured by the pH differential method (GIUSTI; WROLSTAD, 2001). The total phenolics were quantified by the Folin-Ciocalteu method based on an analytical curve of gallic acid (AMERINE; OUGH, 1980), and flavanols content by the Bate-Smith reaction (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Total polyphenols index (OD 280) was determined at 280 nm band in an UV/VIS spectrophotometer (Shimadzu UV-1800). The amount of color in the wine (color intensity) was determined by the sum of the absorbance at 420, 520 and 620 nm bands (CURVELO-GARCIA, 1988).

## 2.7 Statistical analyses

Principal Component Analysis (PCA) was performed on the physicochemical composition of wines considering average of three vintages (2016, 2017 and 2018) using the R Program (R Project for Statistical Computing, version 3.1.3) and Factoextra package to investigate the trends or group formations of wines from different regions. The variables studied of wine composition were: pH, fixed acidity, sugar, alcohol, total polyphenol index, total phenolics, flavanols, anthocyanins, color intensity, ashes, ashes alkalinity, and dry extract. The wine and must composition data were submitted to analysis of variance (ANOVA) for the evaluation of vintage effect in each region, and for comparing the regions with general mean values of three years. SISVAR (Computer Statistical Analysis System, version 5.6). Scott Knott test ( $p < 0.05$ ) was used for the mean values comparison analysis.

## 3 RESULTS

### 3.1 Climate of the vineyards

The vineyards under double pruning management are located between 20° and 22° of latitude south, and between 45° and 47° of longitude west, from 840 to 1,270 meters altitude above sea level. All vineyards are located in a warm temperate zone with dry winter, defined as Cw type, according to the Köppen classification (ALVARES et al., 2013). During the maturation period of grapes in winter (May to August), the lower total rainfall was 92 mm at TC, and the higher was 146 mm at AND. In this period, the average minimum temperature of regions ranged from 9.3 °C at TC to 10.8 °C at SSP. The average maximum temperature ranged from 23.6 °C at SSP to 25.3 °C at COR. The highest thermal amplitude was observed at TC

(15.7 °C), followed by COR and TP (15.4 °C), AND (14.3 °C), ITO and PIN (14.0 °C), and SSP (12.8 °C) (Table 1).

### **3.2 Soil morphological, physical, chemical, and mineralogical attributes**

It was identified four different soil classes at the third categorical level of US Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2014) in the vineyards: Acrudox at TC, COR and SSP, Hapludox at TP, Hapludult at AND and PIN, and Eutrudept at ITO (Table 2). Following the sequence of Acrudox and Hapludox → Hapludult → Eutrudept it was found a decreasing in soil depth, reduction of macroporosity, water infiltration and root system penetration. It was found granular (Acrudox and Hapludox) and blocky (Hapludult and Eutrudept) soil structure shape.

The soil at COR presented the highest clay content in depth, with 69 dag kg<sup>-1</sup> value. The highest sand contents were observed in soils at AND (50 dag kg<sup>-1</sup>), PIN (51 dag kg<sup>-1</sup>) and ITO (42 dag kg<sup>-1</sup>), along with gravels across soil profile, contributing to water infiltration increasing (Table 2). While higher sand fraction content increases water drainage, higher clay fraction content associated with blocky structure might increase soil water retention, preventing irrigation necessity in the vineyards managed under the double pruning technique.



Table 2 - Soil attributes in seven Syrah wine regions at southeastern Brazil.

Region	Soil horizon	Depth (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	SOM	Clay	Silt	Sand	Gravel	Texture class	Soil class	Soil structure
				---mg kg <sup>-1</sup> ---	-----dag kg <sup>-1</sup> -----								
TC	Ap	0-20	5.6	22.23	262.8	3.15	50	26	24	-	Clay		
	Bo1	40-70	5.3	1.44	14.82	1.65	52	28	20	-	Clay	Acrudox	Granular
	Bo2	100-120	6.1	0.54	27.67	0.96	58	21	21	-	Clay		
COR	Ap	0-20	7.6	44.08	247.0	3.60	56	15	29	-	Clay		
	Bo1	40-70	5.1	0.79	52.37	1.52	69	9	22	-	Clay	Acrudox	Granular
	Bo2	100-120	5.4	0.68	21.74	1.18	69	11	20	-	Clay		
AND	Ap	0-20	7.5	158.8	188.7	2.64	30	20	50	5.2	Sandy clay loam		
	Bt1	40-70	4.9	0.94	60.27	0.57	53	11	36	2.5	Clay	Hapludult	Blocky
	Bt2	100-120	5.1	0.88	56.32	0.35	53	13	34	16.3	Clay		
PIN	Ap	0-20	6.8	3.97	165.0	2.14	40	9	51	3.6	Sandy clay		
	Bt1	30-40	4.6	0.76	22.73	0.91	44	12	44	5.8	Clay	Hapludult	Blocky
	Bt2	40-70	4.5	0.85	38.54	0.66	50	12	38	9.6	Clay		
	BC	100-120	4.8	0.51	49.4	0.29	49	12	39	13.1	Clay		
ITO	Ap	0-20	6.2	156.3	168.0	1.50	39	18	42	7.8	Clay loam	Eutrudept	Blocky
	Bw	40-70	6.4	1.82	69.17	0.35	38	21	42	10.9	Clay loam		
SSP	Ap	0-20	5.6	20.9	126.5	2.32	38	24	38	1.0	Clay loam		
	Bo1	40-70	7.4	0.34	43.48	1.37	38	26	36	-	Clay loam	Acrudox	Granular
	Bo2	100-120	6.7	0.11	27.67	0.96	40	27	33	-	Clay loam		
TP	Ap	0-20	6.5	540.2	288.5	2.33	50	28	22	-	Clay		
	Bo1	40-70	5.0	0.36	140.3	1.40	50	28	22	-	Clay	Hapludox	Granular
	Bo2	100-120	6.1	0.08	115.6	0.63	50	30	20	-	Clay		

