

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

MAYAME DE BRITO SANTANA

**ATRIBUTOS DO SOLO RELACIONADOS COM O POTENCIAL
ENOLÓGICO DE UVAS VINÍFERAS NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO
FRANCISCO**

**RECIFE-PE
2019**

Mayame de Brito Santana
Engenheira Agrônoma

**Atributos do solo relacionados com o potencial enológico de uvas viníferas no
Vale do Submédio São Francisco**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho

Coorientadores: Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida, Dr. Giuliano Elias Pereira e Dr. Tony Jarbas Ferreira Cunha

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S232a Santana, Mayame de Brito
Atributos do solo relacionados com o potencial enológico de uvas viníferas no Vale do Submédio São Francisco / Mayame de Brito Santana. – Recife, 2019.
121 f.: il.

Orientador: Mateus Rosas Ribeiro Filho.
Coorientador: Brivaldo Gomes de Almeida, Giuliano Elias Pereira e Tony Jarbas Ferreira Cunha.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Indústria vinícola - São Francisco, Rio, Vale 2. Videira - Solos 3. Solo adequado para agricultura 4. Uva - Composição 5. Vinho e vinificação - Análise I. Ribeiro Filho, Mateus Rosas, orient. II. Almeida, Brivaldo Gomes de, coorient. III. Pereira, Giuliano Elias, coorient. IV. Cunha, Tony Jarbas Ferreira, coorient. V. Título

CDD 631.4

MAYAME DE BRITO SANTANA

Atributos do solo relacionados com o potencial enológico de uvas viníferas no Vale do Submédio São Francisco

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho
Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Dr. André Júlio do Amaral
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando José Freire
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Luciana Leite de Andrade Lima
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*“A minha mãe, Mailde de Brito Santana (in memoriam), simplesmente por tudo...
Sei que de seu lugar nunca deixou de olhar por mim.”*

DEDICO

“Ao meu pai Emi, meu irmão Kelmi e meu esposo Amair, que me incentivaram e me deram forças para continuar... e principalmente por tanto amor, a mim dado.”

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Tenho tanta gente a agradecer, que acredito ser uma das partes mais difíceis dessa tese, foram tantas coisas ao longo dessa etapa, que sem o tanto de ajuda que tive eu jamais conseguiria.

Primeiramente a Deus, por me guiar, iluminar, me dar forças para seguir em frente com meus objetivos e colocar tanta gente de coração tão bom em minha vida, sem Ele nada disso seria possível;

A minha mãe (*in memoriam*), meu pai e meu irmão, que sempre fizeram de tudo para me dar o melhor, por confiarem tanto em mim e me motivarem, tudo que sou hoje, devo a eles;

A Amair, meu esposo, que sempre me incentivou, que acredita mais em mim do que eu mesmo e por me dar tanta força. Pela paciência nos dias difíceis, por sempre estar ao meu lado e pelo amor a mim dedicado;

Aos meus familiares que torceram muito por mim e muitas vezes entenderam a minha ausência;

A minha cunhada, Cilânia, por me ouvir, me dar forças e apoio, sendo mais que uma cunhada, sendo uma irmã.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho, pelo apoio e compreensão no momento mais difícil de minha vida, pela atenção, conselhos, confiança e ensinamentos ao longo dessa trajetória;

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida, Dr. Giuliano Elias Pereira e Dr. Tony Jarbas Ferreira Cunha, pela imensa contribuição e aprimoramento desse trabalho;

Aos professores do PPGCS, Prof. Valdomiro, Prof. Brivaldo, Prof.^a Betânia, Prof.^a Giselle, Prof.^a Carol Biondi e Prof. Edivan pela empatia e por nunca medirem esforços para me ajudar em qualquer coisa que fosse preciso. Pelos conselhos, sugestões e abraços consoladores, meu muito obrigada!

Ao Prof. Brivaldo, pelo suporte nas coletas e na execução das análises, muitas vezes até fazendo por mim, entendendo os motivos de minhas faltas, assim como também indo me ajudar no laboratório em pleno feriado, sou muito grata;

Ao Prof. Valdomiro e Prof.^a Betânia por cederem o laboratório para execução das análises e pelo auxílio nos momentos de dúvidas, como também pelas sugestões enriquecedoras;

Ao Dr. Giuliano por tanto apoio e disponibilidade no desenvolvimento das análises deste trabalho, mobilizando equipes para idas ao campo colher, para as vinificações e análises, sempre muito solícito e compreensivo, foi peça fundamental na execução desse trabalho;

Ao Prof. Dr. Marcos Lima, que cedeu seu laboratório para minhas análises, foi extremamente compreensivo, pois cheguei em seu laboratório de paraquedas e não poderia ter sido em lugar melhor. Por tantas sugestões dadas, ensinamentos, esclarecimentos de dúvidas e todo o auxílio que me foi dado nesse período final, sou muito grata;

A Prof.^a Dr.^a Luciana Lima, que se disponibilizou por tantas vezes a me ajudar, sem medir nenhum esforço, indo ao laboratório fazer as análises, sempre muito solícita e amiga;

A Socorro, a secretária mais mãezona que já se viu, cuida de cada um dos alunos como se fosse de sua família, sofre com a gente, se alegra com a gente e briga pela gente;

Aos grandes amigos que a pós me deu, Juliet, Willian, Aglair, Manu, Juscélia, Vinícius, Vitor, Tiago, Marilya, Vitoria, Eva e Jany, por tanto apoio, cuidado, incentivos, conversas, almoços, lanches e tantos momentos bons compartilhados. Estando também Aleks e Drika, que já vem desde a graduação e na pós foram estreitadas as relações;

A Jamilla, Joyce, Kaline, Antônio e Emilly por me ajudarem nas vinificações e análises, principalmente Jamilla que foi a que mais agoniei para tirar dúvidas e me auxiliar quando me via perdida, estando sempre disposta a ajudar;

A Artur, Maria e Prof. Valdomiro pela ajuda na realização das análises de difração de raios-X e microscopia ótica, como também pelo auxílio na interpretação dos difratogramas;

A meu amigo Diego Rangel que se disponibilizou por tantas vezes a me ajudar na realização desse trabalho, tanto em coletas como nas estatísticas, se fazendo sempre presente nos momentos de angústias.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

A Fazenda Santa Maria (GRUPO VINIBRASIL) e a Vinícola Ouro Verde (MIOLO WINE GROUP) por todo apoio na concessão desse trabalho;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Semiárido), e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão – PE) pelo suporte na execução das análises;

Aos que direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta etapa tão importante em minha vida, mas que porventura acabei não citando, minha gratidão vai além de palavras, tenho-os no meu coração e guardo-os com o mais profundo carinho e gratidão.

Meu muito obrigada!!!

ATRIBUTOS DO SOLO RELACIONADOS COM O POTENCIAL ENOLÓGICO DE UVAS VINÍFERAS NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

RESUMO

O Vale do Submédio São Francisco, pioneiro em produzir vinhos em condição de clima semiárido tropical e única região do mundo que produz uvas viníferas durante todo o ano, tem se destacado cada vez mais na economia nacional. Suas condições geográficas tiveram um papel importante na introdução e desenvolvimento da produção de uvas e vinhos finos com aromas e sabores peculiares. Na produção de vinhos finos de qualidade, além dos fatores intrínsecos como a variedade da videira, deve-se levar em consideração os fatores extrínsecos, como clima e solo, e dentre os principais atributos do solo que podem intervir na qualidade do vinho, podemos citar a textura, profundidade efetiva, drenagem e fertilidade do solo. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito dos atributos dos solos na composição físico-química de uvas viníferas e vinhos Tempranillo e Syrah produzidos no Vale do Submédio São Francisco, na região Nordeste do Brasil. Para isso, análises químicas, físicas e físico-hídricas de solos sob vinhedos foram realizadas, como também a composição físico-química das uvas e dos vinhos foram avaliados seguindo metodologias específicas. Os resultados indicaram que a disponibilidade de água influenciou nos resultados de rendimentos das videiras, como também os atributos físicos e químicos dos solos tiveram efeito na composição dos vinhos Tempranillo e Syrah produzidos no Vale do Submédio São Francisco. Na composição fenólica e atividade antioxidante dos vinhos Tempranillo, os efeitos do clima se sobrepuseram aos do solo, com variações dentro de cada safra. Nos vinhos Syrah, o solo com maior pedregosidade contribuiu para a obtenção de vinhos com maior concentração de fenólicos e atividade antioxidante.

Palavras-chave: Atributos pedológicos. Composição de uvas e vinhos. Vitivinicultura tropical.

SOIL ATTRIBUTES ON THE ENOLOGICAL POTENTIAL OF VINIFERA GRAPES IN THE SUB-MIDDLE SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT

The Sub-middle São Francisco Valley, a pioneer in producing wines in the condition of tropical semi-arid climate and the only region of the world that produces grapes year-round, has become increasingly important in the national economy. Its geographical conditions played an important role in the introduction and development of the production of grapes and fine wines with peculiar aromas and flavors. In the production of quality fine wines, in addition to the intrinsic factors such as the vine variety, one must take into account the extrinsic factors, such as climate and soil, and among the main attributes of the soil that can intervene in the quality of the wine, we can cite the texture, effective depth, drainage and soil fertility. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of soil attributes on the physico-chemical composition of Tempranillo and Syrah wine and grape grapes produced in the Sub-Middle São Francisco Valley in the Northeast region of Brazil. For this, chemical, physical and physical-water analyzes of soils under vineyards were carried out, as well as the physical-chemical composition of grapes and wines were evaluated following specific methodologies. The results indicated that the water availability influenced the yield results of the vines, as well as the physical and chemical attributes of the soils, had an effect on the composition of the Tempranillo and Syrah wines produced in the Sub-Middle São Francisco Valley. In the phenolic composition and antioxidant activity of Tempranillo wines, the effects of the climate overlapped those of the soil, with variations within each harvest. In the Syrah wines, the soil with greater stoniness contributed to obtaining wines with higher phenolic concentration and antioxidant activity.

Keywords: Pedological attributes. Composition of grapes and wines. Tropical winemaking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Região vitícola do Vale do Submédio São Francisco. Pernambuco e Bahia, Brasil. Fonte: TONIETTO et al. (2012).	24
Figura 2.2. Estruturas dos flavanóis (A), dos flavonóis (B) e das antocianinas (C). Fonte: CABRITA et al. (2003).....	28
Figura 3.1. Localização geográfica dos perfis de solo, sob vinhedos, analisados....	45
Figura 3.2. Perfis de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco.	46
Figura 4.1. Perfil de solos sob vinhedos com variedades Tempranillo e Syrah no Vale do Submédio São Francisco.	71
Figura 4.2. Curva característica de retenção de água no solo dos horizontes Ap dos quatro perfis de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco..	77
Figura 4.3. Curva característica de retenção de água no solo dos horizontes Bt de três perfis de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco..	78
Figura 4.4. Resistência do solo à penetração de raízes (Mpa) em função das tensões aplicadas nos quatros perfis de solo sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco.....	80
Figura 5.1. Perfis de solo sob vinhedos com variedade Tempranillo, no Vale do Submédio São Francisco.	92
Figura 5.2. Perfis de solo sob vinhedos com variedade Syrah, no Vale do Submédio São Francisco.	92
Figura 5.3. Fenologia das videiras Tempranillo e Syrah, precipitação e temperaturas máxima e mínima observadas durante os anos de 2017 e 2018 em Lagoa Grande-PE e Casa Nova-BA.....	95
Figura 5.4. Cromatogramas de antocianinas no vinho Syrah na segunda safra	106
Figura 5.5. Atividade antioxidante in vitro dos vinhos Tempranillo e Syrah nos diferentes tipos de solos no Vale do Submédio São Francisco.....	110
Figura 5.6. Análise de componentes principais (ACP) dos compostos fenólicos e os resultados da atividade antioxidante dos vinhos tintos Tempranillo (A, B e C) e Syrah (D, E e F).....	114
Figura 5.7. Análise de componentes principais (ACP) dos compostos fenólicos e atividade antioxidante dos vinhos tintos Tempranillo (A) e Syrah (D) em 3 safras..	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Características morfológicas de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco.	53
Tabela 3.2. Características físicas de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco.....	54
Tabela 3.3. Características químicas de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco.....	57
Tabela 3.4. Condutividade elétrica do extrato da pasta saturada e micronutrientes de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco.....	58
Tabela 3.5. Análise descritiva de folhas de videiras cultivadas no Vale do Submédio São Francisco.	60
Tabela 4.1. Frações, composição granulométrica e textura de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco.	72
Tabela 4.2. Estatística exploratória e teste de médias para os resultados físico-hídricos no horizonte superficial (Ap) de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco.....	75
Tabela 4.3. Estatística exploratória e teste de médias para os resultados físico-hídricos no horizonte E do P1 e nos horizontes diagnósticos (Bt) de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco.	76
Tabela 4.4. Componentes do rendimento e características do mosto de videiras Tempranillo e Syrah, em vinhedo cultivado em dois tipos de solos no Vale do Submédio São Francisco.	82
Tabela 5.1. Atributos físicos e químicos de solos sob vinhedos cv. Tempranillo, no Vale do Submédio São Francisco.	93
Tabela 5.2. Atributos físicos e químicos de solos sob vinhedos cv. Syrah, no Vale do Submédio São Francisco.	93
Tabela 5.3. Análises clássicas (média \pm desvio padrão) do vinho tinto Tempranillo nos diferentes tipos de solo em três safras.....	98
Tabela 5.4. Análises clássicas (média \pm desvio padrão) do vinho tinto Syrah nos diferentes tipos de solo em três safras.....	99
Tabela 5.5. Perfil dos compostos fenólicos (média \pm desvio padrão) do vinho tinto Tempranillo nos diferentes tipos de solo, em três safras.	107
Tabela 5.6. Perfil dos compostos fenólicos (média \pm desvio padrão) do vinho tinto Syrah nos diferentes tipos de solo, em três safras.....	108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.1. Hipóteses	22
1.2. Objetivo geral	22
1.3. Objetivos específicos	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. Vitivinicultura no Vale do Submédio São Francisco	23
2.2. <i>Vitis vinifera</i> L.	25
2.3. Compostos fenólicos	27
2.4. Geomorfologia no Vale do Submédio São Francisco	29
2.5. Solos tropicais na vitivinicultura	30
2.6. O solo como reservatório hídrico para vitivinicultura	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
3. ATRIBUTOS DE SOLOS SOB VINHEDOS NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT	42
3.1. INTRODUÇÃO	43
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	44
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.3.1. Atributos morfológicos e físicos dos solos.....	48
3.3.2. Atributos químicos e mineralógicos.....	54
3.3.3. Análise foliar.....	58
3.4. CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
4. RELAÇÕES HÍDRICAS SOBRE O POTENCIAL ENOLÓGICO DE UVAS TEMPRANILLO E SYRAH	67
RESUMO.....	67
ABSTRACT	68
4.1. INTRODUÇÃO	69
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	71
4.2.1. Descrição das áreas	71
4.2.2. Coleta das amostras de solo.....	71
4.2.3. Análises físico-hídricas.....	72
4.2.4. Análises das uvas e mosto.....	73

4.2.5. Análise estatística	73
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4.3.1. Variáveis físico-hídricas	73
4.3.2. Curva característica de retenção de água no solo	77
4.3.3. Resistência do solo a penetração de raízes.....	78
4.3.4. Características das uvas e videiras.....	81
4.4. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
5. EFEITO DO SOLO NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, FENÓLICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS TINTOS TROPICAIS NO NORDESTE DO BRASIL	87
RESUMO.....	87
ABSTRACT	88
5.1. INTRODUÇÃO	89
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	91
5.2.1. Seleção e descrição da área.....	91
5.2.2. Dados climáticos	94
5.2.3. Elaboração dos vinhos	96
5.2.4. Análises físico-química dos vinhos	96
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	97
5.3.1. Análises clássicas	97
5.3.2. Composição fenólica.....	100
5.3.3. Atividade antioxidante “in vitro”	107
5.3.4. Análise dos componentes principais	109
5.4. CONCLUSÕES	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	121

1. INTRODUÇÃO

Os fatores edafoclimáticos do Vale do Submédio São Francisco favorecem a produção de uvas viníferas durante todo o ano, fazendo dessa região a única no mundo a produzir duas a três safras anualmente, o que possibilita a produção de vinhos jovens e frescos, características típicas de vinhos tropicais.

A qualidade e composição das uvas, e conseqüentemente dos vinhos, são característicos do ambiente, sendo influenciados pelos fatores intrínsecos, como a variedade da videira, e pelos extrínsecos, como o clima e o solo, pois são eles que vão atuar no desenvolvimento e estádios fenológicos da videira e, por conseguinte, na composição da uva e dos vinhos.

O clima destaca-se como determinante no potencial vitícola de uma região, no entanto, levando em consideração o local de produção, o solo passa a assumir grande importância. Os atributos do solo podem intervir no acúmulo ou redução de compostos fenólicos, os quais possuem relações diretas com as características de qualidade dos vinhos, como cor, estrutura e adstringência, como também intervêm na concentração de açúcares, acidez, pH e nos componentes aromáticos. Dessa forma, adquirindo conhecimento do efeito das características pedológicas sobre determinada variedade, em um determinado clima, pode-se predeterminar as características e qualidade dos vinhos nesse ambiente, bem como indicar parâmetros de tipicidade.

A influência direta do solo na qualidade do vinho é bastante discutida em renomados países vitivinícolas, como na França, a qual já produz vinhos de acordo com o tipo de solo. No entanto, no Vale do Submédio São Francisco não existe ainda nenhum estudo que relacione as características pedológicas com a qualidade das uvas e vinhos, ressaltando que, devido à especificidade de clima e solo, não é apropriado utilizar estudos desenvolvidos em outros locais, pois cada ambiente apresenta um potencial natural para elaboração de determinado produto, com identidade própria e única.

Diante disso, é de interesse acadêmico e do setor produtivo a realização de estudos que contemplem informações sobre os atributos dos solos e seus efeitos nas características do vinho, contribuindo assim com subsídios para o desenvolvimento da vitivinicultura na região, agregando valor ao produto, através da diferenciação e originalidade.

1.1. Hipóteses

- Os atributos físicos e químicos dos solos influenciam no potencial enológico de uvas viníferas produzidas na região do Vale do Submédio São Francisco.
- Os atributos físico-hídricos dos solos influenciam na composição físico-química e na produtividade das uvas viníferas sob o mesmo clima e manejo.
- A composição fenólica e atividade antioxidante dos vinhos variam em função dos atributos dos solos.

1.2. Objetivo geral

Avaliar o efeito dos atributos dos solos na composição físico-química de uvas viníferas e vinhos de Tempranillo e Syrah, elaborados no Vale do Submédio São Francisco, na região Nordeste do Brasil.

1.3. Objetivos específicos

- Identificar diferentes tipos de solo existentes em áreas cultivadas com uvas viníferas de mesma variedade e manejo, destinadas a elaboração de vinhos finos;
- Caracterizar os atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos de diferentes solos sob vinhedos na região do Vale do Submédio São Francisco e classificá-los;
- Determinar a composição físico-química das uvas e dos vinhos elaborados de acordo com os tipos de solo;
- Avaliar a relação entre os atributos físico-hídricos dos solos e a produtividade e qualidade de uvas Tempranillo e Syrah;
- Determinar a composição fenólica e atividade antioxidante dos vinhos Tempranillo e Syrah, elaborados de acordo com os tipos de solo;
- Contribuir para a descrição dos efeitos dos fatores pedológicos sobre a tipicidade dos produtos vitivinícolas tropicais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Vitivinicultura no Vale do Submédio São Francisco

A região vitícola do Vale do Submédio São Francisco, situado no semiárido nordestino brasileiro, encontra-se na zona intertropical que fica entre os estados de Pernambuco e Bahia (Figura 2.1). Geograficamente localiza-se em latitude 9° S, longitude 40° W e altitude média de 350 m. Apresenta indicadores climáticos médios anuais de 500 mm de precipitação pluvial, temperatura de 26 °C, evapotranspiração de referência de 2100 mm, insolação de 2800 horas, aproximadamente 300 dias de sol por ano, e umidade relativa do ar de 50% (CUNHA et al., 2008; TONIETTO et al., 2012; SOUZA; CORDEIRO, 2014).

Essas características climáticas fogem das convicções tradicionais de que somente seria possível elaborar vinho nas regiões de clima temperado (acima do paralelo 30 do hemisfério Norte e abaixo do paralelo 30 do hemisfério Sul). No entanto, tais características favoreceram condições peculiares que garantem uma singularidade em relação a outros territórios produtores de uva e vinho ao redor do mundo (LIMA, 2010; HORA; XAVIER; MATTOSSINHO, 2016).

No Brasil, a produção de vinhos tropicais teve início no Vale do Submédio São Francisco, sendo comercializados os primeiros vinhos no ano de 1986, no município de Santa Maria da Boa Vista, em Pernambuco. Mais tarde, outros países de clima tropical como Venezuela, Tailândia e Índia também começaram a investir na indústria vitivinícola (CAMARGO; PEREIRA; GUERRA, 2011).

As condições geográficas da região do Vale do Submédio São Francisco tiveram um papel importante na introdução e desenvolvimento da produção de uvas e vinhos finos. A maior amplitude térmica e menor índice pluviométrico contribuem para o maior conteúdo de compostos fenólicos e índice de cor nos vinhos (MOTA et al., 2009). Vários autores constataram que a baixa precipitação pluviométrica, associada a capacidade de induzir a videira ao estresse hídrico moderado e progressivo, favorece a acumulação de açúcares nas bagas e compostos fenólicos (antocianinas), podendo diminuir a acidez do vinho (VAN LEEUWEN et al., 2003; OJEDA, 2008).

Além disso, essas condições privilegiadas, aliadas a disponibilidade de água para irrigação e condições de provocar o estresse hídrico, permitem controlar o ciclo vegetativo da videira. Por consequência, não há indução natural à dormência de inverno, somente uma redução da irrigação e dormência induzida, obtendo assim, duas a três safras por ano e possibilitando escalonar a produção de uvas ao longo dos diferentes meses do ano. Com isso, estima-se que o Vale do Submédio São Francisco produz cerca de 7 milhões de litros de vinhos finos por ano, em uma área de aproximadamente 700 hectares, sendo 80% vinho tinto e 20% branco, o que representa cerca de 15% do mercado nacional, ficando atrás apenas do Rio Grande do Sul (GUERRA; ZANUS, 2003; LIMA, 2010; BARROS, 2013; VINHOVASF, 2018).

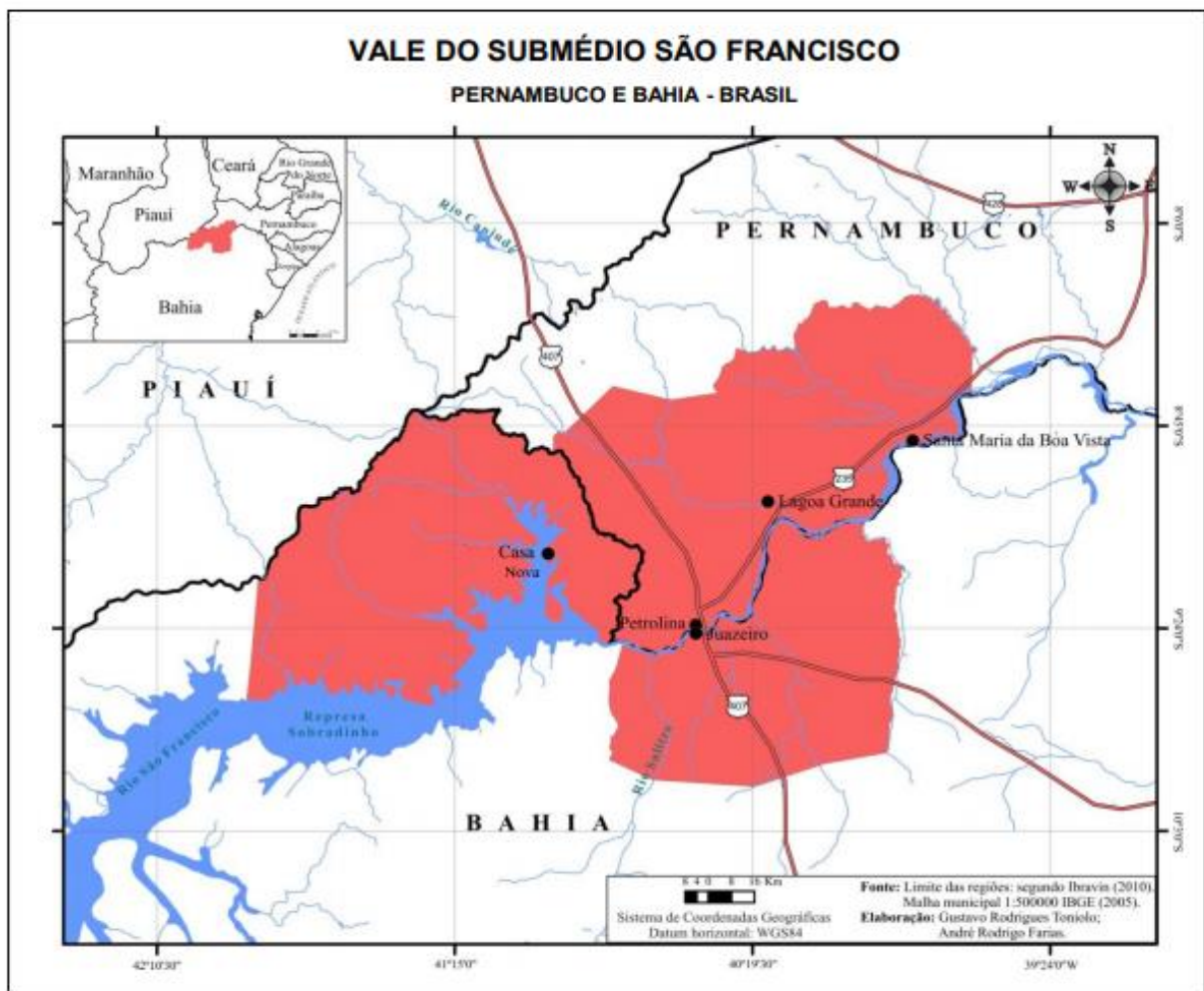


Figura 2.1. Região vitícola do Vale do Submédio São Francisco. Pernambuco e Bahia, Brasil. Fonte: TONIETTO et al. (2012)

Os vinhos do Vale do Submédio São Francisco são considerados, em sua maioria, jovens - “vinhos do sol”, os quais apresentam características peculiares nos aromas e sabores, considerados como a palatáveis e apresentando boa relação comercial, custo-benefício (SOUZA; CORDEIRO, 2014). Mas também, vem produzindo vinhos de guarda, que passam por alguns anos em barricas de carvalho, promovendo uma maior complexidade dos aromas e melhoria na estrutura dos vinhos (VINHOVASF, 2018).