TC: Três Corações; COR: Cordislândia; TP: Três Pontas; SSP: São Sebastião do Paraíso; AND: Andradas; PIN: Espírito Santo do Pinhal; ITO: Itobi; SOM: Soil organic matter.

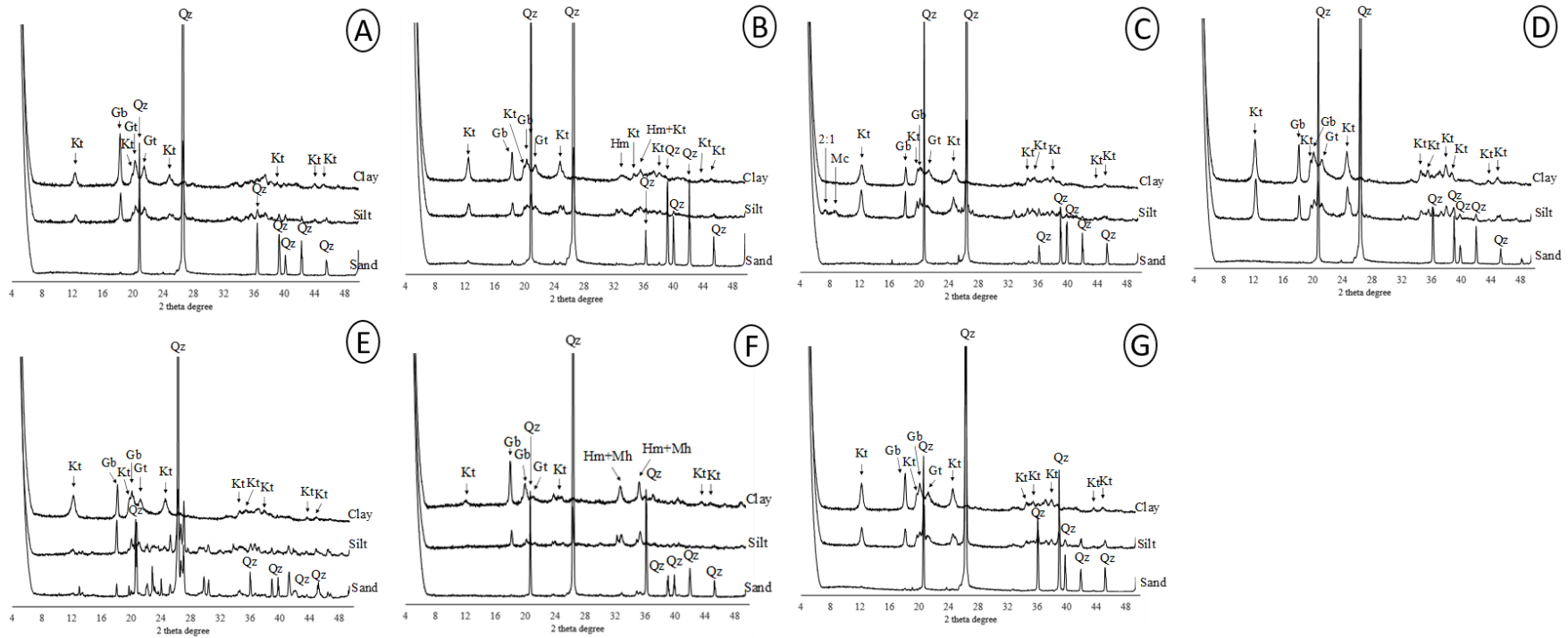
Fonte: Do autor (2020).

The soil pH ranged from 4.5 at PIN to 7.6 at COR. In general, soil acidity was lower at superficial horizons due to liming application, a common management practice in tropical soils (LOPES; GUILHERME, 2016). The highest content of organic matter in surface horizons was observed at COR (3.6 dag kg<sup>-1</sup>), followed by TC (3.15 dag kg<sup>-1</sup>), while the lowest value was found at ITO (1.5 dag kg<sup>-1</sup>).

In general available P and K contents were greater at surface soil horizons due to regular application of fertilizers and amendments, vegetation recycling and retention of these nutrients to the organic compounds (RESENDE et al., 2020).

The soil mineralogy is closely related to the morphological characteristics (mainly structure), soil hydric behavior, acting as a proxy of soil parent material (KÄMPF et al., 2012). The mineral composition of the vineyard soils is shown in Figure 2. The clay fraction is mainly constituted by kaolinite (Kt), goethite (Gt), gibbsite (Gb), and hematite (Hm) in different proportions (RESENDE et al., 2011). It is possible to verify well-defined peaks of goethite in all soils, except for the SSP (Figure 2).

Figure 2 - Mineralogical composition of the soil classes. (A) Três Corações; (B) Cordislândia; (C) Andradas; (D) Espírito Santo do Pinhal; (E) Itobi; (F) São Sebastião do Paraíso and (G) Três Pontas. Kt: kaolinite; Qz: quartz; Gb: gibbsite; Gt: goethite; Hm: hematite; Mc: mica; Mh: maghemite.



Fonte: Do autor (2020).

This soil, in turn, has clear hematite peaks associated with maghemite, in accordance to the magnetic attraction observed in the field campaign, reflecting the parent material, which is basalt, with contribution of sandstone. In the silt fraction of most soils, only kaolinite and quartz were identified. However, mica was identified in AND. The later mineral is capable of, after weathering, releases K to plants (CURI et al., 2005), representing a reservoir of such nutrient. The SSP soil presented hematite (clay and silt fractions), and quartz (sand fraction). The other soils presented basically quartz in sand fraction, representing none nutrients reserve in this fraction.

### **3.3 Must and Wine composition**

The wine composition differed among regions. Must pH ranged from 3.28 to 4.11, total soluble solids (TSS) ranged from 20.27 to 30.79 °Brix, and titratable acidity (TTA) ranged from 4.17 to 7.48 (g L<sup>-1</sup> tartaric acid) (Table 3).

Table 3 - Physicochemical parameters of must composition of Syrah wine of three winter harvests in seven regions at southeastern Brazil.

Region	pH				TSS (°Brix)				TTA (g tartaric acid L <sup>-1</sup> )			
	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M
TC	-	3.46 b	3.69 a	3.58 C	-	21.99 b	24.70 a	23.35 C	-	6.75 a	6.47 b	6.61 A
COR	3.28 c	3.52 a	3.42 b	3.41 D	20.27 c	20.84 a	20.61 b	20.58 D	7.48 a	6.05 b	5.76 c	6.43 A
TP	3.83 c	3.89 b	4.11 a	3.94 A	22.92 c	24.45 a	24.21 b	23.86 C	6.24 a	5.95 b	4.39 c	5.53 B
SSP	3.83 b	3.93 a	3.84 b	3.87 B	25.30 b	30.79 a	25.00 c	27.03 A	5.90 a	5.93 a	4.67 b	5.50 B
AND	3.58 b	3.67 a	3.38 c	3.55 C	21.20 c	23.95 a	22.70 b	22.62 C	6.40 a	5.90 b	4.17 c	5.49 B
PIN	3.68 c	3.82 b	3.97 a	3.82 B	24.20 c	25.68 a	24.90 b	24.93 B	6.48 a	5.80 b	4.49 c	5.59 B
ITO	4.00 a	3.83 c	3.98 b	3.94 A	25.23 b	24.51 c	29.00 a	26.25 A	5.13 a	4.92 b	4.24 c	4.76 C

Values are mean of three replicates in three winter harvests (2016, 2017, and 2018). Means followed by the same letters in each season were not significantly different ( $p < 0.05$ ) by Scott Knott test. TC: Três Corações; COR: Cordislândia; TP: Três Pontas; SSP: São Sebastião do Paraíso; AND: Andradas; PIN: Espírito Santo do Pinhal; ITO: Itobi. TSS: Total soluble solids; TTA: Total titrable acidity; M: medium values of the three seasons.

Fonte: Do autor (2020).

Wine composition is shown in table 4. The wine pH ranged from 3.49 to 4.33, reducing sugars from 1.86 to 5.33 g L<sup>-1</sup> and fixed acidity from 4.68 to 7.64 g tartaric acid L<sup>-1</sup>. Alcohol content ranged from 11.10% to 18.14%. Ashes content ranged from 2.43 to 5.25 g L<sup>-1</sup>, ashes alkalinity from 21.90 to 51.47 g L<sup>-1</sup> and dry extract from 25.16 to 56.89 g L<sup>-1</sup>. Total phenolics ranged from 1.69 to 3.19 g L<sup>-1</sup>, total polyphenol index (IPT) from 40.80 to 92.33 g L<sup>-1</sup> and flavanols from 1.14 to 4.36 g L<sup>-1</sup>. The anthocyanins content ranged from 206.72 to 643.30 mg malvidina L<sup>-1</sup> and color intensity from 7.74 to 21.88.

In general, the SSP wine presented the higher values of alcohol, residual sugar, dry extract, total phenolics, flavanols, and color intensity, whereas the COR presented lower values of alcohol, residual sugar, dry extract, anthocyanins, color intensity and total phenolics (Table 4).

Table 4 - Syrah winter wine composition from three harvest seasons at seven regions in the Southeast Brazil.