As vantagens desta região na elaboração de vinhos são excepcionais, produzindo vinhos dentro de um novo conceito – vinho tropical, apresentando alto potencial de qualidade, além do fato de que está localizada em áreas relativamente povoadas, com grande potencial de expansão da vitivinicultura, tanto pelo consumo interno contínuo de vinhos finos, como pelo crescente desenvolvimento de exportações (LIMA, 2010), empregando direta e indiretamente, aproximadamente, 30 mil pessoas (VINHOVASF, 2018).

2.2. *Vitis vinifera* L.

Em termos de adaptação e potencial de produção de vinhos finos, a espécie permitida no Brasil é a europeia *Vitis vinifera* L., a qual produz uvas com teor de açúcar, elementos ácidos ideais, compostos fenólicos e aromáticos típicos para elaborar vinhos de qualidade. Após vários estudos de adaptação de variedades no Vale do Submédio São Francisco, algumas delas se destacaram em suas produções, gerando pesquisas sobre seu potencial enológico (LIMA, 2010; LIMA, 2011).

As principais variedades utilizadas no Vale do São Francisco são a Syrah, Tempranillo, Touriga Nacional, Cabernet Sauvignon, Alicante Bouschet, Ruby Cabernet e Petit Verdot, para a produção de vinhos tintos, e Chenin Blanc, Sauvignon Blanc, Moscato Canelli e Viognier, para a produção de vinhos brancos (CAMARGO; PEREIRA; GUERRA, 2011; PEREIRA et al., 2011). Na produção de vinhos tintos, a Syrah e a Tempranillo, são as que vem apresentando maior destaque na região, com boa adaptação e características promissoras.

A Syrah é considerada uma das mais antigas variedades de uvas existentes, sua origem mitológica data da antiguidade. Com origem polêmica, alguns mencionam que ela veio da cidade de Shiraz, território do antigo Império Persa, hoje Irã. Outros citam que foi de Sicília, região sul da Itália, mais especificamente da cidade de

Siracusa. Estudos genéticos, com marcadores moleculares, identificaram que está cultivar teve sua origem no cruzamento entre 'Mondeuse Blanche' e 'Dureza', provavelmente ocorrido no Vale do Rio Rhone, na França (PEREIRA et al., 2009; VINITUDE, 2013).

Muito vigorosa e produtiva, a Syrah tem mostrado ótimo desempenho nas condições semiáridas do nordeste brasileiro, onde o vinho apresenta coloração vermelho intensa, com notas de frutos em compota, sejam os elaborados no primeiro semestre, quanto os do segundo semestre. Também apresentam um toque de condimento (pimenta), com notas de evolução no segundo semestre. Levemente alcoólico, com estrutura tânica e sutil amargor (GUERRA; ZANUS, 2003; TONIETTO et al., 2012). A Syrah é uma das principais cultivar para vinhos tintos da região do Vale do Submédio São Francisco, sendo usada também para espumantes, brancos e rosés (PEREIRA et al., 2009).

A Tempranillo é oriunda da Espanha, onde sua presença é dominante, mas devido sua fácil adaptação a diferentes climas e solos, tem sido muito cultivada em diversas partes do mundo. Possui outras designações, dependendo do país de cultivo pode ser conhecida como Aragonéz ou Tinto Roriz em Portugal, Negretto na Itália, Valdepeñas nos Estados Unidos e como Tinto Fino, Tinta del País e Cencibel na Espanha (NAUDIN; FLAVIGNY, 2001; VINITUDE, 2016).

A designação Tempranillo surgiu do diminutivo espanhol "temprano", que significa "cedo", como referência ao fato de que ela amadurece bem mais rápido que outras variedades. Produz vinhos tintos de cor profunda, estruturados, equilibrados e longevos, propícios ao envelhecimento no carvalho, normalmente não apresentam alto teor alcoólico, variando entre 10 e 13%, e aromas primários como frutas vermelhas e especiarias (VINITUDE, 2016).

O cultivo de uvas *Vitis vinífera* L. em regiões atípicas necessita de estudos que permitam o aprofundamento do conhecimento das variáveis agrônômicas e enológicas. Para a produção de vinhos de qualidade, a variedade da videira é de extrema importância, principalmente sua adaptabilidade aos fatores extrínsecos como o clima e o solo, pois estes fatores irão atuar nos estádios fenológicos, desenvolvimento da videira e composição da uva, determinando assim a qualidade e tipicidade do produto final, o vinho.

2.3. Compostos fenólicos

Durante a fase de maturação as uvas desenvolvem compostos essenciais para a qualidade do vinho, os chamados polifenóis, que se localizam em diferentes partes do cacho da uva, sendo os de maior qualidade encontrados nas sementes e película, os quais são extraídos durante a vinificação. Essas substâncias são as responsáveis pelos atributos sensoriais, estabilidade da cor e capacidade de envelhecimento (SATO et al., 1996; GUERRA; ZANUS, 2003; GUERRERO et al., 2009; PERESTRELO et al., 2012). Apesar dessas substâncias estarem amplamente distribuídas no reino vegetal, as uvas são consideradas uma das maiores fontes de compostos fenólicos, comparadas a outras frutas e vegetais (ABE et al., 2007). A biossíntese desses compostos dependente de alguns fatores culturais e ambientais, dentre eles, destaca-se o solo (ALMELA et al., 1999; GUERRERO et al., 2009).

Os compostos fenólicos apresentam estrutura química de anel benzênico com hidroxilas associadas, a qual é capaz de estabilizar os produtos oxidativos, sendo também bons complexantes de metais. Dessa forma, estudos epidemiológicos, clínicos e “*in vitro*” mostraram efeitos dos polifenóis nas atividades antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana e anticarcinogênica, atribuída aos íons hidrogênio dos grupos hidroxila, localizadas em várias posições dos anéis (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1997; CANTOS; ESPÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2002; MAMEDE; PASTORE, 2004).

Esses compostos podem ser classificados em flavonoides e não-flavonoides. Fazem parte do primeiro grupo os flavanóis (catequina, epicatequina e epigalocatequina), flavonóis (caempferol, quercetina e miricetina) e as antocianinas (cianidina, peonidina, pelargonidina, delfinidina, petunidina e malvidina) (Figura 2.2), e ao segundo grupo pertencem os ácidos fenólicos, benzoicos e cinâmicos, e outros derivados fenólicos, como os estilbenos (CABRITA; RICARDO-DA-SILVA; LAUREANO, 2003).

No vinho, as antocianinas constituem a maior porcentagem de compostos fenólicos e são as responsáveis pela coloração. As catequinas e epicatequinas são as responsáveis pelo amargor e adstringência. Quercetina, caempferol e miricetina, geralmente apresentam-se em menores quantidades e possuem papel no desenvolvimento da coloração do vinho atuando como co-pigmentos junto às antocianinas. O resveratrol, pertencente a classe dos estilbenos, tem atraído atenção

especial nas últimas décadas em decorrência de estudos epidemiológicos que mostraram correlação inversa entre o consumo moderado de vinho e a incidência de doenças cardiovasculares (MOÑOZ-ESPADA et al., 2004; ABE et al., 2007).

Uvas com coloração mais intensa normalmente apresentam maior conteúdo de compostos fenólicos, e esses valores mais elevados dão origem a vinhos com mais qualidade, evidenciando propriedades organolépticas, como a cor, sabor, aroma, textura, estrutura e propriedades nutricionais (ABE et al., 2007; PERESTRELO et al., 2012).

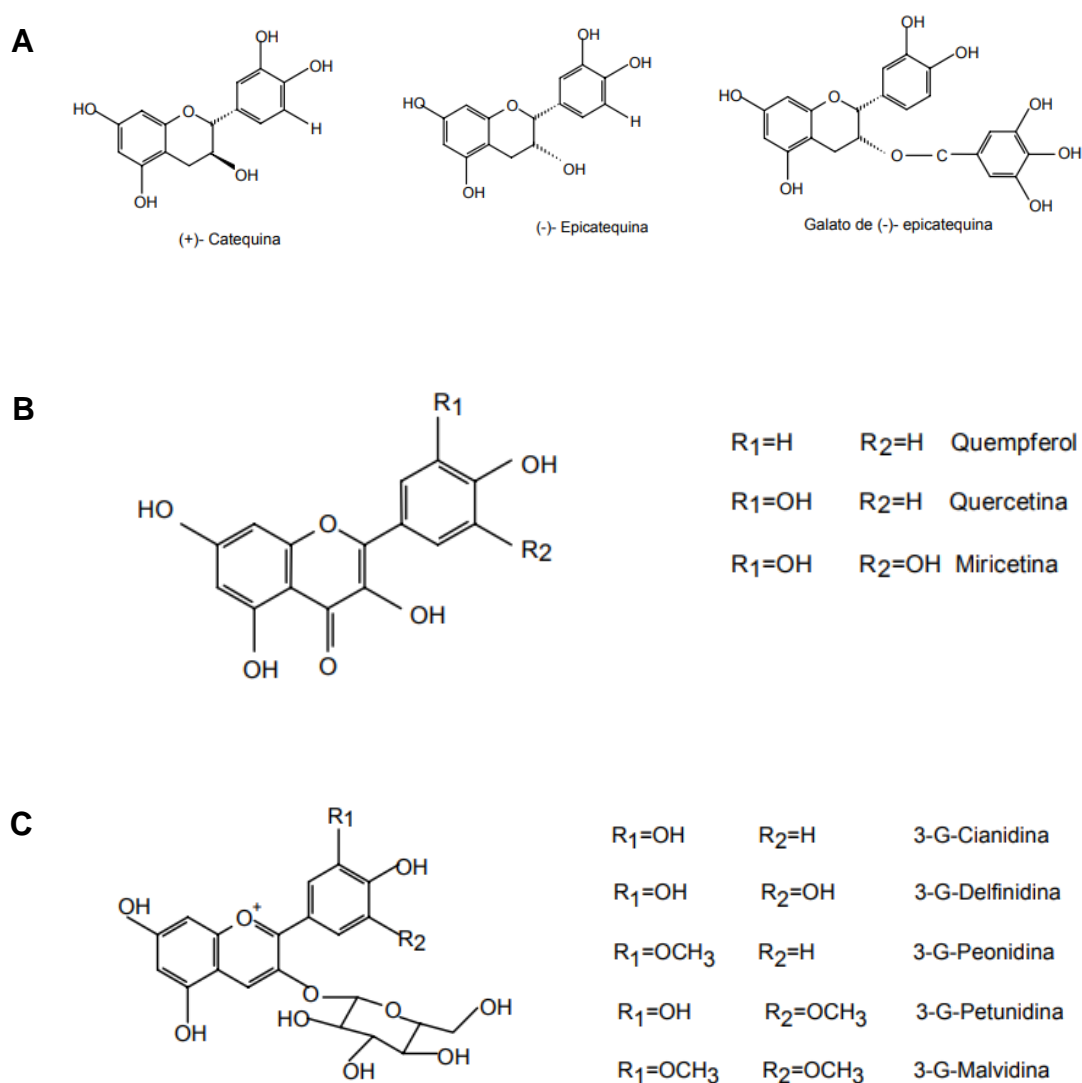


Figura 2.2. Estruturas dos flavanóis (A), dos flavonóis (B) e das antocianinas (C). Fonte: CABRITA et al. (2003)

2.4. Geomorfologia no Vale do Submédio São Francisco

A formação dos solos constitui um processo natural dos quais um dos fatores é o material de origem, isto é, o material geológico do qual os solos se formam em decorrência de transformações físicas, químicas e biológicas, e de processos de adições, perdas, transformações e translocações, que operam ações modificadoras, controladas pelos fatores climáticos, biológicos, relevo e tempo (JACOMINE et al., 1976). Em função da grande variação litológica da região do Submédio São Francisco, a geologia e o material de origem exercem papel de grande importância (CUNHA et al., 2008).

Com base na litologia, a qual evidencia as características do relevo e reflete a distribuição dos tipos de solos e a composição da vegetação, essa região foi caracterizada em sete unidades geoambientais, apresentando uma grande variedade de situações agroecológica. As unidades mais extensas são a “Depressão Sertaneja” e “Bacias Sedimentares”, cobrindo cerca de 65% da área. As demais unidades são “Superfícies Cársticas”, “Maciços e Serras Altas”, “Maciços e Serras Baixas”, “Áreas de Dunas Continentais” e “Chapada Diamantina” (SÁ et al., 2009).

A “Depressão Sertaneja” é a paisagem típica do semiárido nordestino, constituída por um embasamento Pré-Cambriano, caracterizada por uma superfície de pediplanação. O relevo é em grande parte suave-ondulado de média a grande amplitude com eixos de drenagem pouco marcados, enquanto que nas áreas periféricas mais dissecadas, o relevo passa a ser ondulado côncavo-convexo. Aproximando-se do leito do Rio São Francisco, o relevo passa a ser bastante monótono com vertentes convexas e incisões pouco profundas (CUNHA et al., 2008; SÁ et al., 2009). Nessa unidade geoambiental situa-se a maior parte dos vinhedos da região, pois segundo Dortzbach (2016), a pediplanação otimiza a insolação, atua na dinâmica da água, favorecendo a infiltração, o qual é um fator de definição de qualidade enológica, além de facilitar a mecanização.

Com coberturas sedimentares do Terciário e sedimentos aluvionares e eólicos do Quaternário, a geologia foi primordial para a inserção da agricultura na região do Vale do Submédio São Francisco, com excelente potencial de irrigação e fertilidade natural média. Embora possa apresentar limitações ligadas à profundidade, pedregosidade e regime hídrico (CUNHA et al., 2008).

2.5. Solos tropicais na vitivinicultura

Em escala local, o solo e o manejo são determinantes no potencial vitícola, sendo necessário conhecer a influência do solo na qualidade do vinho, pois é através do solo, e em particular de seus atributos, que incidem os fatores do ambiente sobre a videira e seus produtos (GÓMEZ-MIGUEL; SOTES, 2003). Além disso, o conhecimento do solo proporciona condições tecnológicas para melhorar a habilidade de se manejar o vinhedo.

Alguns atributos do solo podem conferir maior ou menor acidez no vinho, bem como influenciar na produção de polifenóis e componentes aromáticos na uva (GOULET; MORLAR, 2011). Dentre os principais atributos que podem intervir na qualidade do vinho, podemos citar a textura, profundidade efetiva, drenagem e fertilidade do solo (FLORES; FASOLO; PÖTTER, 1999; BRAMLEY; OUZMAN; BOSS, 2011; CHAVARRIA et al., 2011). Diversos autores relataram que a reserva de água no solo desempenha um papel importante na composição da uva e, conseqüentemente, do vinho (VAN LEEUWEN et al., 2004; PEREIRA et al., 2007).

Na fertilidade do solo, alguns elementos são importantes para que as videiras tenham um bom desenvolvimento, como o cálcio (Ca), que apresenta função estrutural na planta, o nitrogênio (N), que colabora na síntese de proteínas, o boro (B), essencial no florescimento e frutificação, o magnésio (Mg), componente da molécula da clorofila, o potássio (K), que auxilia no metabolismo, sendo vital para a fotossíntese, dentre outros elementos como ferro (Fe) e manganês (Mn), os quais são necessários na síntese de clorofila (SOUZA; FERNANDES, 2006; MEURER, 2006; VITTI; LIMA; CICARONE, 2006; DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Recomenda-se que o solo vitivinícola possua boa drenagem e profundidade superior a 40 cm, pois normalmente solos argilosos e úmidos podem fazer com que a planta ganhe muito vigor vegetativo e produza muitos frutos, porém, desaconselhável para a produção de vinhos de qualidade (MELO, 2003). Um estresse hídrico moderado na planta pode levar a produção de vinhos com melhor qualidade, devido ao aumento na concentração de açúcares, antocianinas e redução da acidez nas bagas, características desejáveis em uvas para elaboração de vinho (BRAVDO et al., 1985).

Essa relação solo e vinho é parte dos componentes no conceito *terroir*. Originário da França, *terroir* é um conceito amplo que reúne um conjunto de fatores que influenciam a qualidade do vinho. Efeitos do solo, do clima, exposição ao sol,

altitude e inclinação do terreno, variedade e idade da videira, sistemas de condução dos parreirais, ou seja, a intervenção do homem no plantio dos vinhedos e na elaboração do vinho, além de aspectos socioeconômicos e culturais somam características que vão expressar o caráter do vinho, sua personalidade e qualidade (MARC; CASTILHO, 2007).

No Vale do Submédio São Francisco, a cobertura pedológica está intimamente relacionada com o clima, o material de origem, a vegetação e o relevo, com predominância de solos nas classes dos Argissolos e Latossolos, ocorrendo também Neossolos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos e Luvisolos (CUNHA, 2008).

Os principais vinhedos da região estão localizados sobre materiais relacionados ao Pré-Cambriano, com cobertura sedimentar constituída por materiais arenosos, arenoargilosos, argiloarenosos e material macroclástico, principalmente concreções ferruginosas e seixos de quartzo. Encontra-se também pedregosidade superficial constituída de calhaus e cascalhos de quartzo e quartzito (BRASIL, 1974; CUNHA, 2008).

A *Vitis vinifera* apresenta grande capacidade de adaptação às mais diferentes condições edáficas, entretanto, para que atinjam a qualidade ideal, o solo deve armazenar calor, permitir enraizamento satisfatório, propiciar adequada fertilidade, porém, não excessiva, reter água, ser aerado e não apresentar compostos prejudiciais à videira (JACKSON; LOMBARD, 1993; ROCHA, 2004).

Segundo Colimo (2013), os solos alcalinos são adequados para produção de uvas ricas em açúcares, os argilosos, abundantes em ferro, produzem uvas ricas em matéria corante, que é o conjunto de compostos fenólicos, fundamentalmente do tipo antocianina e proantocianidina, responsáveis pela coloração dos vinhos. Amarante (1983) relatou que o tipo de solo mais recomendado à videira deve ser profundo, solto, pedregoso, com baixa concentração de areia e calcário, e acidez com pH situado entre 6,0 e 6,5.

Dessa forma, podemos dizer que a geologia atua diretamente na qualidade do vinho através da assembleia dos solos, topografia e profundidade, e indiretamente a partir das principais características pedológicas, como os atributos físicos e químicos, influenciando no desenvolvimento da videira, podendo causar efeitos na fisiologia das plantas, no metabolismo das uvas e na qualidade e tipicidade dos vinhos.

2.6. O solo como reservatório hídrico para vitivinicultura

A condição hídrica do solo tem relação direta sobre a composição da baga, principalmente no teor de açúcar, na acidez (ácido málico e tartárico), e nos compostos fenólicos (taninos, antocianinas, flavonoides, etc.) (CHONÉ et al., 2001; OJEDA et al., 2004).

As propriedades físicas do solo ligadas à regulação do consumo hídrico da videira, atuam de forma preponderante sobre a qualidade do vinho. Quando a água é retida mais fortemente pelo solo, as raízes reduzem a síntese de citocinina e o ácido abscísico se acumula nas folhas, conseqüentemente o crescimento diminui e os assimilados da fotossíntese se dirigem com prioridade em direção aos frutos (CHAMPAGNOL, 1978).

Segundo Silvestre (2003), a inibição do crescimento vegetativo induz uma maior mobilização dos glúcidos para os frutos, dessa forma, o estresse hídrico moderado pode aumentar o teor de açúcares das uvas. Por outro lado, o número de cachos produzidos pode ser menor, podendo produzir vinhos de melhor qualidade, pois a competição pelos fotoassimilados é reduzida (WILLIAMS, 2000). Já em condições de estresse hídrico severo, pode-se verificar uma redução da fotossíntese, devido ao fechamento dos estômatos, resultando numa menor acumulação de açúcares e menor acidez total (LOPES et al., 2001).

Tanto o excesso quanto a escassez de água são prejudiciais para o desenvolvimento das uvas para produção de vinhos. Em área cultivada sob irrigação, o volume de água deve obedecer aos ciclos da cultura, de forma que a demanda hídrica aumenta com o desenvolvimento da área foliar, atinge um máximo e é reduzida à medida que se aproxima do final do ciclo vegetativo, proporcionando a diminuição do desenvolvimento vegetativo. Nesta etapa, a planta passará a direcionar maiores concentrações de suas reservas para a composição dos frutos, favorecendo uma maior concentração de compostos na baga, o que é de fundamental importância para a produção de vinhos de qualidade (BRAVDO, 2004; ESTEBAN; VILLANUEVA; LISSARRAGUE, 2002; CORREIA, 2012).

Os solos com maior quantidade de argila por possuírem mais cargas, retêm mais água do que os arenosos e pedregosos. Como observado em trabalho realizado por Rosier, Carbonneau e Seguin (1995), o solo argiloso permitiu uma disponibilidade hídrica, à videira, mais regular que o arenoso, visto que, os valores de umidade

volumétrica do solo arenoso são inferiores à do solo argiloso. Entretanto, foi percebido também que o solo arenoso, possui uma profundidade explorável pelo sistema radicular superior.

O desenvolvimento da videira no período seco está relacionado ao tipo de solo e sua capacidade de armazenamento de água (GIOVANNINI; MANFROI, 2009). Solos com baixa capacidade de armazenamento de água podem fazer com que a planta passe por déficit hídrico nas épocas de maiores evapotranspirações (HARDIE; CONSIDINE, 1976), mesmo sendo irrigado, visto que normalmente a irrigação se dá por igual em áreas com solos de classes texturais diferentes.

Geralmente, os solos do Submédio São Francisco apresentam problemas relacionados à drenagem, ocasionados por camadas subsuperficiais adensadas, com maiores teores de argila, diminuindo a permeabilidade. Este fato, aliado à prática constante de irrigação ao longo do ano, pode levar ao armazenamento de água em subsuperfície nesses solos. Em consequência disso, mesmo quando ocorre a prática da irrigação, com déficit em parte do ciclo, a umidade do solo pode permanecer em valores elevados em profundidades abaixo de 80 cm (BASSOI et al., 2011; CORREIA, 2012).

Nessa região, é comum os solos apresentarem elevados teores de potássio (K), e segundo Rizzon e Miele (2006), grandes disponibilidades de água no solo acarreta uma absorção maior de potássio pela planta, que pode ocasionar a elevação do pH e diminuição da acidez total na uva, decorrente da precipitação desse cátion com o ácido tartárico.

De acordo com Rosier, Carbonneau e Seguin (1995), plantas de solos diferentes não possuem os mesmos consumos de água durante os diversos períodos de crescimento vegetativo. No início do ciclo vegetativo, o consumo hídrico é maior nas plantas que estão sobre o solo arenoso, pois neste solo o desenvolvimento das videiras é mais precoce, em consequência do maior aquecimento do solo e da fácil liberação de água. Dessa forma, as plantas apresentam, precocemente, maior massa vegetativa, e conseqüentemente, maior consumo hídrico.

Com isso, observa-se que as características físico-químicas dos solos apresentam papel importante na regularidade da disponibilidade hídrica das videiras, uma vez que os solos com maior quantidade argila, normalmente, apresentam maior retenção de água permitindo uma alimentação hídrica mais regular, com obtenção de melhor maturação das uvas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, L. T.; DA MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de uvas *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200032>
- ALMELA, L.; MARTINEZ, D.; GOMEZ-PLAZA, E.; MARTINEZ, A. Influence of pruning and fertigation on the colour of wines from Monastrell grapes. **Investigacion Agraria: Produccion y Protección Vegetales**, Espanha, v. 14, n. 3, p. 423-435, 1999.
- AMARANTE, J. O. A. **Vinhos: do Brasil e do mundo, para conhecer e beber**. São Paulo: Summus Editorial, 1983. 157p.
- BARROS, A. P. A. **Influência da cepa de levedura na composição fenólica e aromática de vinhos da cv. Syrah no Vale do Submédio São Francisco**. 2013. 96f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013.
- BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah / Paulsen 1103. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 395-402, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/72939>
- BRAMLEY, R. G. V.; OUZMAN, J.; BOSS, P. K. Variation in vine vigour, grape yield and vineyard soils and topography as indicators of variation in the chemical composition of grapes, wine and wine sensory attributes. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 17, p. 217–229, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00136.x>
- BRASIL. Ministério do Interior. **Mapa geológico**: Escala 1:25.000.000. Recife: SUDENE, DRN, 1974.
- BRAVDO, B. A. Effect of cultural practices and environmental factors on wine production and quality. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 652, 119-124, 2004. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.652.13>
- BRAVDO, B.; HEPNER, Y.; LOINGER, C.; COHEN, C.; TABACMAN, H. Effect on irrigation and crop level on growth yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 36, p. 132-139, 1985.
- CABRITA, M. J.; RICARDO-DA-SILVA, J.; LAUREANO, O. Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE VITIVINICULTURA. **Anais...** Ensenada, México, 2003.
- CAMARGO, U. A.; PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C. Wine grape cultivars adaptation and selection for tropical wines. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 919, p. 121-129, 2011. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.910.9>

CANTOS, E.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC-DAD-MS-MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 20, p. 5691-5696, 2002. <https://doi.org/10.1021/jf0204102>

CHAMPAGNOL, F. Aspects physiologiques de la qualité de la vendange. **Progrès Agricole et Viticole**, Montpellier, v. 9, p. 3-12, 1978.

CHAVARRIA, G.; BERGAMASCHI, H.; SILVA, L. C. da.; SANTOS, H. P. dos.; MANDELLI, F.; GUERRA, C. C.; FLORES, C. A.; TONIETTO, J. Relações hídricas, rendimento e compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 481-487, 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011005000004>

CHONÉ, X.; LEEUWEN, C. V.; DUBORDIEU, D.; GAUDILLÈRES, J. P. Stem water potencial is sensitive indicator of grapevine water status. **Annals of Botany**, London, v. 87, p. 477-483, 2001.

COLIMO, A. G. S. C. **Avaliação do teor de metais e aminos biogênicos nos vinhos produzidos a partir de uvas cultivadas em solos condicionados com subprodutos de xisto**. 2013. 80f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013.

CORREIA, J. S. **Irrigação deficitária em videira de vinho cv. Syrah durante o período chuvoso no semiárido**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M.S.L.; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: Potencialidades e Limitações para Uso Agrícola**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido; 2008. (Boletim técnico, 211).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: Fernandes, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. cap. XIII, p.328-354.

DORTZBACH, D. **Caracterização dos solos e avaliação da aptidão agrícola das regiões produtoras de vinhos finos de altitude de Santa Catarina**. 2016. 192 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

ESTEBAN, M. A; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE J. R. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 81, n. 4, p. 409-420, 2001. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200103\)81:4<409::AID-JSFA830>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200103)81:4<409::AID-JSFA830>3.0.CO;2-H)

FLORES, C. A.; FASOLO, P. J.; PÖTTER, R. O. Solos: levantamento semidetalhado. In: FACALDE, I.; MANDELLI, F. **Vale dos vinhedos: caracterização geográfica da região**. Caxias do Sul: EDUCS, 1999. p. 87-137.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e enologia**: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros. Bento Gonçalves: IFRS, 2009. 344 p.

GÓMEZ-MIGUEL, V.; SOTES, V. The zoning of terroirs in Spain. In: FREGONI M.; SCHUSTER, D.; PAOLETTI A. (Ed.). **Terroir-Zonazione-Viticultura: trattato internazionale Phytoline**. 2003. p. 187-226.

GOULET, E.; MORLAT, R. The use of surveys among wine growers in vineyards of the middle-Loire Valley (France), in relation to terroir studies. **Land Use Policy**, Holanda, v. 28, n. 4, p. 770-782, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.003>

GUERRA, C. C.; ZANUS, M. C. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. Embrapa Uva e Vinho, Sistema de Produção 4. ISSN 1678-8761, versão eletrônica, 2003.

GUERRERO, R. F.; LIAZID, A.; PALMA, M.; PUERTAS, B.; GONZÁLEZ-BARRIO, R.; GIL-IZQUIERDO, A.; GARCÍA-BARROSO, C.; CANTOS-VILLAR, E. Phenolic characterisation of red grapes autochthonous to Andalusia. **Food Chemistry**, Barking, v. 112, p. 949-955, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.014>

HARDIE, W. J.; CONSIDINE, J. A. Response of grapes to water-deficit stress in particular stages of development. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 27, p. 55- 61, 1976.

HORA, G. B. do; XAVIER, M. G. P.; MATTOSINHO, C. M. S. **Inovação na indústria vitivinícola do Vale do Submédio São Francisco**. 1 ed. Aracaju: IFS, 2016. p. 20-24.

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

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. M.; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco Estado da Bahia**. Recife: Embrapa/SNLCS; 1976. (Boletim técnico, 38).

LIMA, L. L. A. **Caracterização e estabilização dos vinhos elaborados no Vale do Submédio São Francisco**. 2010. 140f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2010.

LIMA, M. V. D. O. **Perfil enológico de uvas viníferas cultivadas no Vale do Submédio São Francisco**. 2011. 119f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2011.

LOPES, C.; VICENTE-PAULO, J.; SANTOS, T.; RODRIGUES, M. L.; BARROSO, J.; CHAVES, M. M. An attempt to quantify grapevine water stress in a Mediterranean environment. **12èmes Journées GESCO**, Montpellier, v. 1, p. 43-48. 2001.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 233-252, 2004.

MARC, C.; CASTILHO, R. **Larousse do Vinho**. 2 ed. Larousse Brasil, São Paulo. 2007. p. 84.

MELO, L. **Adubação para videira**. Curso de capacitação técnica em viticultura. Módulo I, 2003.

MEURER, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. cap. XI, p. 282-298.

MUÑOZ-ESPADA, A. C.; WOOD, K. V.; BORDELON, B.; WATKINS, B. A. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch Grapes and wines. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 52, n. 22, p. 6779-6786, 2004. <https://doi.org/10.1021/jf040087y>

MOTA, R. V.; AMORIM, D. A. de.; FÁVERO, A. C.; GLORIA, M. B. A.; REGINA, M. de A. Caracterização físico-química e amins bioativas em vinhos da cv. Syrah I – Efeito do ciclo de produção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 380-385, 2009.

NAUDI, C.; FLAVIGNY, L. **Larousse des vins tous les vins du monde**. Paris: Larousse, 2001.

OJEDA, H. Rega qualitativa de precisão. Enovitis, **Revista Técnica de Viticultura e Enologia**, n. 12, p.4-20. 2008.

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; WANG, Z.; CARBONNEAU, A. Determinación y control del estado hídrico de la vid: efectos morfológicos y fisiológicos de la restricción hídrica em vides. **Viticultura Enologia Profesional**, Castelldefels, v. 90, p. 27-43, 2004.

PEREIRA, G. E.; ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, J. de O.; OLIVEIRA, V. S.; NASCIMENTO, R. L.; QUINTINO, C.; VANDERLINDE, R.; LIMA L. L. A. Chemical and aromatic characteristics of Brazilian tropical wines. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 910, p.135-140, 2011. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.910.11>

PEREIRA, G. E.; GAUDILLÈRE J. P.; VAN LEEUWEN, C.; HILBERT, G.; MAUCOURT M.; DEBORDE, C.; MOING, A.; ROLIN, D. H-NMR metabolic profiling of wines from three cultivars, three soil types and two contrasting vintages. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 41, n. 2, p. 103-109, 2007. <https://doi.org/10.20870/oenone.2007.41.2.850>

PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C.; MANFROI, L. Vitivinicultura e Enologia. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Ed.). **A vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Embrapa Informação tecnológica, Capítulo 16, p. 677-724. 2009.

PERESTRELO, R.; LU, Y.; SANTOS, S. A. O.; SILVESTRE, A. J. D.; NETO, C. P.; CÂMARA, J. S.; ROCHA, S. M. Phenolic profile of sercial and tinta negra *Vitis vinifera* L. grape skins by HPLC–DAD–ESI–MSn Novel phenolic compounds in *Vitis vinifera* L. grape. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, p. 94-104, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.102>

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in plant science**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 152-159, 1997. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)

RIZZON, L. A; MIELE, A. Efeito da safra vitícola na composição da uva, do mosto e do vinho Isabel da Serra Gaúcha, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 3, p. 959-964, 2006.

ROCHA, H. A. **Polifenóis de interesse biológico em vinhos tintos finos produzidos no Vale do São Francisco**. 2004. 81p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

ROSIER, J. P.; CARBONNEAU, A.; SEGUIN, G. Consumo hídrico da videira em função do tipo de solo e do sistema de condução. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 819-824, 1995.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, A. S.; SILVA, D. F. Caracterização Ambiental do Vale do Submédio São Francisco. In: LIMA, M. A. C.; SÁ, I. B.; KILL, L. H. P.; BORGES, R. M. E.; LIMA NETO, F. P.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C.; SILVA, A. S.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. (Ed.). **Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco: Uva de Mesa e Manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido. 2009. p.8-15. (Sérios Documentos, 222).

SATO, M.; RAMARATHNAM, N.; SUZUKI, Y.; OHKUBO, T.; TAKEUCHI, M.; OCHI, H. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 44, n. 1, p. 37–41, 1996. <https://doi.org/10.1021/jf950190a>

SILVESTRE, J. **Evapotranspiração e funcionamento hídrico em *Vitis vinifera* L.** 2003. 219p. Tese (Doutorado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: Fernandes, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. cap. IX, p.216-280.

SOUZA, R.C.A.; CORDEIRO, T.S.T. **Turismo: reflexões sobre a dimensão territorial**. Salvador: Editora Unifacs, 2014. p. 194.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F.; ZANUS, M. C.; GUERRA, C. C.; PEREIRA, G. E. O clima vitícola das regiões produtoras de uvas para vinhos finos do Brasil. In: TONIETTO, J. RUIZ, V. S.; GÓMEZ-MIGUEL, V. (Ed.). **Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas**. Madrid: CYTED, 2012. parte II, p. 113-143.

VAN LEEUWEN, C.; TRÉGOAT, O.; CHONÉ, X.; JAECK, M. E.; RABUSSEAU, S.; GAUDILLÈRE, J. P. Le suivi du regime hydrique et son incidence sur la maturation du raisin. **Bulletin de l'OIV**, França, v. 76, p. 367-379, 2003.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONÉ, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. Influence of climate, soil and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, n. 3, p.207-217. 2004.

VINHOVASF - INSTITUTO DO VINHO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Notas técnicas**. Disponível em: <https://www.vinhovASF.com.br/site/arquivos/NotasTecnicas.pdf>. Acesso em 5 de outubro 2018.

VINITUDE. Syrah a peróla do Ródano. **Clube dos vinhos**. Revista Setembro 2013. Disponível em <https://www.clubedosvinhos.com.br/syrah-a-perola-do-rodano/>

VINITUDE. Tempranillo, a nobre uva da Espanha. **Clube dos vinhos**. Revista Junho 2016. Disponível em <https://www.clubedosvinhos.com.br/tempranillo-a-nobre-uva-da-espanha/>

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: Fernandes, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. cap. XII, p. 300-325.

WILLIAMS, L. E. Grapevine water relations. In: CRISTENSEN, P. L. (Ed.) **Raisin production manual**. University of California, Agriculture & Natural Resources, Oakland, 2000. p.121-126.

3. ATRIBUTOS DE SOLOS SOB VINHEDOS NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

RESUMO

O solo é de extrema importância no desenvolvimento dos vinhedos, pois além de sustentar e nutrir, ainda é responsável pela absorção de luz e calor do sol, para transferir em forma de energia à videira. No presente trabalho, pretende-se fornecer informações sobre os atributos de solos sob vinhedos da região do Vale do Submédio São Francisco, e sua relação com os nutrientes nas folhas, contribuindo com subsídios para o desenvolvimento da vitivinicultura, que podem refletir na tipicidade do vinho. Nesse sentido, foram selecionados cinco tipos de solos, sob cultivos de variedades viníferas Tempranillo e Syrah conduzidas em sistema espaldeira ascendente. Os solos selecionados nos vinhedos foram: um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) de textura argilosa, e quatro Argissolos Amarelos (PA1, PA2, PA3 e PA4), os quais apresentavam textura, média/argilosa, média/argilosa cascalhenta, média cascalhenta e arenosa/média, respectivamente. Foram determinadas as propriedades morfológicas em campo e em laboratório determinou-se os atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos, assim como análises de nutrientes nas folhas de Tempranillo e Syrah. Constatou-se que a relação entre os elementos químicos do solo, influencia na absorção dos nutrientes pelas plantas, e apesar dos diferentes tipos de solos, apresentarem composição química diferente, não foram verificadas diferenças significativas entre os nutrientes na análise foliar das videiras na fase de maturação. Os Argissolos Amarelos apresentaram horizontes com maiores valores de densidade do solo, a qual pode ser fator impeditivo para a infiltração de água no solo, podendo comprometer a qualidade das uvas.

Palavras-chave: Vitivinicultura. Solos tropicais. Caracterização química e física dos solos. Diagnose foliar.

3. SOILS ATTRIBUTES UNDER VINEYARDS IN THE SUB-MIDDLE SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT

Soil is of extreme importance in the development of vineyards, because in addition to sustaining and nourishing, it is still responsible for the absorption of light and heat from the sun, to transfer energy to the vine. The present work intends to provide information about the attributes of soils under vineyards in the region of the São Francisco Valley, and its relation with the nutrients in the leaves, contributing with subsidies for the development of wine production, which may reflect on the typicality of the wine. In this sense, five types of soils were selected, under crops of Tempranillo and Syrah grape varieties conducted in a espalier system. The soils selected in the vineyards were: an Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) of clay texture, and four Argissolos Amarelos, (PA1, PA2, PA3 e PA4), which presented texture, medium/clayey, medium/clayey, sandy/medium, respectively. Morphological characteristics were determined in the field, and the physical, chemical and mineralogical attributes of the soils were determined in the laboratory, and nutrient analyzes were performed on the Tempranillo and Syrah leaves. It was verified that the relationship between the chemical elements of the soil, influence in the nutrients absorption by the plants, and despite the different types of soils, presented different chemical composition, no significant differences between the nutrients were verified in the leaf analysis of the vines in the maturation. The Argissolos Amarelos presented horizons with higher values of soil density, which can be an impeding factor for the infiltration of water in the soil, which could compromise the quality of the grapes.

Key words: Vitiviniculture. Tropical soils. Chemical and physical characterization of soils. Foliar diagnosis.

3.1. INTRODUÇÃO

O cultivo de uvas viníferas (*Vitis vinifera*) no Vale do Submédio São Francisco é recente. O pioneirismo veio em meados da década de 80 do século passado e o primeiro vinho fino feito foi o Boticelli, que conseguiu se firmar no mercado nacional, fazendo com que a região tivesse, na década seguinte, um expressivo crescimento agrícola com a instalação de várias empresas vinícolas (SILVA; CORREIA; SOARES, 2009).

Segundo dados do Instituto do Vinho do Vale do São Francisco (VINHOVASF), o Vale do Submédio São Francisco representa a segunda região produtora de vinhos finos do Brasil, representando 15% do mercado nacional, com produção de cerca de 7 milhões de litros de vinhos finos por ano, em uma área de aproximadamente 700 hectares, distribuídas em 6 empresas vinícolas, sendo 5 localizadas em Pernambuco e 1 na Bahia, empregando direta e indiretamente, aproximadamente 30 mil pessoas.

Os vinhos possuem características organolépticas, na qual sua qualidade e tipicidade são definidas pelos fatores de produção, que são a expressão tanto de fatores intrínsecos, como a variedade da videira, como também dos extrínsecos, como clima e solo e os fatores humanos peculiares da região (TONIETTO, 2001).

Em escala regional, o clima destaca-se como determinante no potencial vitícola, entretanto, considerando uma escala local, outros fatores assumem grande importância, como por exemplo o solo e o manejo. Segundo Goulet e Morlat (2011), um dos fatores ambientais mais importantes para o desenvolvimento dos vinhedos é o solo, com importância direta na vitivinicultura, pois além da nutrir e sustentar, ele desempenha um papel de extrema importância nos vinhedos: absorver luz e calor, para transferir em forma de energia à videira. No entanto, a importância do solo na vitivinicultura ainda é tratada como fator secundário pela maioria dos agricultores dessa região, quando comparado ao clima e manejo das videiras (SANTOS, 2006).

No contexto geológico, verifica-se que o Vale do Submédio São Francisco apresenta uma grande variação pedológica, pois os solos dessa região são originados a partir de rochas e sedimentos que integram formações referidas a períodos diversos. Além disso, o material originário pode ser desenvolvido tanto de uma única fonte como de várias, e sabe-se, que quanto maior a variação dos fatores de formação do solo, principalmente do material de origem, clima e do relevo, maior será a heterogeneidade dos solos (JACOMINE et al., 1976; CUNHA et al., 2008). Adiciona-se ainda o efeito

antrópico nos solos cultivados, como fonte de variação. Assim, os solos variam continuamente no espaço. A determinação dos atributos do solo, fatores básicos na condução de vinhedos e planejamento da produção, no intuito de obter qualidade na produção da uva, possibilita estabelecer a tipicidade dos produtos.

Em levantamento para Indicação de Procedência Vale do São Francisco, foi identificado que a videira, nessa região, é cultivada em diferentes classes de solos, com profundidades oscilando em torno de 1,50 m, encontrando-se, em maiores destaques, nesses cultivos, os Latossolos e Argissolos (BORGES; SOARES; LIMA, 2009).

Algumas propriedades dos solos variam mais rapidamente, como pH e disponibilidade de nutrientes, os quais influenciam diretamente nas características das uvas, como sabor, acidez, teor de açúcares, cor, dentre outras. Dessa forma, quando não se tem uma aplicação balanceada de nutrientes, objetivando a qualidade do vinho, este obterá qualidade inferior, com menor competitividade.

Portanto, torna-se necessário avaliar a influência do solo, na qualidade do vinho, pois é através deste, e em particular de seus atributos, que incidem os fatores do ambiente sobre a videira e seus produtos (GÓMEZ-MIGUEL; SOTES, 2003). No entanto, segundo Miele et al. (2010), ainda existem poucos estudos no Brasil que integrem regiões, variedades e vinícolas, fundamentais para delimitação de IGs e caracterização de *terroir*.

Assim, levando-se em consideração a ascensão da vitivinicultura no Vale do Submédio São Francisco e a influência dos atributos físicos e químicos dos solos no potencial enológico de uvas viníferas produzidas nessa região, pretende-se, com este estudo, fornecer informações sobre os atributos de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco e sua relação com os nutrientes nas folhas, contribuindo com subsídios para o desenvolvimento da vitivinicultura, que podem refletir na tipicidade do vinho.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

A seleção das áreas foi realizada após levantamento exploratório por meio de tradagens, com o intuito de obter diferentes tipos de solos sob cultivos de uvas viníferas de mesma variedade, com os mesmos tratamentos culturais e manejos da planta,

do solo e irrigação. As maiores vinícolas da região foram visitadas em busca de áreas adequadas para o estudo.

Dessa forma foram selecionados três perfis de solo em uma vinícola comercial, localizada no município de Lagoa Grande em Pernambuco sob o cultivo de uva vinífera cv. Tempranillo enxertada no porta enxerto IAC 572. E dois perfis em outra vinícola comercial, localizada no município de Casa Nova na Bahia sob vinhedo com cv. Syrah com porta enxerto IAC 766 (Figura 3.1). Na vinícola de Lagoa Grande e na de Casa Nova os solos analisados encontravam-se sob vinhedos instalados há oito e sete anos, respectivamente, em sistema de condução tipo espaldeira ascendente.

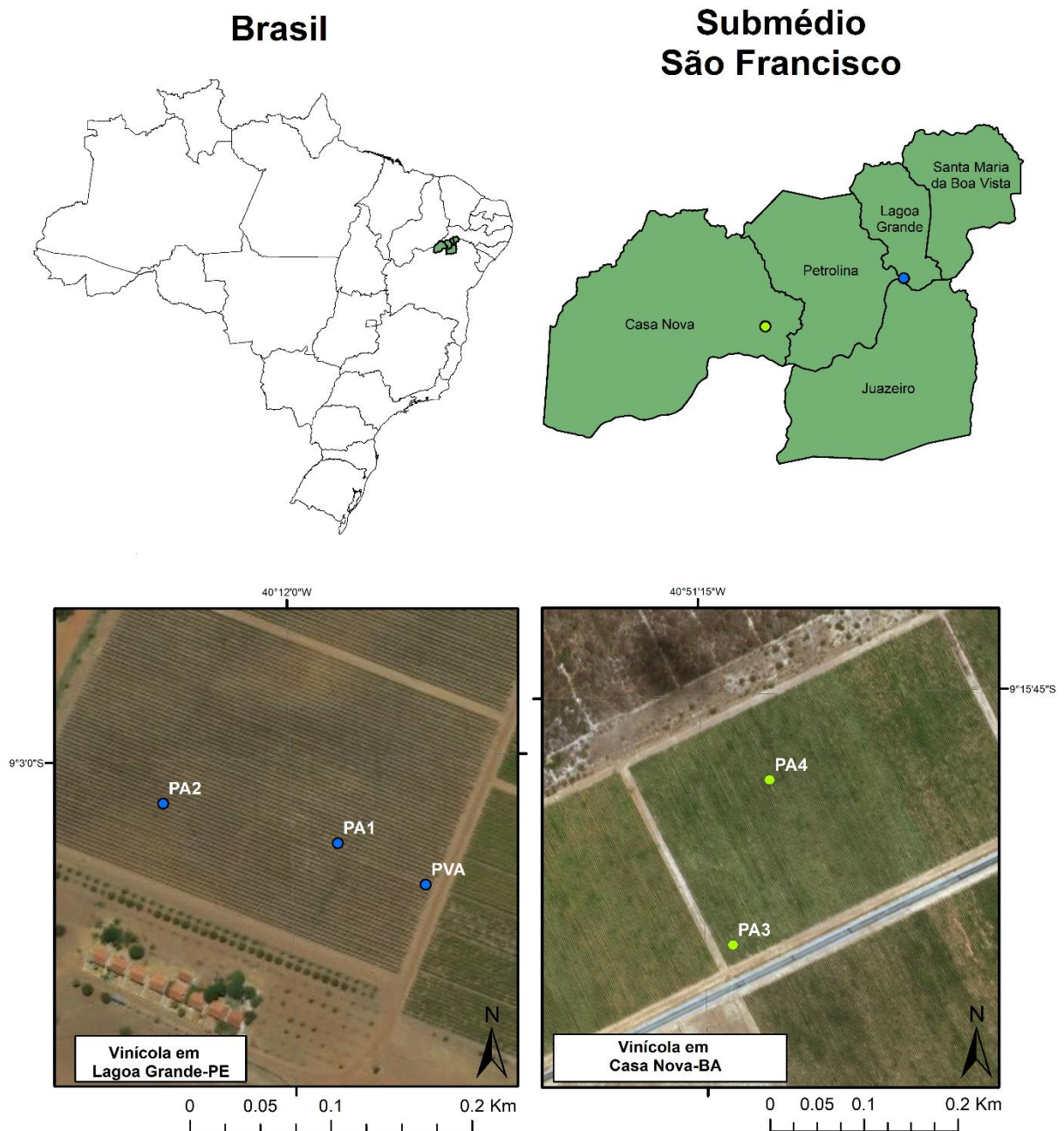


Figura 3.1. Localização geográfica dos perfis de solo, sob vinhedos, analisados

As trincheiras foram abertas paralelas às fileiras de plantas e as descrições morfológicas dos perfis e a coleta das amostras com estrutura deformada e indeformada, para as determinações analíticas, realizaram-se conforme recomendações do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015). A classificação taxonômica dos solos foi realizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018): ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico (PVA), ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático (PA1), ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático (PA2), ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico (PA3), ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico (PA4) (Figura 3.2).