Region	pH				Fixed Acidity (g tartaric acid L <sup>-1</sup> )				Sugar (g L <sup>-1</sup> )				Alcohol (%)			
	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M
TC	-	3.62 b	3.84 a	3.73 C	-	6.33 a	5.81b	6.07 A	-	2.60 b	3.27 a	2.94 B	-	12.87 b	14.82 a	13.85 C
COR	3.49 c	3.75 b	3.91 a	3.72 C	7.64 a	6.24 b	4.97 c	6.28 A	2.86 a	2.86 a	1.86 b	2.53 B	11.96 a	11.79 b	11.10 c	11.62 D
TP	4.24 a	4.06 c	4.20 b	4.17 A	5.67 a	4.68 c	4.76 b	5.04 B	4.14 a	3.19 b	2.60 c	3.31 B	13.69 c	14.36 b	14.54 a	14.20 C
SSP	4.33 a	4.13 b	3.94 c	4.14 A	5.15 a	5.11 a	5.20 a	5.15 B	3.60 b	11.53 a	3.27 b	6.13 A	16.35 b	18.14 a	15.50 c	16.66 A
AND	3.94 a	3.73 b	3.65 c	3.77 C	5.68 b	6.52 a	5.68 b	5.96 A	3.53 a	2.94 b	2.07 c	2.84 B	12.79 b	13.46 a	13.52 a	13.26 C
PIN	3.91 b	4.10 a	3.90 b	3.97 B	7.50 a	4.89 c	5.45 b	5.95 A	3.54 a	3.40 a	2.47 b	3.14 B	16.78 a	15.24 b	14.42 c	15.48 B
ITO	4.28 a	4.01 c	4.11 b	4.13 A	4.73 c	5.51 b	6.15 a	5.46 B	3.67 b	2.66 c	5.33 a	3.89 B	15.76 b	14.21 c	16.41 a	15.46 B

Region	Ashes (g L <sup>-1</sup> )				Ashes Alkalinity (g L <sup>-1</sup> )				Dry Extract (g L <sup>-1</sup> )				Phenolics (g L <sup>-1</sup> )			
	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M
TC	-	2.55 b	3.63 a	3.09 C	-	32.06 b	41.59 a	36.83 B	-	28.87ns	29.05ns	28.96 D	-	2.06 b	2.45 a	2.26 B
COR	2.43 c	3.46 a	3.18 b	3.02 C	21.90 c	35.71 a	27.72 b	28.44 C	26.72 b	28.78 a	26.78 b	27.43 D	1.69 b	2.07 a	1.78 b	1.85 C
TP	4.69 b	5.25 a	4.59 c	4.84 A	51.06 a	42.55 c	45.73 b	46.45 A	34.55ns	34.73ns	34.87ns	34.72 C	1.86 b	2.39 a	1.76 b	2.00 C
SSP	4.58 b	5.24 a	4.08 c	4.63 A	45.54 a	35.66 b	44.30 a	41.83 A	39.98 b	56.89 a	37.32 c	44.73 A	2.99 b	3.19 a	2.98 b	3.05 A
AND	3.18 a	3.29 a	2.97 b	3.15 C	27.12 b	36.35 a	38.08 a	33.85 B	28.99 b	31.29 a	25.16 c	28.48 D	1.97 b	2.76 a	1.88 b	2.20 B
PIN	4.02 b	4.31 a	3.35 c	3.89 B	38.45 a	39.52 a	27.57 b	35.18 B	39.65 a	34.71 b	25.87 c	33.41 C	1.97ns	1.97ns	1.93ns	1.96 C
ITO	4.48 b	4.03 c	4.95 a	4.49 A	46.62 b	31.80 c	51.47 a	43.29 A	35.64 b	33.81 c	42.50 a	37.32 B	2.14 b	1.87 c	2.67 a	2.23 B

Region	Anthocyanins (mg L <sup>-1</sup> )				Color Intensity				TPI				Flavanols (g L <sup>-1</sup> )			
	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M	2016	2017	2018	M
TC	-	528.06 b	578.75 a	553.40 A	-	15.35 a	14.53 b	14.94 B	-	58.20ns	58.07ns	58.13 C	-	2.52ns	2.65ns	2.59 B
COR	256.16 c	398.95 a	341.12 b	332.08 B	9.57 b	12.30 a	7.74 c	9.87 C	45.07 b	58.67 a	41.00 c	48.24 D	2.11 b	2.47 a	1.89 c	2.16 B
TP	433.75 a	436.30 a	262.09 b	377.38 B	11.51 b	13.92 a	9.25 c	11.56 C	62.90 b	64.87 a	44.90 c	57.56 C	2.84 a	2.64 b	1.67 c	2.38 B
SSP	291.33 c	341.58 b	487.33 a	373.41 B	14.60 c	21.88 a	17.35 b	17.94 A	73.57 b	92.33 a	73.97 b	79.96 A	3.93 b	4.36 a	1.14 c	3.14 A
AND	566.79 b	643.30 a	413.23 c	541.11 A	14.25 c	18.02 a	14.68 b	15.65 B	60.63 b	63.17 a	48.70 c	57.50 C	2.49 b	2.45 b	4.27 a	3.07 A
PIN	206.72 c	401.79 b	436.74 a	348.42 B	11.88 a	11.24 b	9.48 c	10.87 C	54.80 b	56.57 a	40.80 c	50.72 D	2.32 a	2.22 a	1.93 b	2.15 B
ITO	421.00 b	431.64 a	318.13 c	390.26 B	13.35 c	15.17 b	17.87 a	15.46 B	67.10 b	63.77 c	75.73 a	68.87 B	2.87 b	2.51 c	4.23 a	3.20 A