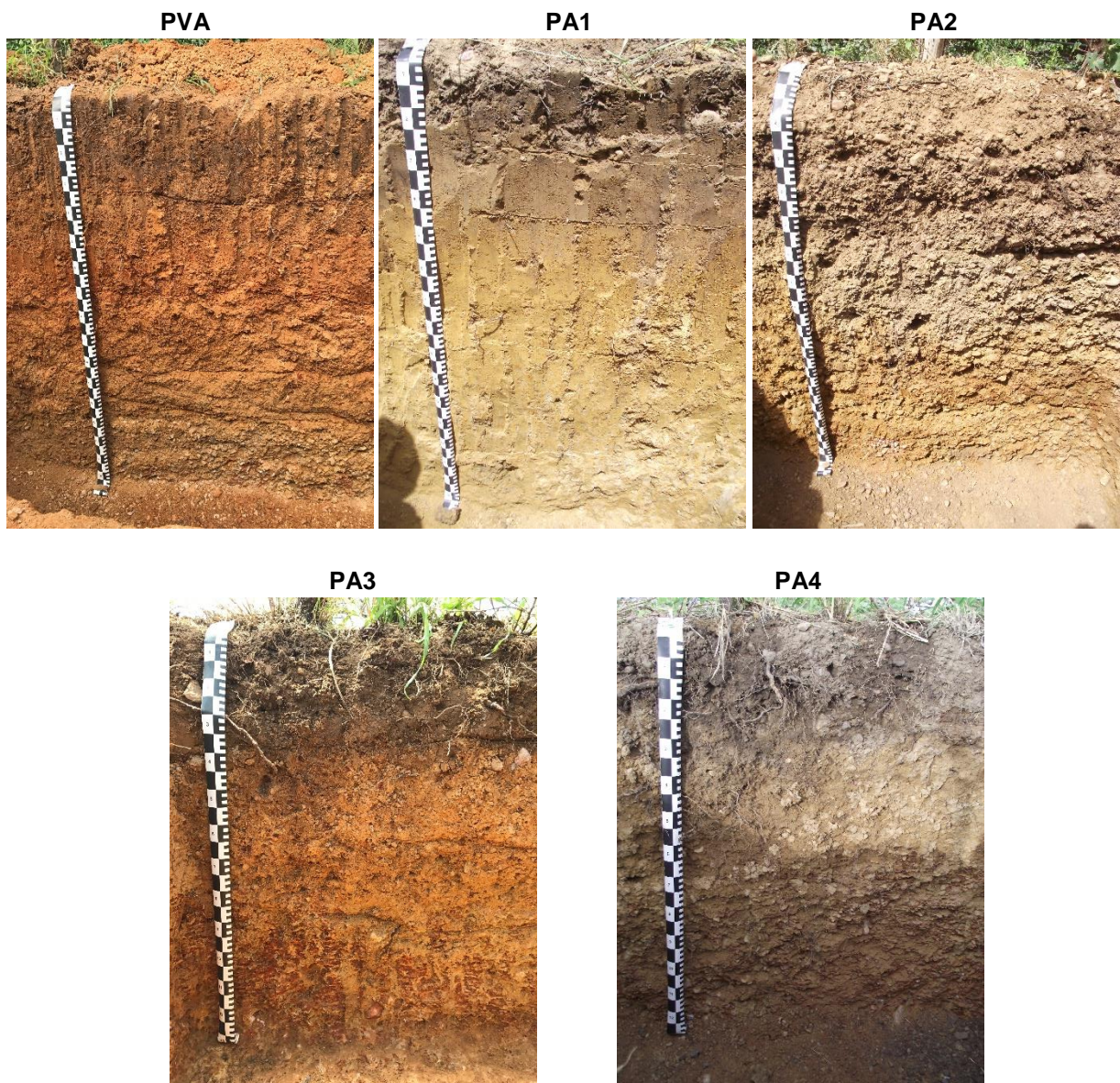


Figura 3.2. Perfis de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco

A caracterização física foi realizada determinando-se a composição granulométrica e argila dispersa em água pelo método do densímetro, descrito em Almeida et al. (2012), e os valores obtidos foram usados para calcular o grau de floculação do solo. A densidade do solo foi realizada pelo método do anel volumétrico, conforme sugere Grossman e Reinsch (2002) e torrão parafinado (BLAKE; HARTGE, 1986), e a densidade da partícula pelo método do balão volumétrico, utilizando-se álcool etílico (FLINT; FLINT, 2002). A porosidade total foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco, em estufa a 105 °C, por 24 horas.

Na caracterização química, determinou-se: o pH em água e KCl 1 mol L⁻¹ (1:2,5); sódio e potássio trocáveis por fotometria de chama, após extração com Mehlich-1; alumínio, cálcio e magnésio trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica, após extração com KCl 1 mol L⁻¹; acidez potencial (Al + H), por titulação com solução de NaOH, na presença de fenolftaleína como indicador e extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7; fósforo disponível, por colorimetria em presença de ácido ascórbico, após extração com solução de Mehlich-1; ferro, manganês, cobre e zinco por espectrofotometria de absorção atômica, após extração com solução de Mehlich-1 (EMBRAPA, 2017). O carbono orgânico total pelo método de Walkley e Black modificado por Yoemans e Bremner (1988). Condutividade elétrica do extrato de saturação, como descrito por Richards (1954). Foram obtidos por cálculos a soma de bases (SB), a capacidade de troca de catiônica (T), a saturação por bases (V) e a porcentagem de saturação por sódio (PST).

Para caracterização mineralógica do cascalho (2 – 20 mm), foi realizada a lavagem com NaOH 1 mol L⁻¹ e em seguida, usou-se os métodos de homogeneização e quarteamento, utilização de ímã para separação dos minerais magnéticos, e descrição das propriedades físicas e estado de alteração dos minerais, como proposto por Pereira et al. (2005). Foram realizados microtestes químicos, com uso de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e ácido clorídrico a 10%, mas não foram detectados minerais, nem recobrimento de minerais, agregados e/ou concreções constituídos com óxido de manganês e carbonatos, respectivamente.

As amostras para a análise foliar foram coletadas no início da maturação das bagas, ou seja, no estágio do pintor. Em cada solo foram amostradas 30 plantas, sendo 10 plantas por repetição, coletando, por planta, 3 folhas completas e sadias recém-maduras opostas ao cacho, segundo metodologia de Terra (2003). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao laboratório,

onde foram determinados os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), de acordo com metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Os atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos foram dispostos em tabelas, de modo a caracterizá-los. Os dados da análise foliar foram analisados por meio de estatística descritiva para caracterização das variáveis estudadas, os resultados foram submetidos à análise estatística de variância, e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do programa estatístico Sisvar.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Atributos morfológicos e físicos dos solos

O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico (PVA) apresenta profundidade maior que 160 cm e sequência de horizontes Apf, Btf1, Btf2, Btf3, Cr, que indicam relevante acumulação de argila (t) e material plíntico (f). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), classes de solos com plintita estão relacionadas a ciclos alternados de umedecimento e secagem por longos períodos de tempo. Geralmente, os altos níveis do lençol freático favorecem o processo de redução química dos compostos de ferro, promovendo o transporte, mobilização e concentração desses compostos nos solos. A cor apresentou variações ao longo do perfil, com matiz 10YR no horizonte Apf, 5YR nos horizontes Btf1 e Btf2 e 2,5Y no horizonte Btf3, em que essas cores mais avermelhadas são favorecidas pela localização do perfil em pedoforma convexa. A partir do horizonte Btf1, existem mosqueados com matiz 10YR, associados a plintita, devido a drenagem moderada.

As raízes são distribuídas ao longo do perfil, sendo muitas e grossas em Apf, comuns médias e finas em Btf1, Btf2 e Btf3 e raras finas em Cr, associadas a consistência plástica e pegajosa (Tabela 3.1) e ao incremento de argila nos horizontes subsuperficiais (Tabela 3.2). Segundo Gerard et al. (1982), com o aumento do teor de argila a alongação das raízes torna-se menor, entretanto, este efeito de diminuição nos solos mais argilosos pode ser amenizado com a maior retenção de água desses solos.

Praticamente não houve variação da densidade do solo (D_s) ao longo do perfil, além disso, pode-se notar que a porosidade total (P_t) aumentou nos horizontes subsuperficiais, passando de 34% no horizonte Ap para 42-44% nos Btf, inferindo um melhor arranjo das partículas desse solo (Tabela 3.2). A estrutura é fraca, pequena, do tipo granular, e fraca, média em blocos angulares no horizonte Apf; moderada, pequena e média em blocos angulares entremeada com pequenos cascalhos nos horizontes Btf1 e Btf2; e fraca, pequena e média em blocos angulares no horizonte Btf3.

O ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto (PA1) apresenta profundidade superior a 150 cm e sequência de horizontes Ap, E, Bt, Btg1 e Btg2. A pedoforma côncava onde o perfil está localizado favorece a drenagem imperfeita e, conseqüentemente, a ocorrência de reações de redução, caracterizando a gleização (g). A cor apresenta-se com matiz 10YR nos horizontes Ap, E e Bt e coloração variegada composta de vermelho (2,5YR 4/8), cinzento (10YR 6/1) e amarelo-brunado (10YR 6/6) nos horizontes Btg1 e Btg2, por efeito da flutuação do nível do lençol freático.

Encontra-se muitas raízes grossas no horizonte Ap, em E e Bt comuns médias e finas, poucas médias e finas em Btg1 e raras finas em Btg2. A partir do horizonte Bt tem-se um incremento de argila (Tabela 3.2), com gradiente textural de 1,88. Estando esses resultados de acordo com o estudo de Nagarajah (1987), onde em solos argilosos as videiras tendem a apresentar raízes com distribuição menos homogênea, quando comparado a solos arenosos. A consistência muito dura, quando seca, firme, quando úmida, e plástica e pegajosa quando molhada, no horizonte Btg1, também impede o crescimento do sistema radicular (QUEIROZ et al., 2018).

A argila dispersa em água (ADA), apresentou valores elevados em profundidade, o que o distinguiu dos demais solos estudados, conseqüentemente com menor grau de floculação (GF) (Tabela 3.2). Como neste solo, em profundidade ocorre gleização, ou seja, o Fe^{3+} é reduzido a Fe^{2+} , o qual é mais solúvel e, portanto, facilmente retirado do sistema, possa estar ocorrendo o predomínio de cargas negativas e influenciando na maior dispersão das partículas do solo. Outro possível fator para a elevada dispersão no horizonte Btg2 do perfil PA1 é o teor de Mg (7 $cmol_c kg^{-1}$) superior ao de Ca (5,3 $cmol_c kg^{-1}$). Corrêa et al. (2003) observaram que o valor de argila dispersa aumentava em função do efeito dispersante promovido pelo íon Mg. Nos horizontes superficiais, comumente se encontra valores de ADA elevados em

solos cultivados, devido ao revolvimento superficial, aplicação de fertilizantes e matéria orgânica (BENITES; MENDONÇA, 1998; CAMPOS et al., 2018). A densidade do solo também foi maior nos horizontes gleizados (Btg1 e Btg2), favorecida pela compactação causada pela massa das camadas superiores e a elevada umidade destes horizontes. Segundo Braga et al. (2015), a elevada umidade reduz a capacidade de suporte de carga, pois o solo nessa condição adquire condição plástica, ficando susceptível a deformações não recuperáveis, podendo assim, aumentar significativamente o risco de compactação quando são trafegados por máquinas.

O ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto (PA2) apresenta profundidade superior a 150 cm e sequência de horizontes Ap, A, E, Bt, Btc, com transição clara e plana entre os horizontes Ap, A e E, abrupta e plana entre E e Bt e difusa e plana entre Bt e Btc. Abaixo de 120 cm (Btc) foi encontrada concreções de ferro (c) devido aos minerais de Fe das plintitas tornarem-se mais consolidados, transformando-se em petroplintitas (EMBRAPA, 2018). Possivelmente nessa profundidade havia um acúmulo de água e após a realização do dreno lateral, estas secaram irreversivelmente, tornando-se endurecidas. A cor encontra-se na matiz 10YR até 70 cm do solo (Ap, A, E), abaixo disso, o horizonte Bt apresenta matiz 7,5YR, com mosqueado vermelho (2,5YR 4/6), e o horizonte Btc com coloração variegada composta de vermelho escuro (2,5YR 3/6), bruno-amarelado (10YR 5/6 e 10YR 5/8). A estrutura apresenta-se de forma geral fraca, de tamanho pequeno, sendo dos tipos granular e em blocos angulares, e a consistência não plástica e não pegajosa nos horizontes Ap, A, E, plástica e pegajosa em Bt e ligeiramente plástica e pegajosa em Btc. Esse comportamento está associado à fase muito pedregosa desse perfil de solo, com apenas 30% de terra fina (< 2 mm), sendo os 70% constituído de cascalhos e calhaus (SANTOS et al., 2015) (Tabela 3.2).

Em regiões de clima temperado, com temperaturas amenas, como França, Espanha e Portugal são comumente encontrados vinhedos sobre solos bastante pedregosos, pois estes retêm o calor do sol para transferir a energia às videiras durante a noite, melhorando a maturação das uvas e resultando em vinhos encorpados (LALAS, 2016). Já a região do Vale do Submédio São Francisco, localizada em clima semiárido, com altas temperaturas o ano inteiro, a alta pedregosidade tende a ser prejudicial ao vinhedo. Silva et al. (2007) avaliou a qualidade de uvas e vinhos cv. Syrah no nordeste do Brasil, em solos com presença

e ausência de pedregosidade, observando que o solo sem pedras apresentou melhores resultados para as variáveis que caracterizam o açúcar, como maior teor alcoólico e menor acidez.

Apesar do aumento de argila em profundidade, a composição textural contribuiu para os altos valores de densidade do solo (Tabela 3.2), estando apenas o horizonte Ap com valor ($1,27 \text{ kg dm}^{-3}$) abaixo da densidade de solo crítica proposta por Reichert et al. (2003). Nos horizontes subsequentes, a densidade do solo ultrapassa os valores críticos, chegando a $2,07 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte A. A elevada densidade do solo pode promover restrição de crescimento e deformações significativas nas raízes, como grande engrossamento e concentração na camada superficial, no entanto, cada solo pode ter uma densidade crítica, a partir da qual a resistência torna-se tão elevada que diminui ou impede o crescimento de raízes (ROSENBERG, 1964; REINERT et al., 2008). Este perfil apresenta-se com drenagem moderada, porosidade total de 52% no horizonte Ap e 33 – 31% nos horizontes com textura argilosa (Bt e Btc), sugerindo que a densidade do solo possa não ser impeditiva ao crescimento de raízes, neste solo, as quais encontravam-se muitas nos horizontes Ap e A, comuns em E, poucas em Btf1 e raras em Btf2, entretanto, visualizou-se apenas a presença de raízes finas ao longo do perfil.

O ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrúptico plintossólico (PA3) apresenta profundidade superior a 130 cm e sequência de horizontes Ap, Bt, Btf, Btfc, com transição clara e plana nos horizontes Ap e Btf, e difusa e plana no Bt. Os horizontes Ap, Bt e Btf apresentam cor no matiz 10YR, com mosqueado vermelho-escuro (10R 3/6) em Bt e vermelho (10R 4/6) em Btf, entremeados com plintita (f), já o horizonte Btfc apresenta coloração variegada composta de vermelho escuro (2,5YR 3/6), vermelho (2,5YR 4/8), bruno-amarelado (10YR 5/4), cinzento (10YR 6/1) e amarelo-brunado (10YR 6/6), com grandes quantidade de concreções ferruginosas (c) em tamanho cascalho (Tabela 3.2). Mostra-se com estrutura fraca, de tamanho pequeno e médio, em blocos angulares, exceto o horizonte Ap, que apresenta do tipo granular e em blocos subangulares. O grau de floclação dos horizontes que apresentaram plintita (Btf e Btfc) foi de 100%, e a densidade de partícula $2,71$ e $2,79 \text{ kg dm}^{-3}$, sugerindo assim, a influência de óxidos de ferro para a agregação das partículas do solo.

A consistência é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa ao longo de todo o perfil, o que favorece a mecanização, apesar da pedregosidade com fragmentos de

calhaus e cascalhos. As raízes são muitas grossas e médias no horizonte Ap e comuns finas nos horizontes subsequentes, observando uma inclinação horizontal das raízes no topo do horizonte Btf, associada a elevada densidade do solo ($1,87 \text{ kg dm}^{-3}$) na textura argilosa, estando esse valor fora da faixa considerada adequada para a classe textural (REICHERT et al., 2003).

O ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico (PA4) apresenta profundidade superior a 130 cm com pequena quantidade de cascalhos (Tabela 3.2) e sequência de horizontes Ap, Bt, Btf1, Btf2. A transição é clara e plana nos horizontes Ap e Bt, e difusa e plana no horizonte Btf1. A cor apresenta matiz 10YR nos horizontes Ap e Bt, coloração variegada composta de bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4), cinzento (10YR 6/1) e vermelho (2,5YR 4/8) no horizonte Btf1, e coloração variegada composta de bruno-amarelado (10YR 5/6), bruno acinzentado (10YR 5/2) e vermelho (2,5YR 4/8) no horizonte Btf2. Mostra-se bem drenado e com raízes grossas em maiores quantidades no horizonte Ap, comuns médias e finas em Bt e Btf1 e raras finas em Btf2, podendo estar relacionados a textura, com maiores proporções de areia em Ap e Bt, 790 e 687 g kg^{-1} , respectivamente, apresentando gradiente textural de $1,84$. A estrutura é fraca, pequena e média, em blocos subangulares nos horizontes Ap e Bt, e moderada, pequena e média, em blocos angulares nos horizontes Btf1 e Btf2.

A consistência apresenta-se dura quando seca, em todos os horizontes, quando úmida, apresenta-se firme em Ap e Btf2, e friável em Bt e Btf1, e quando úmida, apresenta-se não plástica e não pegajosa em Ap, ligeiramente plástica e não pegajosa em Bt, e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa em Btf1 e Btf2. A consistência refere-se às manifestações das forças físicas de coesão entre partículas do solo e adesão entre partículas e outros materiais, de acordo com a variação da umidade (SANTOS et al., 2015), logo, o preparo e tráfego do solo tem estreita relação com a consistência, podendo assim dar suporte ao manejo do solo, em umidades ótimas de uso, com menor esforço para tração e/ou menor compactação durante o uso. A densidade do solo aumentou com a profundidade (Tabela 3.2), segundo Brady e Weil (2013), a densidade do solo tende a aumentar à medida que aumenta a profundidade do perfil, devendo-se isto, ao menor teor de matéria orgânica, menor agregação, menos raízes e uma compactação causada pela massa das camadas superiores, acrescentando a isso ainda, o aumento gradual na quantidade de cascalhos.

Tabela 3.1. Características morfológicas de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco

Horizontes		Cor Munsell	Textura	Estrutura ⁽¹⁾	Consistência	
Simb.	Prof. cm	Úmida			Úmida ⁽²⁾	Molhada ⁽³⁾
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico plintossólico						
Apf	0-30	10YR 3/3	Francoarenosa	F, P/M, G/BA	F	PL e Pe
Btf1	30-75	5YR 4/6 10YR 4/6	Argila	Mo, P, BA	F	PL e Pe
Btf2	75-100	5YR 5/6 10YR 6/1	Argila	Mo, P/M, BA	MF	PL e Pe
Btf3	100-123	2,5Y 6/3 10YR 4/6	Argila	F, P/M, BA	Fr	LPL e LPe
Cr	123-160 ⁺	-	Argila	-	-	-
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico						
Ap	0-20	10YR 3/2	Franco-argiloarenosa	F, P/M, G/BA	F	PL e Pe
E	20-37	10YR 5/4	Francoarenosa	Maciça	Fr	NPL e LPe
Bt	37-80	10YR 5/6 2,5YR 4/8	Argila	Mo, P/M, BA	F	PL e Pe
Btg1	80-120	2,5YR 4/8 10YR 6/1 10YR 6/6	Argila	Mo/Fo, P/M, BA	MD/F	PL e Pe
Btg2	120-150 ⁺	2,5YR 4/8 10YR 6/1 10YR 6/6	Argila	M, M, BA	MD/ MF	PL e Pe
PA2 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico						
Ap	0-20	10YR 3/2	Francoarenosa	F, P, G	MFr	NPL e NPe
A	20-40	10YR 4/3	Francoarenosa	F, P, G/BA	D/Fr	NPL e NPe
E	40-70	10YR 5/3	Areia franca	F, P, G/BS/BA	LD/MFr	NPL e NPe
Bt	70-120	7,5YR 4/4 2,5YR 4/6	Argila	F, P/M, BA	F	PL e Pe
Btc	120-150 ⁺	2,5YR 3/6 10YR 5/6 10YR 5/8	Argila	F, P, BA	LD	LPL e Pe
PA3 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico plintossólico						
Ap	0-25	10YR 3/2	Francoarenosa	F, P, G/BS	MFr	LPL e LPe
Bt	25-57	10YR 5/6 10R 3/6	Argila	F, P/M, BA	Fr	LPL e LPe
Btf	57-86	10YR 5/4 10R 4/6	Argila	F, P, BA	Fr	LPL e LPe
Btfc	86-130 ⁺	2,5YR 3/6 2,5YR 4/8 10YR 5/4 10YR 6/1 10YR 6/6	Argila	Mo, P/M, BA	MD/F	LPL e LPe
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico plintossólico						
Ap	0-25	10YR 4/2	Areia franca	F, P/M, BS	D/F	NPL e NPe
Bt	25-60	10YR 4/6	Franco-argiloarenosa	F, P/M, BA	D/Fr	LPL e NPe
Btf1	60-90	10YR 4/4 10R 6/1 2,5YR 4/8	Argila	Mo, P/M, BA	Fr	LPL e LPe
Btf2	90-130 ⁺	10YR 5/6 10YR 5/2 2,5YR 4/8	Argila	Mo, P/M, BA	D/F	LPL e LPe

Estrutura: F: fraca; Mo: moderada; Fo: forte; P: pequena; M: média; G: granular; BA: blocos angulares; BS: blocos subangulares; Consistência: F: firme; MF: muito firme; Fr: friável; MD: muito dura; MFr: muito friável; D: dura; LD: ligeiramente dura; PL: plástica; Pe: pegajosa; LPL: ligeiramente plástica; LPe: ligeiramente pegajosa; NPL: não plástica; NPe: não pegajosa.

Tabela 3.2. Características físicas de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco

Horizontes		Frações da amostra total			Composição granulométrica da TFSA				ADA	GF	Ds	Dp	Pt
Símb.	Prof.	CA	CS	TFSA	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila					
	cm	%			g kg ⁻¹				g kg ⁻¹	%	– kg dm ⁻³ –	%	
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico													
Apf	0-30	0	4	96	242	411	159	188	146	22	1,63	2,74	34
Btf1	30-75	0	15	85	130	224	168	479	24	95	1,56	2,71	42
Btf2	75-100	0	10	90	102	217	197	483	0	100	1,63	2,79	42
Btf3	100-123	0	8	92	112	265	214	410	0	100	1,53	2,74	44
Cr	123-160 ⁺	5	53	42	83	220	238	459	0	100	-	2,76	-
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático													
Ap	0-20	0	4	96	239	372	139	250	147	41	1,68	2,71	37
E	20-37	0	2	98	270	426	132	172	124	28	1,73	2,75	32
Bt	37-80	0	4	96	129	240	158	472	0	100	1,69	2,77	39
Btg1	80-120	0	12	88	119	241	157	483	12	98	1,88	2,75	32
Btg2	120-150 ⁺	0	15	85	97	222	218	463	232	50	1,91	2,78	31
PA2 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático													
Ap	0-20	25	46	29	200	387	238	175	73	58	1,27	2,67	52
A	20-40	22	48	30	204	494	170	132	74	44	2,07	2,78	26
E	40-70	18	45	37	245	513	123	119	66	45	2,04	2,80	27
Bt	70-120	28	42	30	116	227	190	468	0	100	1,88	2,79	33
Btc	120-150 ⁺	9	48	43	72	167	277	483	0	100	1,96	2,83	31
PA3 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico													
Ap	0-25	3	25	72	267	472	112	150	74	51	1,59	2,71	40
Bt	25-57	4	53	43	165	264	107	464	231	50	1,79	2,70	34
Btf	57-86	3	54	43	116	227	179	478	0	100	1,87	2,71	31
Btfc	86-130 ⁺	4	63	33	114	227	201	458	0	100	1,82	2,79	35
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico													
Ap	0-25	0	4	96	322	468	80	130	72	45	1,27	2,76	51
Bt	25-60	0	6	94	288	399	73	240	194	19	1,58	2,75	34
Btf1	60-90	0	9	91	154	233	135	478	0	100	1,74	2,74	36
Btf2	90-130 ⁺	0	10	90	137	228	135	500	0	100	1,72	2,76	38

CA: calhaus; CS: cascalhos; TFSA: terra fina seca ao ar; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Ds: densidade do solo; Dp: densidade da partícula; Pt: porosidade total.

3.3.2. Atributos químicos e mineralógicos

Os resultados obtidos para os atributos químicos dos solos, (macro e micronutrientes) estão dispostos nas tabelas 3.3 e 3.4, respectivamente.

O ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico (PVA), apresentou no horizonte superficial valor de pH considerado adequado para a maioria das culturas, na faixa em que os nutrientes são normalmente disponibilizados às plantas (MALAVOLTA, 1979). Assim como, os teores de Ca, Mg e K, apesar de que o Mg encontra-se com valor um pouco acima do equilíbrio na relação Ca:Mg. Isso reflete em uma boa soma de bases, podendo estar associado à matéria orgânica do solo e à argila, contribuindo assim para uma boa CTC. Já nos horizontes subsuperficiais ocorre uma diminuição nos valores de pH, sendo considerados baixos, segundo Alvarez et al. (1999), o que pode proporcionar uma maior lixiviação dos macronutrientes, entretanto, no horizonte subsuperficial Btf1 ocorre um aumento nos

valores de Ca, Mg e Na, e nos horizontes subsequentes permanece na mesma faixa que o superficial. Esses valores podem ainda estar associados à matéria orgânica e argila, pois apesar de ser em profundidade, o carbono orgânico apresenta-se em valores muito bons, segundo Alvarez et al. (1999), e os teores de argila, por ser um Argissolo, tende a aumentar em profundidade, contribuindo com maior proporção de microporos. A CE é baixa, não indicando concentração excessiva de sais neste solo (EMBRAPA, 2018). O P disponível apresenta-se com valor muito bom na camada superficial (ALVAREZ et al., 1999), diminuindo consideravelmente nos horizontes subsuperficiais, sendo esse comportamento, típico desse elemento, em função de sua baixa mobilidade no solo. Em relação aos micronutrientes, no horizonte superficial todos os valores são considerados muito bons, no entanto, ocorre uma diminuição significativa em profundidade, estando na faixa de baixo a médio (ALVAREZ et al., 1999), podendo não apresentar deficiência para a planta, devido aos valores de pH, nesses horizontes estarem ácido, estando assim, mais disponíveis.

A mineralogia da fração cascalho, desse solo, é constituída por traços de feldspatos branco (plagioclásios), agregados ferrosos sub arredondado e arredondado, quartzos com incrustações ferrosas, óxido de ferro com traço de coloração marrom avermelhada e mineral magnético. Esses resultados podem estar contribuindo com o teor de Ca, assim como também com a pigmentação vermelha desse solo, através dos óxidos de ferro.

Os Argissolos Amarelos Eutrófico abrupto (PA1 e PA2) apresentam-se com constituição química semelhantes. O pH em água, nesses solos, é inadequado para uso agrícola, encontrando-se de alto, nos horizontes superficiais, a baixo em subsuperfície (ALVAREZ et al., 1999), podendo ocorrer precipitação de P e a diminuição da disponibilidade dos micronutrientes nos horizontes superficiais (MALAVOLTA, 1979). Os teores de Ca, Mg e K variam de alto a bom ao longo dos perfis, refletindo em altos valores de soma de bases (SB). Nota-se um aumento de Na no horizonte Bt do PA1, que pode estar associado à redução da drenagem livre no horizonte E, devido a estrutura maciça e densidade do solo alta ($1,73 \text{ kg dm}^{-3}$), favorecendo a sua acumulação no perfil. Apesar disso, a CE está dentro da faixa considerada normal, devendo-se atentar para o uso indiscriminado de fertilizantes químicos, os quais podem levar ao processo de salinização. Os teores de P apresentam-se muito altos em praticamente todo o perfil, devendo estar associado ao efeito residual de adubações, como também a matéria orgânica, onde o COT também

apresenta-se com valores muito alto ao longo do perfil, segundo Alvarez et al. (1999). Observa-se na tabela 3.2 que a densidade do solo, nesses perfis, apresenta-se alta (REICHERT et al., 2003), dificultando a drenagem do solo. Como nesses solos cultivados há um aporte de material orgânico, este, possivelmente está se acumulando, devido à restrição de água no solo. O teor de Fe apresenta-se baixo no horizonte Ap do PA3, e entre bom e muito alto nos demais horizontes desses solos. Os teores de Mn, Cu e Zn são altos nos horizontes superficiais, e de médio a baixo em subsuperfície, no entanto, no PA2 esses valores continuam altos em quase todo o perfil.

A mineralogia da fração grosseira desses perfis constituiu-se de óxido de ferro com traço de coloração amarela, mica em alto estágio de degradação, quartzos com incrustações ferrosas, quartzos amarelados, alaranjados e hialinos. Esses óxidos de ferro, possivelmente goethita, refletem a cor amarela desses Argissolos. As micas são filossilicatos com diferentes composições químicas, podendo apresentar alumínio, potássio, sódio, ferro, magnésio e, por vezes, lítio (RIEDER et al., 1998), sendo assim, potenciais fontes desses elementos nesses solos.

Os Argissolos Amarelos Eutrófico abruptico plintossólico (PA3 e PA4) são semelhantes na constituição química, onde se pode observar pH alto ao longo do perfil. Para que se obtenha uma boa absorção de nutrientes é recomendável que o pH esteja em entre 6,0 e 6,5 (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007; BORGES; SOARES; LIMA, 2009). O teor de Ca e Mg nos horizontes superficiais estão adequados (ALVAREZ et al., 1999), no entanto, o Ca, no PA3, aumenta em profundidade. Nota-se uma diminuição significativa no teor de K, e aumento do Na, nos horizontes subsuperficiais, desses solos, promovendo um aumento na relação Na:K, o que favorece a absorção de Na pelas plantas. Segundo Freire e Freire (2007), o excesso de Na pode comprometer o desenvolvimento das plantas, e afetar algumas propriedades físicas do solo, como a estrutura, com reflexos na infiltração e aeração. No entanto, a CE apresentou-se com valores não limitantes (EMBRAPA, 2018). O teor de P, ao longo do PA3, apresentou-se com valores baixos, e no PA4, apenas no horizonte Ap seu teor é adequado (ALVAREZ et al., 1999). Os maiores valores de areia, assim como também de cascalhos no PA3, combinados ao baixo teor de carbono orgânico em subsuperfície, favorece a lixiviação desse elemento. Os solos da região semiárida normalmente apresentam teores baixos de fosforo (QUEIROZ et al., 2018). Com exceção do Mn, nos horizontes superficiais desses

solos, os demais nutrientes encontram-se com valores adequados para o cultivo (ALVAREZ et al., 1999).

A constituição mineralógica, do cascalho desses solos, foi de óxidos de ferro com traço de coloração alaranjada e amarelada, quartzos amarelados, hialinos e brancos, traços de mineral magnético, além de agregados ferrosos avermelhados no PA3 e feldspatos brancos (plagioclásios) no PA4.

Tabela 3.3. Características químicas de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco

Horizontes		pH		Complexo sortivo								V	P	COT
Simb.	Prof. cm	H ₂ O	KCl	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	H+Al	T			
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico														
Apf	0-30	6,0	5,3	3,5	2,8	0,20	0,02	6,5	0,0	2,6	9,1	71	125	8,97
Btf1	30-75	4,9	3,8	4,4	3,5	0,18	0,06	8,1	0,5	3,8	11,9	68	18	8,84
Btf2	75-100	4,9	3,9	3,4	2,1	0,14	0,08	6,2	0,4	4,3	10,0	57	2	7,70
Btf3	100-123	4,8	4,1	2,0	2,4	0,18	0,15	6,1	0,1	2,9	7,6	62	1	4,72
Cr	123-160 ⁺	5,0	4,5	2,6	2,9	0,08	0,47	6,1	0,0	3,0	9,1	67	1	4,72
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto														
Ap	0-20	6,8	5,9	4,6	3,9	0,21	0,06	8,8	0,0	1,7	10,5	84	104	19,08
E	20-37	6,4	5,3	2,2	0,8	0,15	0,10	3,3	0,0	1,9	5,2	63	118	6,05
Bt	37-80	4,6	3,8	3,9	4,2	0,10	0,66	8,9	0,4	3,0	11,9	75	28	5,48
Btg1	80-120	5,4	4,2	4,7	3,8	0,24	0,14	8,9	0,0	1,4	10,3	86	2	4,02
Btg2	120-150 ⁺	6,4	5,1	5,3	7,0	0,08	0,54	12,9	0,0	1,3	14,2	91	2	3,07
PA2 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto														
Ap	0-20	7,6	7,3	7,8	4,4	0,84	0,17	13,2	0,0	0,1	13,3	99	436	24,94
A	20-40	7,0	6,0	3,6	2,4	0,20	0,06	6,3	0,0	1,4	7,7	82	234	8,65
E	40-70	6,5	5,5	2,2	2,1	0,15	0,02	4,5	0,0	1,7	6,2	72	97	5,73
Bt	70-120	4,9	3,8	3,3	3,4	0,12	0,08	6,9	0,5	4,5	11,4	61	116	7,51
Btc	120-150 ⁺	5,3	4,4	3,9	4,4	0,25	0,08	8,9	0,1	2,4	11,0	78	2	4,84
PA3 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico														
Ap	0-25	6,8	5,8	3,7	2,1	0,17	0,11	6,1	0,0	1,7	7,8	78	9	17,62
Bt	25-57	6,7	5,1	4,6	1,8	0,04	0,16	6,6	0,0	1,2	7,8	85	0	6,81
Btf	57-86	6,6	5,1	4,8	1,6	0,02	0,12	6,5	0,0	1,2	7,7	84	1	4,91
Btfc	86-130 ⁺	6,4	5,2	4,3	2,0	0,02	0,11	6,4	0,0	1,4	7,8	82	0	5,16
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico														
Ap	0-25	7,2	6,2	3,4	0,8	0,32	0,08	6,8	0,0	1,0	5,6	82	24	9,10
Bt	25-60	7,0	5,3	1,8	2,1	0,05	0,10	4,1	0,0	1,2	5,3	77	14	3,13
Btf1	60-90	5,2	4,2	2,8	1,9	0,05	0,16	4,9	0,2	2,1	7,0	70	0	4,21
Btf2	90-130 ⁺	4,8	4,0	2,8	1,9	0,08	0,09	4,9	0,5	3,0	7,9	62	0	3,00

Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; K: potássio trocável; Na: sódio trocável; SB: soma de bases; Al: alumínio trocável; H+Al: hidrogênio + alumínio trocáveis; T: capacidade de troca de cátions a pH 7; V: saturação por bases; P: fósforo; COT: carbono orgânico total.

Tabela 3.4. Condutividade elétrica do extrato da pasta saturada e micronutrientes de solos vitivinícolas do Vale do Submédio São Francisco

Horizontes		Pasta Saturada	Micronutrientes no solo			
Simb.	Prof. cm	C.E. mS cm ⁻¹ 25°C	Fe	Mn	Cu	Zn
		mg kg ⁻¹				
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico						
Apf	0-30	0,23	59,3	18,3	2,8	3,6
Btf1	30-75	0,25	12,4	6,8	0,6	0,7
Btf2	75-100	0,22	12,4	2,5	0,4	0,4
Btf3	100-123	0,99	12,8	0,5	0,4	0,7
Cr	123-160 ⁺	-	2,2	0,2	1,3	0,2
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto						
Ap	0-20	0,47	173,0	33,5	5,7	5,3
E	20-37	0,64	69,1	5,9	1,2	1,6
Bt	37-80	2,59	25,9	3,8	0,6	0,9
Btg1	80-120	0,48	63,1	5,8	0,3	0,2
Btg2	120-150 ⁺	2,51	62,7	5,5	0,3	0,3
PA2 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto						
Ap	0-20	3,67	8,4	119,2	2,9	15,7
A	20-40	0,51	37,8	42,5	7,7	7,2
E	40-70	0,29	50,3	9,9	2,1	2,3
Bt	70-120	0,35	33,2	14,3	0,8	1,6
Btc	120-150 ⁺	0,20	68,0	17,6	0,3	0,3
PA3 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico						
Ap	0-25	0,48	30,3	43,8	1,7	3,6
Bt	25-57	0,29	25,3	8,6	1,4	2,0
Btf	57-86	0,15	24,0	4,0	1,2	1,1
Btfc	86-130 ⁺	0,18	27,4	2,8	1,2	1,1
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico						
Ap	0-25	1,41	14,6	31,2	1,8	4,9
Bt	25-60	0,32	17,2	3,4	1,6	1,2
Btf1	60-90	0,43	16,2	0,3	1,5	1,2
Btf2	90-130 ⁺	0,32	13,8	0,2	1,3	1,3

C.E: condutividade elétrica do extrato da pasta; Fe: ferro disponível; Mn: manganês disponível; Cu: cobre disponível; Zn: zinco disponível.

3.3.3. Análise foliar

Verificou-se que os teores de nutrientes nas amostras de folhas das videiras Tempranillo e Syrah foram semelhantes entre os diferentes tipos de solos, não diferindo estatisticamente entre eles (Tabelas 3.5 e 3.6).

Dessa forma, observou-se que os maiores resultados da análise química do solo (Tabela 3.3), não interferiram nos teores de nutrientes obtidos nas amostras de folhas das variedades Tempranillo e Syrah. Nota-se que na camada superficial dos solos, horizonte Ap (20 a 30 cm), profundidade de maior exploração das raízes, os maiores teores de elementos no solo, assim como a saturação por bases, foram no PA2, com a variedade Tempranillo, no entanto os teores de nutrientes nas folhas não se diferenciaram entre os solos. Inferindo que, apesar da maior reserva de elementos no solo, não foi alterada a absorção destes pela planta. Em trabalho de Silva (2015),

avaliando a disponibilidade de nutrientes, aplicados por meio de fertirrigação, na variedade Syrah, no Vale do Submédio São Francisco, observou que, na fase de maturação, os teores de nutrientes nas folhas não apresentaram respostas a doses aplicadas. Segundo Rozane et al. (2016), as videiras adquirem certa estabilidade nutricional na fase adulta.

Os teores dos nutrientes nas folhas foram comparados com valores sugeridos por Terra (1987), adaptado por Faria, Silva e Pereira (2004). Observou-se que a cv. Tempranillo encontra-se com os teores dos macronutrientes P, Ca e Mg dentro da faixa de suficiência adequada para as videiras no Vale do Submédio São Francisco, (2,0-3,0; 20-35; 3,0-5,0 g kg⁻¹ para P, Ca e Mg, respectivamente), estando apenas o teor de K apresentando deficiência (<12, 0 g kg⁻¹). Como os valores de Ca no solo são bem maiores do que os de K (Tabela 3.3), pode estar havendo maior absorção de Ca pelas raízes das plantas, devido à relação Ca:K estar desbalanceada, principalmente nos horizontes subsuperficiais. A cv. Syrah apresenta-se com teores de K e Ca nas faixas adequadas, e os teores de P e Mg com deficiência.

Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram teores na faixa excessiva na cv. Tempranillo (> 20; > 180; > 300; > 50 mg kg⁻¹ para Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente). Na cv. Syrah, o Fe e o Zn apresentaram teores na faixa excessiva, o Cu, na faixa deficiente (< 10 mg kg⁻¹), estando apenas o Mn na faixa adequada (80-300 mg kg⁻¹).

É importante ressaltar que os valores excessivos de cobre, manganês e zinco nas amostras das folhas podem estar relacionados a possíveis contaminações com fungicidas, os quais são amplamente empregados no controle preventivo de doenças fúngicas foliares na videira (TECCHIO et al. 2011; TIECHER et al. 2016).

Para o sódio não foi encontrado valores de referência. No entanto, em trabalho de Faria e Soares (2004), com videira sobre Argissolo Vermelho-Amarelo, no Submédio São Francisco, observou-se toxicidade da videira com o excesso de sódio absorvido. Nesse estudo, foram encontrados teores de Na nas folhas de 100 mg kg⁻¹ na fase da floração, e o solo apresentava teor de 0,23 cmol_c kg⁻¹ desse elemento na camada de 0 – 20 cm, identificando baixo desenvolvimento vegetativo e baixa produtividade de uvas nas plantas afetadas.

Nos solos estudados, não foram encontrados valores de sódio que indicassem essa toxicidade (Tabela 3.3), no entanto, nos perfis de PA3 e PA4, nos horizontes subsuperficiais, há uma diminuição considerável nos teores de potássio e aumento de

sódio, fazendo com que a relação Na:K seja muito alta, explicando os altos valores de sódio nas folhas da variedade Syrah. As células da raiz apresentam alta afinidade pelo transporte de potássio ou sódio, e de acordo com a espécie a seletividade pode variar bastante, sendo preferencial a absorção e translocação de potássio pela maioria das espécies, entretanto, nas espécies mais sensíveis essa afinidade é reduzida, aumentando assim o teor de sódio no tecido vegetal (GRATTAN; GRIEVE, 1993; PUGNAIRE et al., 1993; VIANA et al., 2001). Segundo Flores et al. (2011), o K é o cátion mais importante para o vinho, pois ele exerce um importante papel em sua composição, tipicidade e qualidade, verificando influência especialmente no pH do vinho, diminuindo sua acidez, através da salificação do ácido tartárico.

Tabela 3.5. Análise descritiva de folhas de cv. Tempranillo cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Estatística descritiva	Nutrientes nas folhas								
	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				
cv. Tempranillo									
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO									
Média	2,5 a	8,6 a	29,3 a	4,0 a	43,3 a	605,6 a	236,6 a	370,6 a	68,3 a
Mediana	2,5	8,5	30,0	4,1	40,0	599,0	235,0	365,0	65,0
DP	0,38	1,26	3,31	0,36	5,77	26,63	15,57	20,11	8,50
CV (%)	14,8	14,52	11,30	9,12	13,32	4,40	6,58	5,42	12,45
PA1 – ARGISSOLO AMARELO									
Média	2,1 a	7,0 a	30,2 a	3,8 a	33,3 a	577,6 a	293,6 a	298,3 a	66,3 a
Mediana	2,2	7,0	32,1	3,8	30,0	547,0	306,0	324,0	68,0
DP	0,08	0,50	3,53	0,19	5,77	60,18	34,21	52,44	4,73
CV (%)	3,75	7,14	11,65	4,87	17,32	10,42	11,65	17,58	7,12
PA2 – ARGISSOLO AMARELO									
Média	2,5 a	8,5 a	30,6 a	3,0 a	30,0 a	616,0 a	280,0 a	339,0 a	66,0 a
Mediana	2,6	9,0	29,6	3,1	30,0	629,0	285,0	331,0	66,0
DP	0,21	1,80	2,27	0,43	10,00	29,72	11,36	34,70	2,00
CV (%)	8,26	21,21	7,41	14,25	33,33	4,82	4,06	10,24	3,03

P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Na: sódio; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3.6. Análise descritiva de folhas de cv. Syrah cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Estatística descritiva	Nutrientes nas folhas								
	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				
cv. Syrah									
PA3 – ARGISSOLO AMARELO									
Média	1,5 a	15,5 a	22,4 a	1,9 a	273 a	3,3 a	283,3 a	144,6 a	181 a
Mediana	1,5	15,5	23,5	1,9	270,0	1,0	324,0	144,0	182,0
DP	0,10	0,00	3,00	0,15	15,28	4,04	75,69	29,01	2,52
CV (%)	6,95	0,00	13,42	7,90	5,59	121,24	26,71	20,05	1,39
PA4 – ARGISSOLO AMARELO									
Média	1,4 a	18,1 a	20,8 a	1,5 a	276 a	1,6 a	286,6 a	165,3 a	147 a
Mediana	1,3	16,5	20,0	1,6	270,0	2,0	279,0	161,0	156,0
DP	0,21	3,33	1,93	0,25	20,82	0,58	14,15	10,21	22,87
CV (%)	14,27	18,33	9,27	16,06	7,52	34,64	4,94	6,18	15,56

P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Na: sódio; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.4. CONCLUSÕES

Os Argissolos Amarelos apresentaram horizontes com maiores valores de densidade do solo e menores de porosidade total nos horizontes subsuperficiais, a qual é fator impeditivo para a infiltração de água no solo, podendo comprometer a qualidade das uvas, sendo nesse caso, o Argissolo Vermelho-Amarelo o mais promissor para a obtenção de vinhos finos de qualidade.

A relação entre os elementos químicos no solo influencia na absorção de nutrientes pela planta.

As maiores reservas de nutrientes nesses solos, não proporcionaram maior absorção deles pelas plantas, na fase inicial da maturação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W. G. **Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa; 2012. (Comunicado técnico, 66).
- ALVAREZ V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, CFSEMG, 1999, cap. 5, p. 25-32.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 215-221, 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000200006>

BORGES, R. M. E.; SOARES, J. M.; LIMA, M. A. C. Características da Viticultura no Vale do Submédio São Francisco. In: LIMA, M. A. C.; SÁ, I. B.; KILL, L. H. P.; BORGES, R. M. E.; LIMA NETO, F. P.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C.; SILVA, A. S.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. (Ed.). **Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco: Uva de Mesa e Manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido. 2009. p.30-33. (Sérios Documentos, 222).

BRADY, N.C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 117.

BRAGA, F. V. A.; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; VOGELMANN, E. S.; PADRÓN, R. A. R. Propriedades mecânicas e permeabilidade ao ar em topossequência Argissolo-Gleissolo: variação no perfil e efeito de compressão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 1025-1035, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140724>

BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G. (Ed.). **Mineralogical Society**. London, 1980. cap. 5, p. 305-360.

CAMPOS, S. A.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C.; NEVES, J. C. L. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob plantio direto. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 41, p. 230-240, 2018. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i41.6859>

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Souza (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 311-324, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000200011>

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M.S.L.; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: Potencialidades e Limitações para Uso Agrícola**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido; 2008. (Boletim técnico, 211).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**, SBCS, Viçosa, 2006. cap.XIII, p.328-352.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, 2018. 356 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, 2017. 573 p.

FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; PEREIRA, J. R. **Avaliação nutricional da videira no Submédio São Francisco**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido; 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61).

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M. **Distúrbio fisiológico em videira no Submédio São Francisco**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido; 2004. (Comunicado Técnico, 117).

FLINT, A. L.; FLINT, L. E. Particle density. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (eds.). *Methods of soil analysis*. Madison: USA. **Soil Science Society of America**, pt. 4, 2002. p.229-240.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. cap. 16, p.929-954.

GERARD, C. J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 875-879, 1982.
<https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400050025x>

GÓMEZ-MIGUEL, V.; SOTES, V. The zoning of terroirs in Spain. In: FREGONI M.; SCHUSTER, D.; PAOLETTI A. (Ed.). **Terroir-Zonazione-Viticultura: trattato internazionale Phytoline**. 2003. p.187-226.

GOULET, E.; MORLAT, R. The use of surveys among wine growers in vineyards of the middle-Loire Valley (France), in relation to terroir studies. **Land Use Policy**, Holanda, v. 28, n. 4, p. 770-782, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.003>

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 203-225.

GREENE-KELLY, R. The identification of montmorillonitoids in clays. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 4, p. 233-237, 1953.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: USA. **Soil Science Society of America**, pt. 4, 2002. p. 201-225.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. M.; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório – reconhecimento dos solos da margem esquerda do rio São Francisco Estado da Bahia**. Recife: Embrapa/SNLCS; 1976. (Boletim técnico, 38).

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advance Course. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.

LALAS, A. Como os diferentes tipos de solo influenciam nos vinhos e seus sabores. 2016. Artigo em hipertexto. Revista ADEGA. Disponível em: http://revistaadega.uol.com.br/artigo/sabor-de-calcario_4493.html Acesso em: 4 dez. 2018.

LIM, C. H.; JACKSON, M. L. Expandable phyllosilicate reactions with lithium on heating. **Clays and Clay Minerals**, Virgínia, v. 34, p. 346-352, 1986.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo, 1979. 256 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B.; NATALE, W.; PARENT, S.-É.; SANTOS, E. M. H.; ZALAMENA, J.; PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela diagnose da composição nutricional-CND. In: MELO, G. W. B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. (Ed.). **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016. cap. 3, p.44-56. (Documentos, 100).

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; ZANUS, M. C. Discrimination of Brazilian red wines according to the viticultural region, varietal, and winery origin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 268-275, 2010. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000100039>

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R. C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 332 p.

NAGARAJAH, S. Effects of soil texture on the rooting patterns of Thompson Seedless vines on own roots and on Ramsey rootstock in irrigated. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 38, p. 54-59, 1987.

PEREIRA, R. M., AVILA, C. A.; LIMA, P. R. A. **Minerais em Grãos**: técnicas de coleta, preparação e identificação. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. v. 1. 128 p.

PUGNAIRE, F. I.; ENDOLZ, L. S.; PARDOS, J. Constrains by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 247-259.

QUEIROZ, A. F.; SALVIANO, A. M.; CUNHA, T. J. F.; OLSZEWSKI, N.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; OLIVEIRA NETO, M. B. Potentialities and limitations of agricultural use in soils of semi-arid region of the state of Bahia. **Anais da academia brasileira de ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 4, p. 3373-3387, 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820180029>

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1805-1816, 2008.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory; 1954.