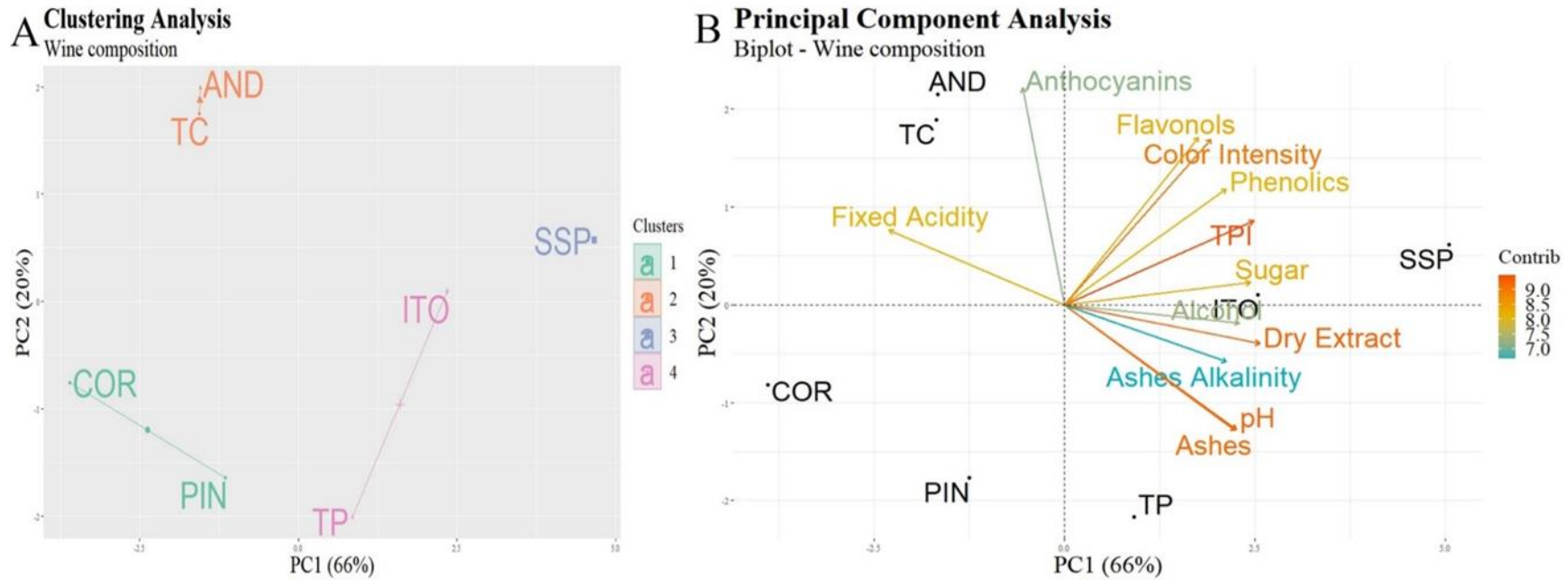
Values are mean of three replicates in three winter harvests (2016, 2017 and 2018). Means followed by the same letters in each season and in the medium values of the three seasons (M) were not significantly different ( $p < 0.05$ ) by Scott Knott test. TC: Três Corações; COR: Cordislândia; TP: Três Pontas; SSP: São Sebastião do Paraíso; AND: Andradas; PIN: Espírito Santo do Pinhal; ITO: Itobi. IPT: Total phenolic index; ns: non-significant difference.

Fonte: Do autor (2020).

PCA was performed on the correlation matrix produced from the 12 parameters evaluated for winter wine composition from the seven different vineyards in three consecutive seasons. The first principal component (PC1) explained 66% of the total variance among the wines, and the second one (PC2) explained 20%. Except for anthocyanins and fixed acidity, every parameter of wine composition was related to PC1 (Figure 3A). SSP distinguished from the other wines by the highest values for most of the observed parameters. Based on scale of colors of arrows that indicate intensity of contribution of the parameters, TC and AND was clustered together with the higher levels of anthocyanins and fixed acidity, PIN and COR had the lowest values mainly for phenolic composition parameters, color intensity and reducing sugar, while TP and ITO grouped with the higher values of ashes, TPI and dry extract (Figure 3B).



Figure 3 - Principal Component Analysis (PCA), clustering (A) and biplot (B) of wine composition (pH, sugar, fixed acidity, alcohol, total phenolics, IPT, Flavonols, Anthocyanin, color intensity, total ashes, ashes alkalinity and dry extract) of seven regions in Southeast Brazil in 2016, 2017 and 2018 winter seasons. Different colors of arrows at biplot graph indicates the intensity of contribution of the parameter. Andradas (AND), Cordislândia (COR), Itobi (ITO), Espírito Santo do Pinhal (PIN), São Sebastião do Paraíso (SSP), Três Corações (TC) and Três Pontas (TP).



Fonte: Do autor (2020).

## 4 DISCUSSION

The winter wines from different regions of southeastern Brazil were characterized in order to better understand the effects of the climate, soil class and human factor (terroir) on the wine composition. The wine composition among regions showed to be related to pedoclimatic conditions of the vineyards, however, the human factor of the harvest date decision at COR and SSP sites also influenced the results. Winter wines managed with double pruning enabled the production of wines similar to those found in important and traditional wine-growing regions of the world, such as California (BRILLANTE et al., 2018), Greece (KOUNDURAS et al., 2006), and Italy (RISTIC et al., 2007).

Grapes for fine wine production should be harvested at their maximum point of technological and phenolic maturity, with sugar concentration within the range of 21 to 26 °Brix, total acidity from 5 to 6.5 g L<sup>-1</sup>, and high content of anthocyanins and phenolic compounds (OJEDA et al., 2002; RISTIC et al., 2007). Although there is great influence of the environment on the composition of the grapes, the choice of the harvest date could strongly influence such aspect, whose decision is in charge of the winegrower. In addition, the knowledge of the vineyard with historical data on must composition at harvest and weekly evaluation of the grapes at the end of maturation help on such decision.

The climate influence on the physiology, growth and production of grapevines and on phytosanitary aspects is related to the atmospheric temperature, precipitation, vapor pressure deficit, evapotranspiration, hours of sunshine and winds (VAN LEEUWEN, 2010). Therefore, climate factors have a great influence on the difference between vintages of wines. The average test comparing harvests, showed a significant difference between the years evaluated for most of the variables studied, except for dry extract at TP and TC, and phenolics at PIN, which maintained values very similar during the three years evaluated (Table 3 and 4).

In the three vintages, mainly in 2017, the grapes at SSP were harvested overripe (over 25 °Brix), while at COR the grapes were harvested with low sugar content (below 21 °Brix) (Table 3). The PCA plot shows the wines from these two regions placed at opposite sides of the PC1 axis, being the SSP wines associated to greater parameter values influenced by overripe such as color intensity, total phenolics, flavanols, residual sugar, alcohol and dry extract (Figure 3). Through the variance test comparing the general mean values of the three years studied, it was confirmed that in almost all the evaluated variables in the wine composition, the SSP site had the greatest values, except for fixed acidity and anthocyanins, and COR site had the lowest values except for fixed acidity, being this variable inversely proportional to the content of TTA

(°Brix) of must (Tables 3 and 4).

The override in SSP limited the interpretation of the pedoclimatic conditions effect on the results due to the lower thermal amplitude. The soil parent material is very different from the others, mostly represented by basalt, which is rich in ferromagnesian minerals, indicated by the presence of maghemite in the soil clay fraction (Figure 2F), and by the magnetic attraction. The statistics test comparing the general average values of the three years studied, confirmed that in almost all the evaluated variables in the wine composition, the SSP site had the greatest values, except for fixed acidity and anthocyanins (Table 4). The wines from TC, AND, PIN, TP and ITO sites, elaborated with grapes harvested at maturity level, were placed around the middle of the PC1 axis, being separated into three clusters in the PC2 axis. TC and AND winter wines presented the greater anthocyanin values, while TP and ITO sites showed greater values of pH, ashes and ashes alkalinity (Figure 3).

The 2018 harvest at ITO site, with high sugar content (29 °Brix), alcohol and dry extract, contributed to displace ITO wines on the right side in the PC1 axis (Table 3 and Figure 3). Wines with alcoholic content over 16 % v/v are not in accordance with Brazilian law (MAPA, IN 14 de 08/02/2018), therefore, harvesting grapes over 26.5 °Brix must be avoided. However, the high alcoholic content (over 16 %) did not depreciate the wine quality in relation to other parameters such as acidity, color or phenolic composition as was observed at PIN in 2016, SSP in 2016 and 2017, and ITO in 2018, which are in agreement with the observed wine composition of famous wine-growing regions of the world (KOUNDURAS et al., 2006; RISTIC et al., 2007).

The ITO and TP wines were grouped by PCA statistics. These vineyards showed similar accumulated precipitation (109 and 115 mm, respectively) and high maximum temperature (24.7 °C and 24.9 °C, respectively) during the maturation period (Table 1). In addition, the soils of these vineyards have the highest available K values at the subsurface horizons. Thus, it is possible that the climatic effect of higher maximum temperatures and the higher K values have influenced wines with the higher pH, and the higher alkalinity of ashes values (VAN LEEUWEN et al., 2018; CONDE et al., 2007).

Despite of the higher values of anthocyanins in TC and AND wines and the high values of fixed acidity, these two vineyards do not have common environmental conditions that explain the similarity of the wines. The high values of anthocyanins at TC site are probably related to the high thermal amplitude in this vineyard (MOTA et al., 2010). In AND site, however, the high values of this pigment probably result from the moderate water stress of the vines (BRANT

et al., 2021; OJEDA et al., 2002) favored by the high values of the sand fraction in the soil.

The COR and PIN wines have the lowest mean values of anthocyanins, phenolics, flavanols, color intensity and low TPI (Table 4). The soils have increasing clay fraction values in depth. High values of anthocyanins are expected in sites with high thermal amplitude, as occurs in COR (15.4 °C). The content of this pigment (332.08 mg L<sup>-1</sup>) was reduced by the early harvest. At PIN site, the lower values of this compound are due to the lower thermal amplitude and high accumulated precipitation in the ripening period (Table 1).

To explain the effect of terroir on wine composition, interactions between soil, climate and grapevine need to be taken into account (VAN LEEUWEN et al., 2018). In the winter wine regions, the high thermal amplitude and low rainfall during autumn-winter are determining factors for the concentration of soluble solids, anthocyanins and phenolic compounds (MOTA et al., 2010). Mean thermal amplitude during 30 years of observation ranged from 12.8 °C (SSP) to 15.7 °C (TC). Higher values of anthocyanins (mean values of the three harvest seasons) were observed in TC (553.40 mg malvidin-3-glucoside L<sup>-1</sup>) and AND (541.11 mg malvidin-3-glucoside L<sup>-1</sup>) sites. The COR site with mean thermal amplitude of 15.4 showed the lowest anthocyanin content (332.08 mg malvidin-3-glucoside L<sup>-1</sup>) due to early harvest, whereas TP site with the same thermal amplitude showed anthocyanin content of 377.38 mg L<sup>-1</sup>, probably due to high pH (4.17) (Tables 1 and 4).