RIEDER, M.; CAVAZZINI, G.; D'YAKONOV, Y. S.; FRANK-KAMENETSKII, V. A.; GOTTARDI, G.; GUGGENHEIM, S.; KOVAL, P. V.; MÜLLER, G.; NEIVA, A. M. R.; RADOSLOVICH, E. W.; ROBERT, J.-L.; SASSI, F.; TAKEDA, H.; WEISS, Z.; WONES, D. R. Nomenclature of the micas. **Clays and Clay Minerals**, Virginia, v. 46, p. 586-595, 1998.

ROSENBERG, N. J. Response of plants to the physical effects of soil compaction. **Advances in Agronomy**, Estados Unidos, v. 16, p. 181-196, 1964.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60024-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60024-3)

SANTOS, H. P. **Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. (Comunicado Técnico, 71).

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7ª ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2015. 101 p.

SILVA, A. O. da. **Disponibilidade de N e K no solo e sua absorção pela videira de vinho fertirrigada no semiárido**. 2015. 159p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

SILVA, F. E. C. da; WYLER, P.; SANTOS, J. de O.; ALENCAR, Y. C. L. de; SOARES, J. M.; ALVEZ, L. A.; PEREIRA, G. E. Influência da relação solo/planta sobre a qualidade de uvas e vinhos cv. Syrah no Nordeste do Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGIA, 11., 2007, Mendonza. **Resumos...** Mendonza: IVV: CLEIFRA: SECYT, 2007.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C.; SOARES, J. M. Histórico e Importância Socioeconômica. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Ed.). **A vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Embrapa Informação tecnológica, Cap. 1, p. 19-34. 2009.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. SBCS, Viçosa, 2007. p. 206-268.

TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; SMARSI, R. C. Teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila e teores de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo na videira 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 649-659, 2011.

TERRA, M. M. Nutrição, calagem e adubação. In: POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. cap. 7, p. 405-476.

TIECHER, T. L.; SCHMITT, D. E.; TIECHER, T.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; GIROTTI, E.; MELO, G. W. B.; COMIN, J. J.; CONTI, L. De.; GATIBONI, L. C.; COUTO, R. R.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G. Diagnóstico e interações entre cobre, zinco e fósforo em solos de vinhedos. In: MELO, G. W. B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. (Ed.). **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016. cap. 5, p.71-83. (Documentos, 100).

TONIETTO, J. Valorização do ecossistema: importância da regionalização vitivinícola na produção de vinhos de qualidade. In: Viticulture and Encology Latin-American Congress, 8., 2001, Montevideu. **Annales...** Montevideu: Asociación de Enólogos del Uruguay, 2001. p.1-11.

VIANA, A. P.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; HUAMAN, C. A. M.; MOSQUIM, P. R. Teores de Na, K, Mg, e Ca em porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p.187-191, 2001.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**, SBCS, Viçosa, 2006. cap.XII, p.300-322.

VINHOVASF - INSTITUTO DO VINHO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Notas técnicas**. Disponível em:
<https://www.vinhovASF.com.br/site/arquivos/NotasTecnicas.pdf>. Acesso em 9 de novembro 2018.

Yoemans, J. C.; Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.
<https://doi.org/10.1080/00103628809368027>

4. RELAÇÕES HÍDRICAS SOBRE O POTENCIAL ENOLÓGICO DE UVAS TEMPRANILLO E SYRAH

RESUMO

O volume de água disponível para a videira, nas diferentes fases fenológicas, pode proporcionar impacto negativo ou positivo na composição e qualidade da uva vinífera, sendo capaz de favorecer maiores concentrações de suas reservas nos frutos, o que é de fundamental importância para a produção de vinhos de qualidade. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos dos atributos físico-hídricos de solos, sobre o potencial enológico de uvas viníferas, Tempranillo e Syrah, cultivadas no Vale do Submédio São Francisco. Foram selecionados dois solos para a uva Tempranillo, sendo um Argissolo Vermelho-Amarelo textura argilosa e o outro Argissolo Amarelo textura média/argilosa, e dois Argissolos Amarelos para a uva Syrah, um com textura média cascalhenta e o outro com textura arenosa/média. Foram determinados os atributos físico-hídricos do solo, os aspectos quantitativos das uvas e qualitativos do mosto. O Argissolo Amarelo, com menor permeabilidade em subsuperfície, proporcionou melhores resultados de rendimentos, na variedade Tempranillo. Na Syrah o Argissolo Amarelo de textura arenosa/média com maior retenção de água no solo, apresentou melhores resultados de rendimentos. Concluindo que, a produtividade agrícola das videiras foi influenciada pela disponibilidade hídrica dos solos.

Palavras-chave: Vitivinicultura. Disponibilidade de água. Produtividade

4. WATER RELATIONS ON THE ENOLOGICAL POTENTIAL OF TEMPRANILLO AND SYRAH GRAPES

ABSTRACT

The volume of water available to the vine at the different phenological phases can have a negative or positive impact on the composition and quality of the vinifera grape, being able to favor higher concentrations of its reserves in the fruits, which is of fundamental importance for the production of quality wines. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of water relations in function of soil physical characteristics, on the oenological potential of Tempranillo and Syrah grapes grown in the. Two soils were selected for the Tempranillo grape, one of which is a Argissolo Vermelho-Amarelo clay texture and the other one is a Argissolo Amarelo medium/clayey texture, and two Argissolos Amarelos for the Syrah grape, one with medium-textured gravel and the other with sandy/medium texture. The physical-water attributes of the soil, the resistance to root penetration, the quantitative aspects of the grapes and the qualitative characteristics of the must were determined. The Argissolo Amarelo, with lower permeability in subsurface, provided better yield results, in the Tempranillo variety. In Syrah the Argissolo Amarelo sandy / medium textured with higher water retention in the soil presented better yield results. In conclusion, the agricultural productivity of the vines was influenced by the water availability of the soils.

Key words: Vitiviniculture. Water availability. Productivity.

4.1. INTRODUÇÃO

O potencial enológico das uvas é produto da interação de diversos fatores naturais e agronômicos. Dentro dos agronômicos, destacam-se os fatores físicos ligados à regulação do consumo hídrico, como de fundamental importância na qualidade da uva (ROSIER; CARBONNEAU; SEGUIN, 1995; CHAVARRIA et al., 2011).

Vários autores constataram que a condição hídrica da videira pode proporcionar impacto positivo ou negativo sobre o peso das bagas, concentração de açúcares, acidez, pH, compostos fenólicos (antocianinas e taninos) e aromáticos no mosto e, conseqüentemente, nos vinhos (ROSIER; CARBONNEAU; SEGUIN, 1995; MC CARTHY, 1997; DELOIRE et al., 2004).

Os atributos físicos do solo e a demanda da cultura são responsáveis pela disponibilidade de água às plantas (LUCIANO et al. 2013). Segundo Champagnol (1978), com a água no solo mais fortemente retida, as raízes reduzem a síntese de citocinina, fazendo com que o ácido abscísico passe a acumular nas folhas, em consequência disso, o crescimento da planta diminui e os fotoassimilados se dirigem em direção aos frutos.

Desta forma, regiões onde ocorrem baixas precipitações pluviais e obtém um manejo eficaz da irrigação, obedecendo os ciclos da cultura, podem aumentar a concentração de compostos desejáveis. O volume de água fornecido em cada fase fenológica, poderá fazer com que a planta passe a direcionar maiores concentrações de suas reservas para os frutos, o que é de fundamental importância para a produção de vinhos de qualidade (BRAVDO, 2004; ESTEBAN; VILLANUEVA; LISSARRAGUE, 2002; CHAVARRIA et al., 2011; CORREIA, 2012).

Os processos hídricos do solo são influenciados pela interação de diversos fatores, como cobertura vegetal, textura, estrutura e conteúdo de água do solo. A textura e estrutura são intrínsecos ao solo, no entanto, podem ser alterados pelas práticas de manejo, influenciando na disponibilidade e armazenamento de água, na difusão de oxigênio e na resistência do solo à penetração das raízes (DEXTER; YOUNGS, 1992).

Alguns autores abordaram sobre a importância da relação entre os fragmentos de rochas e os processos hídricos do solo, encontrando uma relação positiva quando os fragmentos de rocha se localizam na superfície do solo e negativa quando estão

ao longo do perfil do solo, como também perceberam que o escoamento diminui e a infiltração de água aumenta com a presença de fragmentos de rochas na superfície de solos não compactados, ocorrendo o contrário em solos compactados (DADKHAH; GIFFORD, 1980; ZHANG et al., 2016).

Segundo Brady e Weil (2013), os solos argilosos, por serem constituídos por partículas de menor tamanho, apresentam maior porosidade, retendo muito mais água em relação aos solos arenosos, da mesma forma que um solo bem agregado tem um maior volume de poros total e maior capacidade de retenção de água do que um pobremente agregado ou compactado.

Em trabalho realizado por Rosier, Carbonneau e Seguin (1995), o solo argiloso permitiu uma disponibilidade hídrica, à videira, mais regular que o arenoso, visto que, os valores de umidade volumétrica do solo arenoso são inferiores à do solo argiloso. Entretanto, foi percebido também, que o solo arenoso, possui uma profundidade explorável pelo sistema radicular. Kuhn (2003) e Reichert et al. (2009), observaram que solos de textura franca, normalmente, apresentam maior potencial de desenvolvimento radicular das videiras e boa capacidade de retenção de água disponível às plantas.

Plantas de solos diferentes não possuem os mesmos consumos de água durante os diversos períodos de crescimento vegetativo. No início do ciclo vegetativo, o consumo hídrico é maior nas plantas que estão sobre o solo arenoso, pois neste solo o desenvolvimento das videiras é mais precoce, em consequência do maior aquecimento do solo e da fácil liberação de água. Dessa forma, as plantas apresentam precocemente maior massa vegetativa, e conseqüentemente, maior consumo hídrico (ROSIER; CARBONNEAU; SEGUIN, 1995).

Tanto a restrição como o excesso de água podem afetar significativamente o comportamento das videiras, comprometendo a produtividade e qualidade das uvas e dos vinhos. Sabe-se que os atributos físico-hídricos dos solos não mudam significativamente de um ano para o outro, podendo assim, através do conhecimento das relações hídricas dos solos, cultivados com as videiras, agregar valor aos vinhos, de acordo com sua tipicidade e qualidade.

No entanto, estudos desta natureza são escassos no Brasil, desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos dos atributos físico-hídricos dos solos, sobre o potencial enológico de uvas viníferas Tempranillo e Syrah cultivadas no Vale do Submédio São Francisco.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Descrição das áreas

O estudo foi realizado no ano de 2017, com colheita entre maio e julho, em dois vinhedos comerciais, um localizado em Lagoa Grande-PE (09°03'02" S 40°11'58" W, 361 m de altitude), composto pela variedade Tempranillo, e o outro em Casa Nova-BA (09°15'48" S 40°51'12" W 427 m de altitude), composto pela variedade Syrah, ambos conduzidos em sistema de condução espaldeira ascendente, estabelecidos a 8 e 7 anos, respectivamente.

O delineamento foi em blocos casualizados, tendo como tratamentos dois tipos de solos (PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo e PA1- Argissolo Amarelo para a variedade Tempranillo, e PA3 - Argissolo Amarelo textura média cascalhenta e PA4 - Argissolo amarelo textura arenosa/média para a Syrah) (Figura 4.1) e três repetições para cada tratamento, sendo cada repetição constituída por 10 plantas, totalizando 60 plantas por variedade. Todos os tratos culturais, manejo da planta, do solo e irrigação foram realizados uniformemente para os dois locais com os distintos solos de cada variedade.

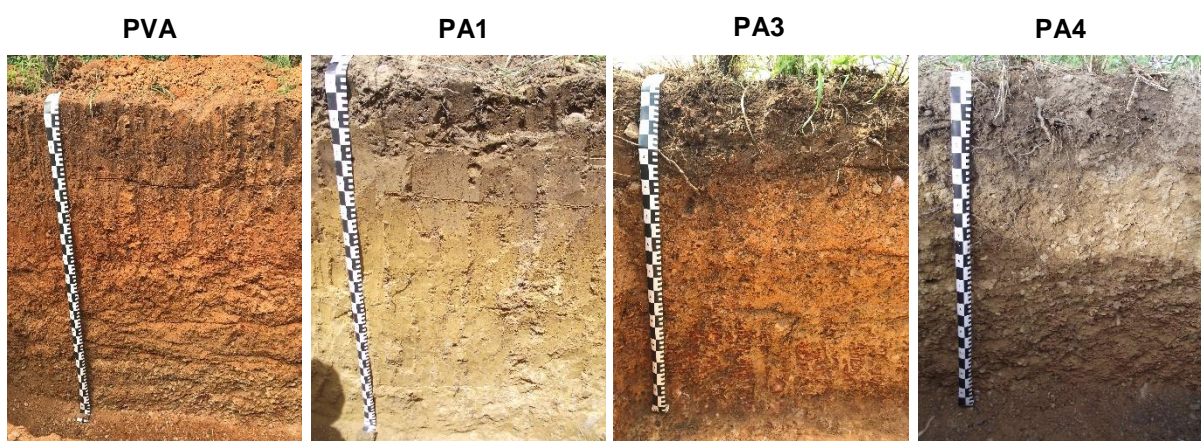


Figura 4.1. Perfil de solos sob vinhedos com variedades Tempranillo e Syrah no Vale do Submédio São Francisco. PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo; PA1- Argissolo Amarelo; PA3 - Argissolo Amarelo textura média cascalhenta; PA4 - Argissolo Amarelo textura arenosa/média

4.2.2. Coleta das amostras de solo

A análise granulométrica dos solos estudados está disposta na tabela 4.1, e as amostras utilizadas para avaliar os processos hídricos dos solos foram coletadas com estrutura indeformada em anéis volumétricos com 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro,

na zona de raízes das videiras. A exceção do perfil PA3, que devido sua pedregosidade somente conseguiu obter amostras no horizonte superficial (Ap). A amostragem foi localizada entre as plantas, coletando 24 amostras por horizonte, totalizando 192 amostras, as quais foram envolvidas em plástico filme e plástico bolha e levadas ao Laboratório de Física de Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para as determinações necessárias.

Tabela 4.1. Frações, composição granulométrica e textura de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco

Horiz.	Prof. cm	Calhaus	Cascalhos	TFSA	Areia	Silte	Argila	Textura
		%			g kg ⁻¹			
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico								
Apf	0-30	0	4	96	653	159	188	Francoarenosa
Btf1	30-75	0	15	85	354	168	479	Argila
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático								
Ap	0-20	0	4	96	611	139	250	Franco-argiloarenosa
E	20-37	0	2	98	696	132	172	Francoarenosa
Bt	37-80	0	4	96	369	158	472	Argila
PA3 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico								
Ap	0-25	3	25	72	739	112	150	Francoarenosa
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupático plintossólico								
Ap	0-25	0	4	96	790	80	130	Areia franca
Bt	25-60	0	6	94	687	73	240	Franco-argiloarenosa

Horiz.: horizontes; Prof.: profundidade; TFSA: terra fina seca ao ar.

4.2.3. Análises físico-hídricas

Após preparação das amostras, estas foram saturadas por meio de elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja até apresentarem um espelho d'água e, em seguida, submetidas a análise de condutividade hidráulica saturada (Ksat), segundo o método do permeâmetro de carga constante, por meio da aplicação da equação de Darcy, como descrito por Reynolds e Elrick (2002). Para determinar a curva característica de retenção de água nos solos (CCRAS), as amostras foram ressaturadas por 24 horas e, em seguida, submetidas as tensões de 1, 6 e 10 kPa utilizando mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968), e 33, 80, 300, 900 e 1.500 kPa em câmara de Richards (DANE; HOPMANS, 2002). Ao atingirem o equilíbrio, os conjuntos anel-amostra foram pesados e imediatamente, foi determinada a resistência do solo à penetração de raízes (RP), com utilização do penetrômetro eletrônico de

bancada, utilizando agulha com base na forma de cone, com 4 mm de espessura e ângulo de 30°, sendo inserida na amostra com velocidade de 0,03 mm s⁻¹. O aparelho é acoplado a um computador para a aquisição dos dados. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105 °C por 24 horas, para determinação da densidade do solo (Ds). A partir desses dados calculou-se a macro, meso, micro e criptorosidade dos solos.

4.2.4. Análises das uvas e mosto

Em campo foram determinados a produção por planta, produção por hectare e número de cachos por planta de cada tratamento. Em seguida, foram coletadas 300 bagas aleatoriamente em cada tipo de solo, coletando 10 bagas por planta de diferentes partes dos cachos, perfazendo 100 bagas por repetição. As amostras foram encaminhadas ao laboratório para análises da massa das bagas, volume do mosto de cada repetição, potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT) e o sólidos solúveis totais – SST (°Brix) (OIV, 2009).

4.2.5. Análise estatística

Os dados físico-hídricos dos solos foram analisados por meio da estatística descritiva, calculando média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação. O coeficiente de variação (CV) foi classificado como base no critério de Warrick e Nielsen (1980), em que classifica CV baixo < 12%, médio 12 a 60% e alto > 60%. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística de variância ANOVA, e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico Sisvar®.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Variáveis físico-hídricas

Os resultados da estatística exploratória das variáveis físico-hídricas dos solos são apresentados na Tabela 4.2 e 4.3. Na análise dos resultados obtidos, percebeu-se que os valores de média e mediana das variáveis estudadas são semelhantes ou próximos, o que evidencia uma distribuição simétrica compatível com uma distribuição normal.

Segundo os critérios de Warrick e Nielsen (1980), apenas no PVA – Btf1 as variáveis condutividade hidráulica saturada (Ksat) e macroporosidade apresentaram CV alto, nos demais horizontes dos solos estudados foi médio, assim como a mesoporosidade. A microporosidade e criptoporosidade apresentaram, em alguns horizontes, CV baixo e em outros médios, já a porosidade total e a densidade do solo foram classificadas como de variação baixa. A variabilidade de um atributo pode ser classificada de acordo com o CV, e os valores elevados podem indicar a existência de heterogeneidade nos dados, no entanto, quanto aos valores de Ksat e macroporosidade podem ser explicados pela presença de obstáculos como raízes das videiras e cascalhos, como também pela atividade microbiota do solo (FROGBROOK et al., 2002; EGUCHI; SILVA; OLIVEIRA, 2003; AMORIM et al., 2011).

Entre os solos estudados, pode-se observar que o horizonte superficial (Ap) do PA4 apresentou maior valor de condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) ($457,54 \text{ mm h}^{-1}$), conseqüentemente, melhores valores de densidade do solo e porosidade total, representada em sua maioria, pelos mesoporos, com $0,18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

O PA3, que estava sob a variedade Syrah, assim como PA4, apresentou valor de Ksat $203,09 \text{ mm h}^{-1}$, mostrando assim uma menor capacidade de infiltração em relação a este solo, mesmo apresentando valores de macroporos semelhantes, os quais são os maiores responsáveis pela infiltração de água no solo. Dessa forma, dependendo da intensidade de água que chegue na superfície desses solos, o PA3 permanecerá com água em superfície por mais tempo, ou até mesmo escoar, apesar deste solo apresentar-se com maiores quantidades de calhaus e cascalhos (Tabela 4.1). Como foi dito na metodologia, no PA3, apenas coletou-se amostras do horizonte superficial (Ap) devido a sua grande pedregosidade ao longo do perfil, não permitindo a inserção dos anéis. Com isso, os resultados estão de acordo com a revisão feita por Zhang et al. (2016), em que os processos hídricos são dificultados quando a pedregosidade encontra-se ao longo do perfil.

O horizonte Ap do PVA e P1, os quais estavam na área com a variedade Tempranillo, apresentaram diferença estatística apenas em macroporos e porosidade total, sendo semelhantes nas demais variáveis estudadas. Estando coerente com suas composições granulométrica semelhantes (Tabela 4.1).

Como nos Argissolos existe uma tendência de crescimento de teor de argila com o aprofundamento do perfil, observa-se na tabela 4.3, com os resultados físico-

hídricos dos horizontes subsuperficiais, que os valores de k_{sat} são menores que os da tabela 4.2., com os resultados dos horizontes superficiais.

Tabela 4.2. Estatística exploratória e teste de médias para os resultados físico-hídricos no horizonte superficial (Ap) de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco

Estatística exploratória	Ksat	Mac	Mes	Mic	Cripto	Pt	Ds
	mm h ⁻¹	cm ³ cm ⁻³				kg dm ⁻³	
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico plintossólico – Apf (0-30 cm)							
Média	57,72 c	0,04 c	0,04 c	0,17 a	0,09 a	0,34 c	1,63 ab
Mediana	48,88	0,04	0,04	0,17	0,09	0,34	1,63
Desvio-padrão	26,65	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,11
CV (%)	46,17	40,24	35,08	4,66	16,36	7,52	6,70
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico – Ap (0-20 cm)							
Média	45,45 c	0,06 b	0,05 c	0,15 a	0,10 a	0,37 b	1,67 a
Mediana	49,11	0,06	0,05	0,15	0,10	0,38	1,67
Desvio-padrão	19,66	0,02	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07
CV (%)	43,26	25,67	21,07	11,21	14,78	8,58	4,45
PA3 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico plintossólico – Ap (0-25 cm)							
Média	203,09 b	0,08 a	0,07 b	0,16 a	0,08 a	0,40 b	1,59 b
Mediana	190,80	0,08	0,07	0,19	0,06	0,39	1,60
Desvio-padrão	62,75	0,02	0,01	0,04	0,03	0,04	0,11
CV (%)	30,90	29,39	20,42	28,27	49,38	11,08	7,14
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abruptico plintossólico – Ap (0-25 cm)							
Média	457,54 a	0,08 a	0,18 a	0,15 a	0,10 a	0,51 a	1,28 c
Mediana	423,08	0,09	0,18	0,15	0,10	0,53	1,29
Desvio-padrão	191,27	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04	0,10
CV (%)	41,80	21,81	18,80	10,41	10,00	8,29	8,06

Ksat: condutividade hidráulica saturada; Mac: macroporosidade; Mes: mesoporosidade; Mic: microporosidade; Cripto: criptoporosidade; Pt: porosidade total; Ds: densidade do solo; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em subsuperfície o PA4 apresentou maior valor de K_{sat} (171,92 mm h⁻¹), no entanto, a porosidade total mostrou-se com valores inferiores, apresentando maior valor em PVA, representado pelos microporos e criptoporos, verificando assim, a pouca relação desses tamanhos de poros com a condutividade hidráulica. Os horizontes E e Bt, do PA1 mostraram menores valores de K_{sat} , indicando que esses horizontes são menos permeáveis à água, o que pode contribuir para a formação de um lençol suspenso. A macro e microporosidade não diferiram estatisticamente.

No horizonte E do PA1, nota-se, que a densidade do solo foi de 1,73 kg dm⁻³, sendo a maior dentro dos solos analisados, e conseqüentemente, a porosidade total se mostrou com menor valor. Fatores esses que indicam uma infiltração muito lenta de água nesse perfil de solo, corroborada pela identificação morfológica em campo, da estrutura maciça do horizonte E, ou seja, nesse horizonte a massa do solo não

contém unidades estruturais discerníveis, as quais tem reflexos direto com a infiltração, retenção e redistribuição de água no solo (RIBEIRO; OLIVEIRA; ARAÚJO FILHO, 2012). Segundo Chavarria et al. (2011), solos com drenagem restrita, prejudica a qualidade da uva.

O PVA, no horizonte Btf1, apresentou melhor valor de criptoporosidade, estando de acordo com sua composição granulométrica e textura argila, inferindo uma maior retenção de água no solo não disponível às plantas, devido ao diâmetro reduzido desses poros, fazendo com que a água fique retida mais energicamente (KLEIN; LIBARDI, 2002). Os meso e microporos são os responsáveis pela retenção de água disponível às plantas, e nesse horizonte a mesoporosidade apresentou-se com valor menor.