The pH values of wines ranged from 2.8 to 4.0. Low pH values enhance the microbiological and physicochemical stability of wines (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Higher pH values (around 4.0) reduce the absorbance peak of total anthocyanins at 520 nm band due to the deprotonation of the flavylum cation from the cyanidin molecule (WAHYUNINGSIH et al., 2017).

The pH values in must are related to acid composition and soil chemistry. The high pH average value for TP (4.17) and ITO (4.13) wines are explained by the higher content of available K in the soils, mainly at surface horizons (Table 2). In TP site, the vineyard showed high pH value of the must, low color intensity, high concentration of ashes and high alkalinity of ashes in wines. Wines from sites with high contents of soil available K can have low wine stability, depending on addition of acid in winemaking to obtain better flavor and potential for longevity (MPELASOKA et al., 2003; PÉREZ-ÁLVAREZ et al., 2015).

It is well known that soil particle size distribution and structure have great influence on water retention capacity and nutrient uptake by plant roots (VAN LEEUWEN et al., 2009). The high pH value (3.97) at PIN site may be explained by the fertirrigation of the vineyard.

The granular structure of Acrudox and Hapludox (TC, TP, COR and SSP sites) and the increasing clay fraction content in depth of Hapludult (AND and PIN sites), contribute for adequate and moderate water availability for the production of winter wines, respectively. This is corroborated by the values of water leaf potential (van Leeuwen et al., 2009) of wines in these sites (BRANT et al., 2021). The small effective depth of Eutrudept (ITO site) constitutes a strong constraint attribute at this respect, although the presence of gravels in this soil and in the Hapludults (Table 2) minimizes such limitation, by increasing the water infiltration in the soil. Mota et al. (2021) studying aging of Syrah winter wine in different regions of southeastern Brazil, found similar values in wines composition in terms of anthocyanins content ( $380 \text{ mg L}^{-1}$ ), color intensity (13.5), pH (4.0), fixed acidity ( $5.4 \text{ g L}^{-1}$ ), alcohol (14 %), flavanols ( $2.7 \text{ g L}^{-1}$ ), total phenolics ( $2.4 \text{ g L}^{-1}$ ), ashes ( $3.9 \text{ g L}^{-1}$ ) and residual sugar ( $3.1 \text{ g L}^{-1}$ ). The similarity in the composition of winter wines in these different regions suggests that these wines have persistent characteristics and it is possible to establish a general standard profile for quality control, taking into account that each terroir can present its singularities.

## 5 CONCLUSIONS

Winter wines managed with double pruning at southeastern Brazil are characterized by high phenolic content, color intensity and alcoholic strength depending on the terroir of the vineyard, contributing for their overall adequate quality.

The pedoclimatic conditions and the harvest epoch have great influence on winter wine composition and quality.

## REFERENCES

- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, Helena Maria Ramos et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 261, p. 18-29, 2011.
- AMERINE, Maynard Andrew; OUGH, Cornelius Steven. **Methods for analysis of musts and wines**. 1980.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis** 16. ed. Washington: AOAC, 1995.
- BRANT, L. A. C., FIGUEREDO, G. M., MOTA, R. V. Vinhos de Inverno do Sudeste Brasileiro. **Territoires du vin**, n. 9, 2018. Available in: <https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1615&lang=en> [Accessed Aug 10, 2020].
- BRANT, L. A. C. et al. Macro scale analysis of Syrah vineyards under winter growing cycles: Agronomical and ecophysiological responses. **Scientia Agricola**. (In press), 2021.
- BRASIL. 1986. **Portaria n. 76 de 26 de novembro de 1986**. Dispõe sobre os métodos analíticos de Bebidas e Vinagre. Diário Oficial da União, Brasília, 28 de Novembro de 1986 Seção 1, 2.
- BRILLANTE, L. et al. Applied water and mechanical canopy management affect berry and wine phenolic and aroma composition of grapevine (*Vitis vinifera* L., cv. Syrah) in Central California. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 261–271, 2018.
- CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape berry development and bfruit and wine quality. **Food**, v.1, p. 1-22, 2007.
- CURI, N. et al. Mineralogia e Formas de Potássio em Solos Brasileiros. *In*: Yamada, T; Roberts, T.L. (Org.). Potássio na Agricultura Brasileira. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo**, p. 71-86, 2005.
- CURVELO-GARCIA, A. S. **Controle de qualidade dos vinhos: Química Enológica**. Métodos Analíticos. Lisboa: Instituto da Vinha e do Vinho. 420p, 1988.
- DIAS, F.A.N. et al. Rootstock on vine performance and wine quality of ‘Syrah’ under double pruning. **Scientia Agricola**, v.74, p. 134-141, 2017.
- FAVERO, A. C. et al. 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.
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Methods of soil analysis: Part 1 - Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America, **American Society of Agronomy**, p.383–411, 1986.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, n. 1, p. F1. 2.1-F1. 2.13, 2001.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.

KÄMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURI, N. Mineralogia de solos brasileiros. *In: Pedologia – Fundamentos. Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos*, p. 81-146, 2012.