Tabela 4.3. Estatística exploratória e teste de médias para os resultados físico-hídricos no horizonte E do P1 e nos horizontes diagnósticos (Bt) de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco

Estatística exploratória	Ksat	Mac	Mes	Mic	Cripto	Pt	Ds
	mm h ⁻¹	cm ³ cm ⁻³				kg dm ⁻³	
PVA – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupção plintossólico – Btf1 (30-75 cm)							
Média	60,83 b	0,05 a	0,03 c	0,16 a	0,20 a	0,42 a	1,56 c
Mediana	48,59	0,04	0,02	0,15	0,17	0,41	1,56
Desvio-padrão	42,52	0,04	0,01	0,00	0,06	0,05	0,07
CV (%)	69,90	71,02	51,07	5,35	32,74	11,00	4,38
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupção – E (20-37 cm)							
Média	8,39 c	0,05 a	0,04 b	0,13 a	0,10 b	0,32 c	1,73 a
Mediana	9,08	0,05	0,04	0,14	0,10	0,31	1,75
Desvio-padrão	3,32	0,01	0,00	0,02	0,04	0,03	0,05
CV (%)	39,57	28,37	22,09	15,61	40,00	8,07	2,78
PA1 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupção – Bt (37-80 cm)							
Média	24,76 c	0,06 a	0,05 b	0,14 a	0,11 b	0,36 b	1,69 b
Mediana	21,17	0,05	0,05	0,14	0,12	0,36	1,69
Desvio-padrão	12,68	0,02	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04
CV (%)	51,21	35,24	19,35	7,14	10,18	7,60	2,49
PA4 – ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupção plintossólico – Bt (25-60 cm)							
Média	171,92 a	0,05 a	0,09 a	0,13 a	0,06 b	0,34 c	1,57 c
Mediana	163,64	0,05	0,10	0,13	0,05	0,34	1,56
Desvio-padrão	61,21	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04
CV (%)	35,60	30,47	22,26	11,45	44,09	5,03	2,66

Ksat: condutividade hidráulica saturada; Mac: macroporosidade; Mes: mesoporosidade; Mic: microporosidade; Cripto: criptoporosidade; Pt: porosidade total; Ds: densidade do solo; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2. Curva característica de retenção de água no solo

Para determinar o conteúdo de água retido no solo e sua respectiva energia de retenção (Ψ) foi realizada a construção da curva característica de retenção de água no solo (CCRAS) nos horizontes Ap e Bt dos solos estudados, exceto o PA3.

Observa-se na Figura 4.2 que CCRAS dos horizontes Ap, demonstrou que o PA1 apresenta maior retenção de água sob baixas tensões do que o PVA, altas umidades, representado pela macroporosidade, estando de acordo com os resultados obtidos na tabela 4.2. No horizonte Bt desses solos, Figura 4.3, o PVA apresentou maior retenção de água em todas as tensões analisadas, relacionando-se ao maior valor de porosidade total (Tabela 4.3).

Entre os solos que estavam sob cultivo da variedade Syrah, PA3 e PA4, observa-se na Figura 4.2, que o PA4 apresenta maior retenção de água em altas umidades, diminuindo consideravelmente sua retenção quando se diminui a umidade. Isso pode ser atribuído a maior quantidade de macroporos existentes nesse solo, como também a menor densidade do solo. Em solos cultivados, o conteúdo de matéria orgânica e a atuação dos sistemas radiculares que exploram o solo e ao senescerem ocupam os espaços contribuem para o aumento da porosidade e conseqüentemente, da densidade do solo (CAMPOS, et al., 2018).

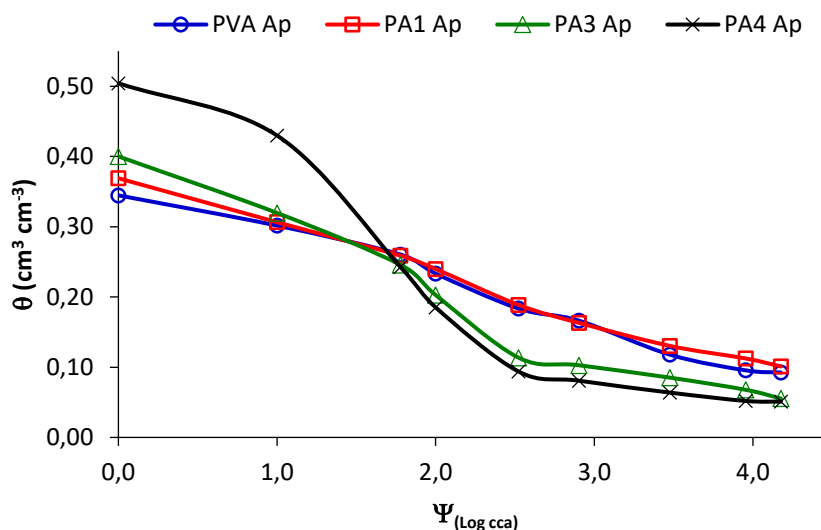


Figura 4.2. Curva característica de retenção de água no solo dos horizontes Ap dos quatro perfis de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco. PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PA1: Argissolo Amarelo textura média/argilosa; PA3: Argissolo Amarelo textura média cascalhenta; PA4: Argissolo Amarelo textura arenosa/média

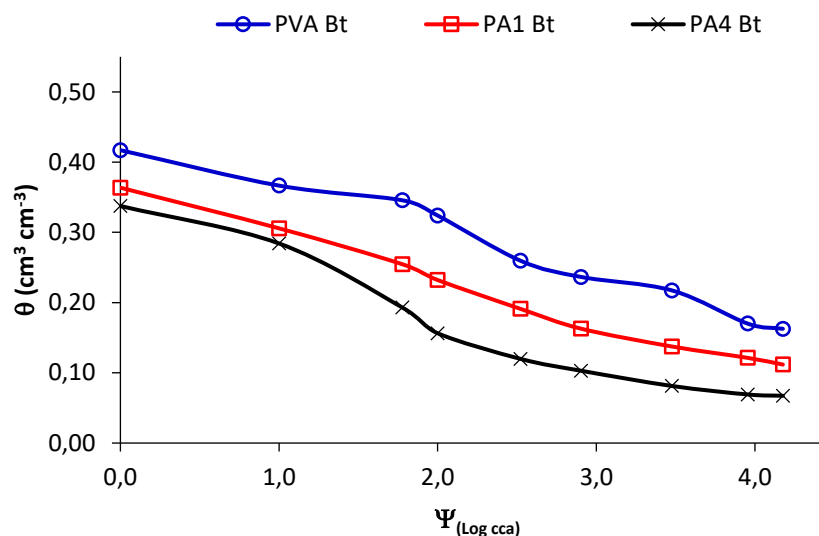


Figura 4.3. Curva característica de retenção de água no solo dos horizontes Bt de três perfis de solos sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco. PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PA1: Argissolo Amarelo textura média/argilosa; PA4: Argissolo Amarelo textura arenosa/média

4.3.3. Resistência do solo a penetração de raízes

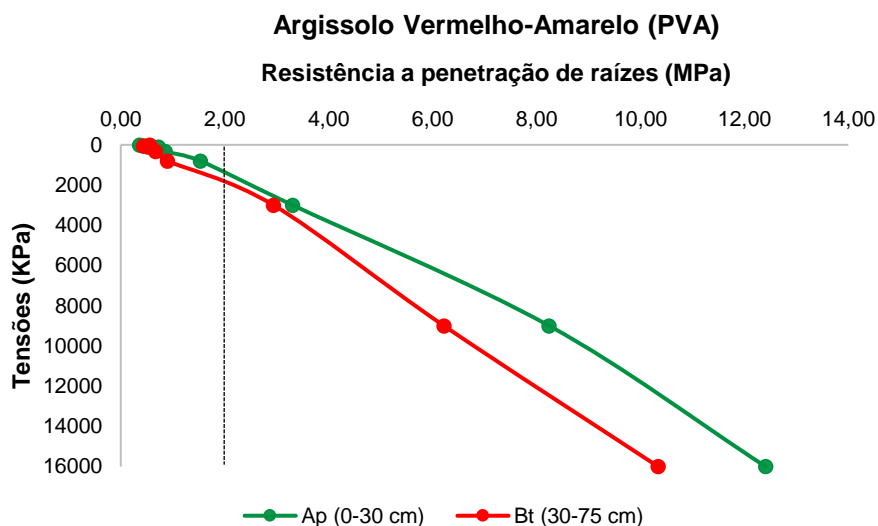
A resistência do solo à penetração de raízes está diretamente relacionada as condições físico-hídricas do solo, como textura, densidade do solo e gradiente de umidade (BUSSCHER et al., 1997; TORMENA; SILVA; LIBARDI, 1998). Com isso, observa-se nos solos estudados que com o aumento da densidade do solo e das maiores tensões aplicadas ao solo, a resistência do solo à penetração de raízes aumenta (Figura 4.4).

A linha tracejada da figura 4.4 define a resistência do solo a penetração de raízes de 2 MPa, onde, segundo a classificação da Soil Survey Staff (2017), a resistência do solo à penetração de raízes maior do que 2 MPa, é considerado crítico ao desenvolvimento da maioria das culturas.

Nos solos estudados, na tensão de 80 kPa, a qual considera-se como limite máximo para irrigar, os valores de resistência à penetração foram iguais ou maiores do que 2 MPa, exceto no horizonte Ap do PA4, o qual apresentou valores baixos em todas as umidades analisadas, sendo com valor mínimo de 0,13 MPa na tensão de 1 kPa à 1,05 MPa na tensão de 1500 kPa, estando compatível com o menor valor de densidade do solo e porosidade total. O horizonte E do PA1 apresentou maiores valores de resistência à penetração de raízes, variando de 0,93 MPa na tensão de 1

kPa, 1,43 MPa na capacidade de campo (33 kPa), até 11,88 MPa no ponto de murcha permanente (1500 kPa). Esses valores podem limitar o desenvolvimento das plantas, de forma que quando a resistência do solo é maior do que a pressão celular, as raízes crescem na direção de menor resistência, mudando sua distribuição e apresentando deformação do sistema radicular (REINERT; REICHERT, 2006).

Com exceção do solo PVA, o horizonte superficial desses solos, apresentaram menor resistência à penetração de raízes do que os horizontes subsuperficiais. Apesar de estatisticamente não mostrarem diferenças, os microporos tendem a aumentar em subsuperfície, nos Argissolos, devido a maior quantidade de argila e menor de areia, em relação a superfície do solo. Com isso, uma menor penetração de raízes entre 20 e 30 cm de profundidade pode ocorrer, em consequência da maior microporosidade, que restringe a infiltração de água, como também a reposição do nível adequado de oxigênio nesses horizontes, podendo assim favorecer a concentração de raízes nas primeiras camadas do solo (RICHARDS, 1983; NAGARAJAH, 1987).



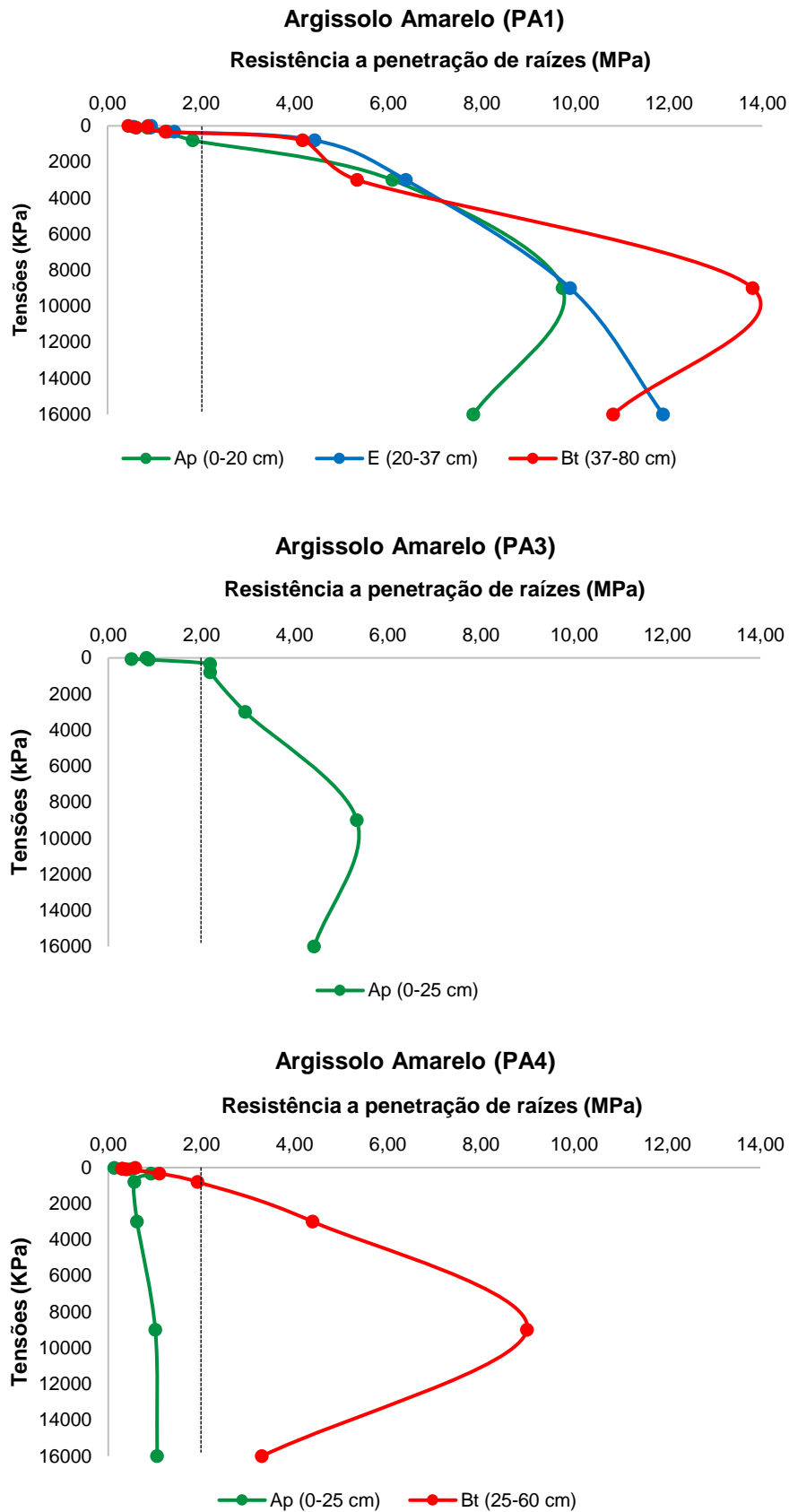


Figura 4.4. Resistência do solo à penetração de raízes (Mpa) em função das tensões aplicadas nos quatro perfis de solo sob vinhedos no Vale do Submédio São Francisco. PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PA1: Argissolo Amarelo textura média/argilosa; PA3: Argissolo Amarelo textura média cascalhenta; PA4: Argissolo Amarelo textura arenosa/média

4.3.4. Características das uvas e videiras

Os resultados de rendimento das videiras Tempranillo e Syrah e do mosto de seus frutos encontram-se dispostos na tabela 4.4.

Observa-se, que para a variedade Tempranillo, as uvas provenientes do PA1 apresentaram melhores resultados nas variáveis de rendimento analisadas, (produção por planta, produção por hectare e número de cachos por planta), com valores quase o dobro em relação aos rendimentos das uvas provenientes do PVA. Esses solos, apesar de apresentarem composição granulométrica semelhante (Tabela 4.1), observa-se na curva característica de retenção de água no solo, do horizonte Bt, (Figura 4.3) que o PVA apresenta maior retenção de água no solo. No entanto, a percolação de água no PA1 é dificultada nos horizontes subsuperficiais E e Bt, observado através dos valores de K_{sat} (Tabela 4.3), como também a pedofoma côncava onde está localizado esse solo, favorecendo uma drenagem imperfeita, o que faz com que permaneça com água por maior tempo. Dessa forma, essa água por um período de tempo maior, nesse solo, possa ter favorecido maiores rendimentos das videiras.

Para a variedade Syrah, notou-se que o solo PA4, com textura areia franca no horizonte superficial e franco-argiloarenosa em subsuperfície, apresentou melhores resultados nas variáveis analisadas, com diferença estatística em produção por planta e por hectare, como também, peso das bagas e volume do mosto. Segundo Chavarria et al. (2011), a maior disponibilidade hídrica para as videiras proporciona melhores condições para ganho em produtividade, assim como também, o maior conteúdo de água nas bagas favorece a formação de cachos mais pesados, por outro lado, tais características podem não ser favoráveis a qualidade enológica.

Apesar das diferenças estatísticas nas variáveis de rendimentos das duas variedades analisadas, nota-se que não houve diferença estatística nas variáveis do mosto. Isso possa ter decorrido em função do controle para época de colheita, a qual em uvas viníferas é feita a partir de análises, em campo, do ponto de maturação tecnológica, onde observa-se que não ocorre mais acúmulo significativo de açúcares, nem expressiva queda da acidez no mosto (GUERRA; ZANUS, 2003).

Segundo Fogaça et al. (2005), o pH ótimo da uva para elaboração de vinhos finos deve-se encontrar na faixa de 3,4 a 3,8, sendo essa a faixa de valor encontrada no pH das uvas Tempranillo e Syrah analisadas.

Tabela 4.4. Componentes do rendimento e características do mosto de videiras Tempranillo e Syrah, em vinhedo cultivado em dois tipos de solos no Vale do Submédio São Francisco

Solos	Produção p/planta kg	Produção p/hectare T	Cachos p/planta un	Peso (100 bagas) g	Volume (100 bagas) mL	pH	SST °Brix	ATT g L ⁻¹
TEMPRANILLO								
PVA	1,79 b ± 0,67	5,96 b ± 2,25	13,78 b ± 3,19	154,48 a ± 18,36	82,66 a ± 17,51	3,46 a ± 0,19	21,79 a ± 2,08	6,64 a ± 1,10
PA1	3,10 a ± 0,64	10,35 a ± 2,12	20,12 a ± 3,83	167,56 a ± 19,69	88,66 a ± 11,70	3,35 a ± 0,14	20,41 a ± 1,96	6,57 a ± 1,55
SYRAH								
PA3	0,81 b ± 0,32	3,73 b ± 1,48	10,59 a ± 4,36	146,70 b ± 9,37	58,60 b ± 13,88	3,84 a ± 0,43	21,76 a ± 1,67	6,33 a ± 1,20
PA4	1,42 a ± 0,16	6,50 a ± 0,73	13,15 a ± 2,28	173,94 a ± 11,92	74,62 a ± 11,92	3,68 a ± 0,22	21,64 a ± 0,97	6,09 a ± 1,05

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. pH: potencial hidrogeniônico; SST: sólidos solúveis totais; ATT: acidez total titulável. PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PA1: Argissolo Amarelo textura média/argilosa; PA3: Argissolo Amarelo textura média cascalhenta; PA4: Argissolo Amarelo textura arenosa/média.

4.4. CONCLUSÕES

A produtividade agrícola das videiras foi influenciada pela disponibilidade hídrica dos solos. A menor permeabilidade das camadas subsuperficiais do Argissolo Amarelo, sob a variedade Tempranillo, favoreceu um maior período de água no solo e maior produtividade. O Argissolo Amarelo textura arenosa/média, sob a variedade Syrah, com maior retenção de água no solo, apresentou melhores resultados de rendimentos.

Ambas as variedades apresentaram maturação tecnológica dentro dos parâmetros para produção de vinhos finos, com valores menores, não significativo, nos solos com maior fornecimento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, D. D.; GONTIJO, I.; SANTOS, E. O. J.; NICOLE, L. R. Correlação espacial entre a condutividade hidráulica e atributos físicos do solo. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 263-275, 2011.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 155.

BRAVDO, B. A. Effect of cultural practices and environmental factors on wine production and quality. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 652, 119-124, 2004.

BUSSCHER W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 33, n. 2, p. 519-524, 1990.

CAMPOS, S. A.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C.; NEVES, J. C. L. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob plantio direto. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 41, p. 230-240, 2018. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i41.6859>

CORREIA, J. S. **Irrigação deficitária em videira de vinho cv. Syrah durante o período chuvoso no semiárido**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

CHAMPAGNOL, F. Aspects physiologiques de la qualité de la vendange. **Progres Agricole et Viticole**, Montpellier, v. 9, p. 3-12, 1978.

CHAVARRIA, G.; BERGAMASCHI, H.; SILVA, L. C. da.; SANTOS, H. P. dos.; MANDELLI, F.; GUERRA, C. C.; FLORES, C. A.; TONIETTO, J. Relações hídricas, rendimento e compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 481-487, 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011005000004>

DADKHAH, M.; GIFFORD, G. F. Influence of vegetation, rock cover and trampling on infiltration rates and sediment production. **Water Resources Bulletin**, Bethesda, v. 16, p. 979-986, 1980. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1980.tb02537.x>

DANE, J. H.; HOPMANS, J. W. Pressure plate extractor. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Eds.). Methods of soil analysis. Physical methods. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Part 4. p. 688-690, 2002.

DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; WANG, Z.; OJEDA, H. Vine and water: a short review. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 38, n.1, p. 1-13, 2004.

DEXTER, A. R.; YOUNGS, I. M. Soil physic toward 2000. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 24, p. 101-106, 1992.

EGUCHI, E. S.; SILVA, E. L.; OLIVEIRA, M. S. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e da taxa de infiltração básica determinadas "in situ". **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, Edição especial, p. 1607-1613, 2003.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE J. R. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 81, n. 4, p. 409-420, 2001. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200103\)81:4<409::AID-JSFA830>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200103)81:4<409::AID-JSFA830>3.0.CO;2-H)

FOGAÇA, A. O.; DAUDT, C. E.; DORNELES, F. Evolução dos valores de potássio e pH durante a maturação de uvas cv. Cabernet Sauvignon em duas safras. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA. Bento Gonçalves-RS, **Anais...**Embrapa Uva e Vinho, 2005.

FROGBROOK, Z. L.; OLIVER, M. A.; SALAH, M.; ELLIS, R. H. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. **Soil Use and Management**, Estados Unidos, v. 18, n. 1, p.1-9, 2002. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00043.x>

GUERRA, C. C.; ZANUS, M. C. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. Embrapa Uva e Vinho, Sistema de Produção 4. ISSN 1678-8761, versão eletrônica, 2003.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 26, p. 857-867, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832002000400003>

KUHN, G. B. **Uva para processamento**: produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 134 p. (Frutas do Brasil, 34).

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; RUFATO, L.; MIQUELLUTI, D. J.; WARMLING, M. T. Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 97-104. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100013>

MC CARTHY, M. G. The effect of transient water deficit on berry development of Shyrax Vitis Vinifera L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 3, p. 102-108, 1997.

NAGARAJAH, S. Effects of soil texture on the rooting patterns of Thompson Seedles vines on own roots and on Ramsey rootstock in irrigated vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 38, n. 1, p. 54-59, 1987.

OIV - Organization Internationale de la Vigne et du Vin. **Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis**, Paris: OIV, v.1, 2009, 419p.

OLIVEIRA, L. B. de. Determinação da macro e microporosidade pela "mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 197-200, 1968.

REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.A.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; URACH, F.L.; CARLESSO, R. Estimation of water retention and availability in soils of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1547-1560, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600004>

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. UFSM, 2006. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/propriedadesfisicas.pdf Acesso em 26 de janeiro 2019.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. Constant head well permeameter (vadose zone). In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Eds). Methods of soil analysis. Physical methods. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Part 4, p. 844-858, 2002.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P., (Eds.). **Pedologia**; Fundamentos. Viçosa: SBCS, 2012. p. 48-78.

RICHARDS, D. The grape root system. **Horticultural Review**, Victoria, v. 5, p. 127-168, 1983. <https://doi.org/10.1002/9781118060728.ch3>

ROSIER, J. P.; CARBONNEAU, A.; SEGUIN, G. Consumo hídrico da videira em função do tipo de solo e do sistema de condução. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 819-824, 1995.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p.1775-1781, 1994.

SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. **USDASCS**. U.S. Gov. Print. Office, Washington, 2017. 437p.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 573-581, 1998.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., (ed.). Applications of soil physics. **Academic Press**, New York, 1980. 350p.

ZHANG, Y.; ZHANG, M.; NIU, J.; LI, H.; XIAO, R.; ZHENG, H.; BECH, J. Rock fragments and soil hydrological processes: significance and progress. **Catena**, New York, v. 147, p. 153-166, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.012>

5. EFEITO DO SOLO NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, FENÓLICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS TINTOS TROPICAIS NO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Entre os fatores que interferem na composição e qualidade dos vinhos, destacam-se as condições climáticas e o tipo de solo, além do manejo do vinhedo e protocolos de elaboração, feitos pelo homem. Estes três fatores, clima, solo e homem formam o conceito de “*terroir*”, adotado por todos os países vitivinícolas no mundo. A variabilidade destes fatores pode modificar a composição físico-química de uvas e vinhos, bem como os compostos fenólicos, que são responsáveis pelas propriedades organolépticas dos vinhos, como coloração e sabor. Diversos trabalhos mostram também a influência e relação entre os compostos fenólicos com benefícios para a saúde humana. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tipo de solo na composição físico-química, fenólica e atividade antioxidante dos vinhos Tempranillo e Syrah produzidos no Vale do Submédio São Francisco, na região Nordeste do Brasil. Foram selecionados três tipos de solo com a variedade Tempranillo e dois com a variedade Syrah, colhendo-se uvas de cada tipo de solo e elaborando-se os vinhos para cada um deles, em triplicata, durante três safras entre os anos de 2017 e 2018. Os vinhos foram engarrafados e armazenados horizontalmente por trinta dias a $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$, e analisados, para a determinação da composição físico-química, bem como diversos grupos de compostos fenólicos, por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e análise de componentes principais (ACP). Para a variedade Tempranillo, tanto a ANOVA como a ACP mostraram que o fator safra (clima) se sobrepôs ao efeito dos solos, mas houve variações significativas na composição de vinhos dentro de cada safra, segundo os tipos de solos. Nos vinhos Syrah, o Argissolo Amarelo com textura média cascalhenta (PA3) foi discriminado nas três safras pelas ACPs, assim como também apresentou variações significativas nos parâmetros físico-químicos. A composição granulométrica e retenção de água no solo influenciaram na concentração de fenólicos e atividade antioxidante, evidenciando assim, que os atributos físicos e físico-hídricos dos solos têm efeitos significativos sobre a qualidade e tipicidade de vinhos Syrah no Vale do São Francisco.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L.. Uva. Vitivinicultura. Polifenóis. Atributos físicos e químicos do solo.