KOUNDURAS, S. et al. Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated Cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 5077-5086, 2006.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado region of Brazil. *In: Advances in Agronomy*. Academic Press, 2016. p. 1-72. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.004>. Acesso em: 09/08/2020.

MEHLICH, A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na, and NH<sub>4</sub>. **North Carolina Soil Test Division (Mimeo 1953)**, p. 23-89, 1953.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Normativa nº14, de 8 de fevereiro de 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-14-de-8-de-fevereiro-de-2018.pdf/view> Acesso: 15/08/2020.

MOORE, D. M.; REYNOLDS JR., R. C. **X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals**, 1997.

MOORE, D. M. et al. **X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals**. Oxford University Press (OUP), 1989.

MOTA, R.V. et al. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1127-1137, 2010.

\_\_\_\_\_. Wine grape quality of grapevines grown in the cerrado ecoregion of Brazil. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v.45, p.101-109, 2011a.

\_\_\_\_\_. Effect of trellising system on grape and wine composition of Syrah vines grown in the cerrado region of Minas Gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, p. 967-972, 2011b.

\_\_\_\_\_. Characterization of Brazilian Syrah winter wines at bottling and after ageing. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 3, 2021.

MPELASOKA, B. S. et al. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 9, p. 154-168, 2003.

OIV - Organization Internationale de la Vigne et du Vin. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis, Paris, OIV, 1, 419, 2009. Disponível em: <http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/methods-of-analysis/compendium-of-international-methods-of-analysis-of-wines-and-musts-2-vol.pdf>. Acessado em 20/08/2020.

\_\_\_\_\_. Definition of terroir, 2010. Disponível em: <http://www.oiv.int/public/medias/400/viti-2012-1.en.pdf>. Acessado em 11/06/2020.

OJEDA, H. et al. Influence of pre- and post-veraison water deficits on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 53, p. 261-267, 2002.

PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; PEREGRINA, F. Soil Nutrient Availability under Cover Crops: Effects on Vines, Must, and Wine in a Tempranillo Vineyard. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 66, n. 3, p. 311-320, 2015.

REGINA, M. A. et al. Viticulture for fine wines in Brazilian Southeast. **Acta Horticulturae**, v. 910, n.113-120, 2011.

RESENDE, M. et al. Pedologia, Fertilidade, Água e Planta: Inter-Relações e Aplicações. 2 Ed. Lavras - MG: **Editora UFLA**, 2020.

\_\_\_\_\_. Mineralogia de Solos Brasileiros- Interpretações e Aplicações. 2nd ed. **Editora UFLA**, 2011.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. Handbook of enology. **The chemistry of wine stabilization and treatments**. Chichester, England: John Wiley and Sons Ltd. n.2, v.2, 2006.

RISTIC, R. et al. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, p. 53-65, 2007.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 12ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA, 2014.

TOLEDO, Marcelo. Vinícolas adotam colheita no inverno e colecionam prêmios. **Folha de S. Paulo**. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/01/vinicolas-adotam-colheita-no-inverno-e-colecionam-premios.shtml>. Acesso em: 09/08/2020.

VAN LEEUWEN, C. Terroir: The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. In: **Managing wine quality, volume 1: Viticulture and wine quality**. Reynolds A. (Ed.), Oxford, UK: Woodhead Publishing Ltd., p. 273-315, 2010.

VAN LEEUWEN, C; ROBY, J. P.; RESSÉGUIER, L. DE. Soil-related terroir factors : a review. **Oeno-one**, v. 52, n. 2, p. 173–188, 2018.



VAN LEEUWEN, C. et al. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine: how can it be assessed for vineyard management purposes. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 43, p. 121-134, 2009.

WAHYUNINGSIH, S. et al. The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. **International Conference on Food Science and Engineering**. 2017. Disponível em: doi:10.1088/1757-899X/193/1/012047.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região Sudeste do Brasil se tornou um novo polo de produção de vinho fino de qualidade no país, com incrementos constantes em novas áreas de plantio. Considerando os resultados obtidos e discutidos nesse trabalho, é possível afirmar que os Vinhos de Inverno possuem características comuns pelo manejo de dupla poda empregado nas videiras, que torna possível a maturação das bagas em condições climáticas ideais para obtenção de uvas de qualidade. Entretanto, verificou-se que diferentes tipos de solo e fatores climáticos como amplitude térmica possuem influência na composição dos vinhos, ou seja, os Vinhos de Inverno não devem ter referência de apenas um *terroir*, e sim deve ser considerado que cada região possui sua particularidade que confere tipicidade ao vinho.

Na busca de valorização e mais competitividade no mercado, informações sobre as características do *terroir* das regiões estudadas servirão de base para consolidação de uma marca coletiva dos ‘Vinhos de Inverno’ e para a obtenção de Indicação de Procedência (IP) em um futuro próximo. Sendo a região sudeste grande em extensão territorial, é importante que estudos de caracterização de *terroir* sejam realizados em outras áreas produtoras de Syrah sob manejo em dupla poda, com especial atenção quanto à determinação da data de colheita das uvas para que seja obtida a máxima expressão do *terroir* e o potencial de qualidade do Vinho de Inverno produzido.

Além disso, para melhor definição da tipicidade dos Vinhos de Inverno é necessário que estudos do perfil sensorial e de aroma também sejam realizados para complementar as informações geradas no presente estudo.