5. EFFECT OF SOIL ON PHYSICOCHEMICAL, PHENOLIC COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF TROPICAL RED WINES IN NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

Among the factors influencing on wine composition and quality are the climatic conditions, the soil type, vineyard management and winemaking protocols by man. These three factors, climate, soil and man form the “*terroir*” concept, used by all traditional countries in the world. The variability of these factors may modify physicochemical composition of grapes and wines, as well as phenolic compounds, which are responsible for the organoleptic properties of the wines, as color and taste. Many studies have shown also the influence and relation between phenolic compounds with benefits for human health. The objective of this study was to evaluate the effect of the soil type on the phenolic composition and antioxidant activity of Tempranillo and Syrah tropical wines produced in the Sub-Middle São Francisco Valley, in the Northeastern Brazil. Three soil types were selected for Tempranillo variety and two for the Syrah variety, and grapes were collected from each soil and vinified in triplicate during three harvests between 2017 and 2018. The wines were bottled and stored horizontally for thirty days at $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$, and analyzed to determine physicochemical composition, as well as several groups of phenolic compounds by high performance liquid chromatography (HPLC). The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and principal component analysis (PCA). For the Tempranillo variety, both ANOVA and PCA showed that the vintage (climate) factor overlapped the soil effect, but there were significant variations in the wine composition for each vintage, according to different soils. For Syrah wines, the Argissolo Amarelo of chalky texture (PA3) was discriminated in the three harvests by PCA, as well as it also presented significant differences for physicochemical parameters. The granulometric composition and water retention in the soil influenced the phenolic concentration and antioxidant activity, evidencing that the physical and soil physical and hydrological attributes have significant effects on the quality and typicality of Syrah wines in the São Francisco Valley.

Keywords: *Vitis vinifera* L. Grape. Vitiviniculture. Polyphenols. Soil physical and chemical attributes.

5.1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura tem buscado produzir vinhos com maior qualidade, que obtenham diferenciação, tipicidade e originalidade, uma vez que existe uma tendência mundial de redução de consumo de vinhos finos, referindo ao aspecto quantitativo, para um aumento no consumo de vinhos de maior qualidade (FLORES, 2011; MELLO, 2012; LOUSADA, 2015).

Dentre os fatores que interferem na qualidade e composição das uvas viníferas, e conseqüentemente, dos vinhos, destacam-se as condições climáticas, como radiação solar, temperatura e precipitação, e o tipo de solo, o qual pode influenciar no desenvolvimento das videiras e no amadurecimento e concentração de compostos nos frutos através da reserva de água e disponibilidade de nutrientes (RIZZON; ZANUZ; MIELE, 1998; VAN LEEUWEN et al., 2004; SÁNCHEZ; DOKOOZLIAN, 2005; FLORES, 2011), além da ação do homem, nos fatores agrônômicos e manejo da videira, como espaçamento, densidade de plantio, sistemas e tipos de condução, porta-enxertos, clones de variedades, produtividade, bem como, nos protocolos de vinificação (PEYNAUD, 1997; MATTHEWS, 2016). Estes três fatores juntos, clima, solo e homem, compõem a definição de “*terroir*”, que contribui para a diferenciação da composição, qualidade e tipicidade de vinhos em cada região vitivinícola do mundo (CARBONNEAU; CARGNELLO, 2003; CARBONNEAU et al., 2004; VAN LEEUWEN; SEGUIN, 2006; CARBONNEAU et al., 2007).

Os constituintes do vinho são água, álcoois, açúcares, ácidos orgânicos, polifenóis, pigmentos, sais e vitaminas (SOUZA et al., 2006). Dessa forma, os parâmetros enológicos clássicos, como álcool, pH, acidez total e acidez volátil são utilizados no controle de qualidade do vinho. A acidez condiciona a estabilidade biológica, a cor e as características gustativas (RIZZON; ZANUS; MIELE, 1998). A acidez total é formada basicamente pelos ácidos tartárico, málico, láctico, cítrico e succínico, e a acidez volátil é representada pelo ácido acético, em que seu baixo teor indica vinho de melhor qualidade, permitido pela Legislação Brasileira o máximo de 1,2 g L⁻¹ (PEYNAUD, 1984). O álcool deve estar entre 10 e 13 °GL, segundo a legislação, sendo os de melhor qualidade aqueles sem adição exógena.

Os compostos fenólicos relacionam-se direta ou indiretamente com as características e qualidade dos vinhos. São responsáveis pela expressão dos aspectos visuais, como a cor, e no paladar, evidencia-se na estrutura, persistência e

adstringência, sendo responsável também pela longevidade, especialmente dos vinhos tintos (CABRITA; RICARDO-DA-SILVA; LAUREANO, 2003; MIELE et al., 2014).

Os vinhos tintos, normalmente, são ricos em compostos fenólicos, e esses podem ser classificados em flavonoides e não-flavonoides. Do primeiro grupo fazem parte os flavanóis, (catequina, epicatequina, epigallocatequina e procianidina A2, B1 e B2), flavonóis (kaempferol, quercetina, rutina, naringenina e hesperidina) e as antocianinas (malvidina, peonidina, pelargonidina, cianidina e delphinidina), estando o consumo desses compostos associados à capacidade antioxidante, antimicrobiana e bactericida. Ao segundo grupo pertencem os ácidos fenólicos, benzoicos e cinâmicos, e outros derivados fenólicos, como os estilbenos, representado principalmente pelo resveratrol, o qual possui baixa concentração em comparação aos outros compostos fenólicos. A composição fenólica do vinho tem atraído atenção especial em decorrência de estudos epidemiológicos que mostraram correlação inversa entre o consumo moderado de vinho e a incidência de doenças cardiovasculares, processos neurodegenerativos e câncer (COMMENGES et al., 2000; CABRITA; RICARDO-DA-SILVA; LAUREANO, 2003; MOÑOZ-ESPADA et al., 2004; RENAUD, et al., 2004; ABE et al., 2007; MUDNIC et al., 2010; XIA et al., 2010).

Alguns pesquisadores acreditam que no vinho tinto, a atividade biológica relacionada aos compostos fenólicos é maior do que no consumo da uva e do suco da uva, devido a intensificação da biodisponibilidade desses compostos após a fermentação (GUILFORD; PEZZUTO, 2011). Lima (2014), menciona em seu trabalho que a atividade antioxidante, normalmente encontrada na literatura, em sucos de uvas brasileiros varia de 2,12 a 11,05 mM TEAC L⁻¹, enquanto que em diversos tipos de vinhos encontram-se valores na faixa de 3,44 a 23,17 mM TEAC L⁻¹.

A produção de vinhos em regiões tropicais é uma prática relativamente recente, iniciando no Nordeste do Brasil em meados dos anos 80, com a consolidação de variedades *Vitis vinífera* L., como Syrah, Tempranillo, Cabernet Sauvignon, Alicante Bouschet, Sauvignon Blanc, Chenin Blanc e Moscato Canelli, que se destacaram em suas produções e potencial enológico. As principais características desta vitivinicultura, quando comparada às regiões temperadas tradicionais, são duas safras por ano, por planta, onde uma videira pode produzir mais de um ciclo por ano, em períodos definidos pelos técnicos e enólogos, de acordo com as demandas de mercado, bem como diferentes tipicidades obtidas nos produtos, em função do mês

em que as uvas são colhidas e os vinhos elaborados (PEREIRA et al., 2016; PEREIRA et al., 2018).

Por apresentarem fácil adaptação a diferentes tipos de climas e solos, a Syrah, uma das mais antigas variedades de uvas existentes, originada na França, e a Tempranillo, oriunda da Espanha, têm sido cultivadas em diversas partes do mundo, e ambas mostraram ótimo desempenho nas condições semiáridas do nordeste brasileiro, sendo as principais cultivares para vinhos tintos no Vale do Submédio São Francisco, usadas também para espumantes (PEREIRA et al., 2009; CAMARGO; PEREIRA; GUERRA, 2011; PEREIRA et al., 2011; PADILHA et al., 2017).

Diante disso, o estudo do potencial enológico de uvas viníferas é de bastante interesse em diversos setores da sociedade, e até o momento, são restritos os trabalhos realizados no Brasil, que avaliem os efeitos do tipo de solo sobre a composição química e os compostos fenólicos dos vinhos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tipo de solo na composição físico-química, fenólica e atividade antioxidante dos vinhos tintos Tempranillo e Syrah produzidos no Vale do Submédio São Francisco, na região Nordeste do Brasil.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Seleção e descrição da área

As uvas utilizadas neste estudo foram provenientes de vinhedos comerciais de vinícolas localizadas nos municípios de Lagoa Grande - Pernambuco e de Casa Nova - Bahia, inseridas na região do Vale do Submédio São Francisco, na latitude 09° S, longitude 40° W e altitude aproximada de 360 metros.

As áreas foram selecionadas após identificação de vinhedos plantados com uma única variedade de mesma idade e mesmo manejo, sobre diferentes tipos de solos. Dessa forma, selecionou-se uma área com a variedade Tempranillo, com vinhedo estabelecido há 8 anos, enxertada sobre o porta-enxerto IAC 572, instalada em sistema de condução tipo espaldeira ascendente, com espaçamento de 3,0 x 1,0 m, com três tipos de solos diferentes. Em outra vinícola, selecionou-se uma área plantada com a variedade Syrah, sendo o vinhedo estabelecido há 7 anos, enxertada sobre o porta-enxerto IAC 766, também conduzida em espaldeira ascendente, e espaçamento de 2,2 m x 1,0 m, com dois tipos de solos distintos.

Os tipos de solos foram usados para delimitar as subáreas, as quais apresentavam limites de aproximadamente 90 m², constituídas por 30 videiras cada uma, onde foi feita a abertura de uma trincheira em cada subárea e realizada a caracterização e classificação dos solos, anteriormente, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os solos na área com a variedade Tempranillo estão representados na Figura 5.1, os quais foram: (PVA) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico A moderado, textura argilosa; (PA1) ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto A moderado, textura média/argilosa, no centro de uma suave depressão; e (PA2) ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto A moderado, textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta, fase pedregosa. Os atributos físicos e químicos, encontram-se dispostos na Tabela 5.1.

Os dois solos na área com a variedade Syrah foram os seguintes: (PA3) ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico A moderado, textura média cascalhenta, fase pedregosa; e (PA4) ARGISSOLO AMARELO Eutrófico abrupto plintossólico A fraco, textura arenosa/média (Figura 5.2), seus atributos físicos e químicos, encontram-se na Tabela 5.2.

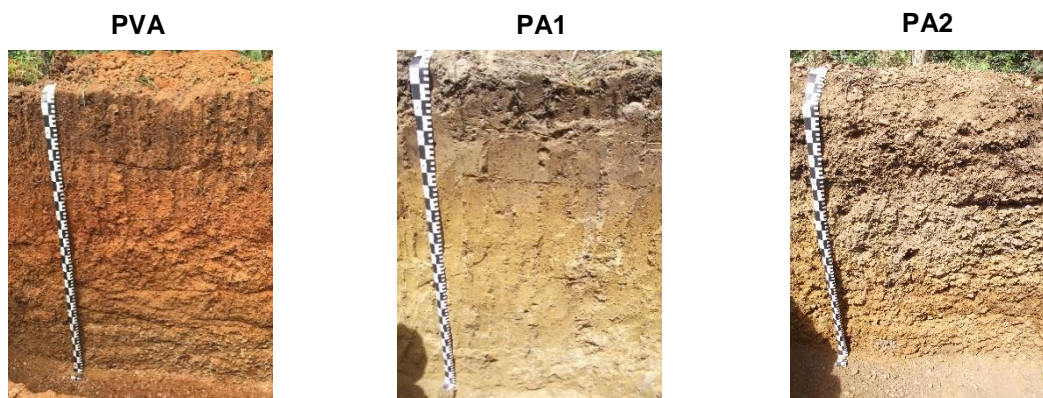


Figura 5.1. Perfis de solo sob vinhedos com variedade Tempranillo, no Vale do Submédio São Francisco.

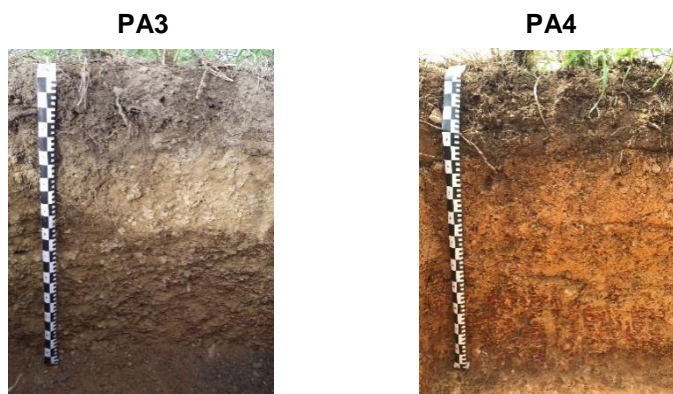


Figura 5.2. Perfis de solo sob vinhedos com variedade Syrah, no Vale do Submédio São Francisco

Tabela 5.1. Atributos físicos e químicos de solos sob vinhedos cv. Tempranillo, no Vale do Submédio São Francisco

Atributos	PVA – Apf	PVA – Btf1	PA1 – Ap	PA1 – E	PA2 – Ap	PA2 – A
Profundidade (cm)	0-30	30-75	0-20	0-37	0-20	20-40
Fração > 2,00 mm (%)	4,0	15,0	4,0	2,0	71,0	70,2
Areia total (g kg ⁻¹)	653,16	353,69	611,27	695,92	587,14	697,65
Silte (g kg ⁻¹)	158,74	167,74	138,73	132,05	238,11	169,93
Argila (g kg ⁻¹)	188,11	478,57	250,00	172,03	174,76	132,43
Ds (kg dm ⁻³)	1,63	1,56	1,68	1,73	1,27	2,07
Macroporos (cm ³ cm ⁻³)	0,04	0,05	0,06	0,05	-	-
Mesoporos (cm ³ cm ⁻³)	0,04	0,03	0,05	0,04	-	-
Microporos (cm ³ cm ⁻³)	0,17	0,16	0,15	0,13	-	-
Ksat	57,72	60,83	45,45	8,39	-	-
Porosidade total (%)	34	42	37	32	52	26
pH (H ₂ O)	6,6	4,9	6,8	6,4	7,6	7,0
Cálcio (cmol _c kg ⁻¹)	3,5	4,4	4,6	2,2	7,8	3,6
Magnésio (cmol _c kg ⁻¹)	2,8	3,5	3,9	0,8	4,4	2,4
Potássio (cmol _c kg ⁻¹)	0,20	0,18	0,21	0,15	0,84	0,20
Sódio (cmol _c kg ⁻¹)	0,02	0,06	0,06	0,10	0,17	0,06
SB (cmol _c kg ⁻¹)	6,5	8,1	8,8	3,3	13,2	6,3
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	9,1	11,9	10,5	5,2	13,3	7,7
V (%)	71	68	84	63	99	81
Fósforo (mg kg ⁻¹)	125	18	104	118	436	234
COT (g kg ⁻¹)	8,97	8,84	19,08	6,05	24,94	8,65

Ds: densidade do solo; Ksat: condutividade hidráulica saturada; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; COT: carbono orgânico total; PVA-Apf: Argissolo Vermelho-Amarelo horizonte Apf; PVA-Btf1: Argissolo Vermelho-Amarelo horizonte Btf1; PA1-Ap: Argissolo Amarelo horizonte Ap; PA1-E: Argissolo Amarelo horizonte E; PA2-Ap: Argissolo Amarelo horizonte Ap; PA2: Argissolo Amarelo horizonte A.

Tabela 5.2. Atributos físicos e químicos de solos sob vinhedos cv. Syrah, no Vale do Submédio São Francisco

Atributos	PA3 – Ap	PA3 – Bt	PA4 – Ap	PA4 – Bt
Profundidade (cm)	0-25	25-57	0-25	25-60
Fração > 2,00 mm (%)	28,0	57,0	4,0	6,0
Areia (g kg ⁻¹)	738,85	429,37	789,73	686,52
Silte (g kg ⁻¹)	111,64	107,04	80,32	73,28
Argila (g kg ⁻¹)	149,51	463,59	129,95	240,20
Ds (kg dm ⁻³)	1,59	1,79	1,27	1,58
Macroporos (cm ³ cm ⁻³)	0,08	-	0,09	0,05
Mesoporos (cm ³ cm ⁻³)	0,07	-	0,18	0,09
Microporos (cm ³ cm ⁻³)	0,16	-	0,15	0,13
Ksat	203,09	-	457,54	171,92
Porosidade total (%)	40	34	51	34
pH (H ₂ O)	6,8	6,7	7,2	7,0
Cálcio (cmol _c kg ⁻¹)	3,7	4,6	3,4	1,8
Magnésio (cmol _c kg ⁻¹)	2,1	1,8	0,8	2,1
Potássio (cmol _c kg ⁻¹)	0,17	0,04	0,32	0,05
Sódio (cmol _c kg ⁻¹)	0,11	0,16	0,08	0,10
SB (cmol _c kg ⁻¹)	6,1	6,6	6,8	4,1
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	7,8	7,8	5,6	5,3
V (%)	78	85	82	77
Fósforo (mg kg ⁻¹)	9	0	24	14
COT (g kg ⁻¹)	17,62	6,81	9,10	3,13

Ds: densidade do solo; Ksat: condutividade hidráulica saturada; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; COT: carbono orgânico total; PA3-Ap: Argissolo Amarelo horizonte Ap; PA3-Bt: Argissolo Amarelo horizonte Bt; PA4-Ap: Argissolo Amarelo horizonte Ap; PA4-Bt: Argissolo Amarelo horizonte Bt.

Por ocasião da maturação tecnológica, foram realizadas três colheitas por área, durante as safras de 2017 e primeiro semestre de 2018. Sendo da Tempranillo a primeira colheita em maio de 2017, a segunda em novembro do mesmo ano e a terceira em maio de 2018. E a Syrah teve a primeira colheita em julho de 2017, a segunda em janeiro de 2018 e a terceira em julho do mesmo ano. Em cada subárea foram colhidos manualmente 45 kg de uvas, para cada tratamento. As uvas foram acondicionadas em contentores plásticos de 20 kg e transportadas para o Laboratório de Enologia da Embrapa em Petrolina-PE.

As análises físico-químicas e espectrofotométricas da uva e do vinho foram realizadas de acordo com protocolos padrões e metodologias validadas (LIMA et al., 2014; LIMA et al., 2015; OIV, 2016; PADILHA et al., 2016).

O delineamento experimental foi blocos casualizados, composto por três tratamentos e três repetições para a variedade Tempranillo, e dois tratamentos e três repetições para a Syrah. Os tratamentos consistiram nos diferentes tipos de solo de cada variedade. Não foram realizadas comparações de composição entre as safras, apenas entre os tratamentos (tipos de solos) em cada safra avaliada.

5.2.2. Dados climáticos

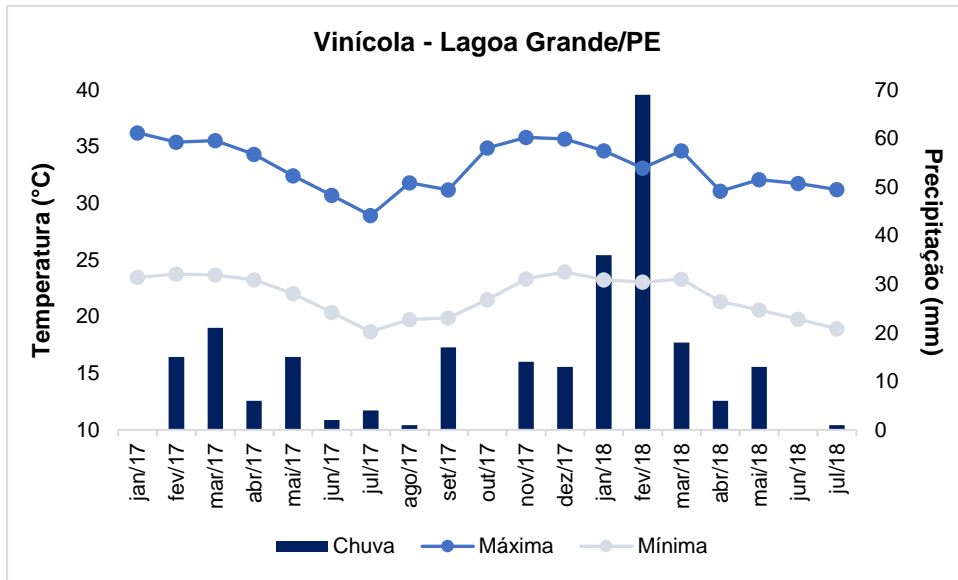
O clima da região do Vale do Submédio São Francisco é do tipo BShw' – semiárido quente, com temperatura média anual de 26°C, sendo a média das mínimas 21°C e das máximas 32°C. Em função das características climáticas e temperatura associada à localização geográfica intertropical, e à limpidez atmosférica na maior parte do ano, a evapotranspiração de referência é muito alta, com média anual de 2.100 mm, insolação de 2800 horas, aproximadamente 300 dias de sol por ano, e umidade relativa do ar de 50% (JACOMINE et al., 1973; CUNHA et al., 2008; SILVA et al., 2010).

O período seco abrange sete a oito meses. A precipitação pluvial média anual varia de 400 a 600 mm, que ocorre de forma irregular e concentrada em três a quatro meses, e ocorrem em poucos dias do ano, geralmente de novembro a março (CUNHA et al., 2008; SÁ et al., 2009; SILVA et al., 2010). A figura 5.3 apresenta os dados de precipitação e temperatura em Lagoa Grande e Casa Nova durante os anos de 2017 e primeiro semestre de 2018 e a fenologia da videira durante esse período.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
poda	brotação	florada	maturação/ colheita	repouso	poda	brotação	florada	maturação/ colheita	repouso		

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
repouso	poda	brotação	florada	maturação/ colheita

Tempranillo 2017/18



Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
repouso	poda	brotação	florada	maturação/ colheita	repouso	brotação	florada				

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
maturação/ colheita	repouso	poda	brotação	florada	maturação	colheita

Syrah 2017/18

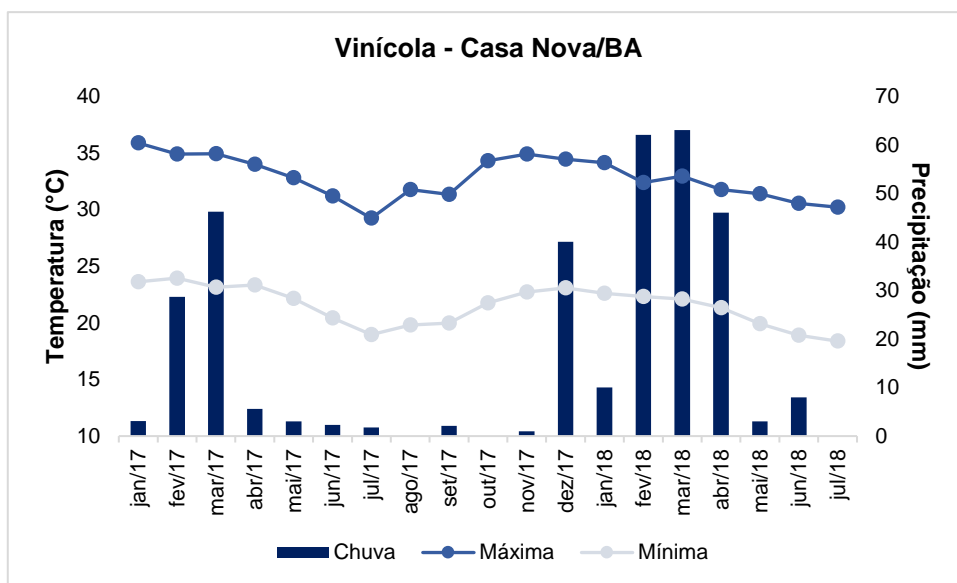


Figura 5.3. Fenologia das videiras Tempranillo e Syrah, precipitação e temperaturas máxima e mínima observadas durante os anos de 2017 e 2018 em Lagoa Grande-PE e Casa Nova-BA

5.2.3. Elaboração dos vinhos

Em cada subárea, as uvas foram colhidas separadamente, em triplicata, levadas à câmara fria e mantidas a 10 ± 2 °C, para retirada do calor de campo. Em seguida, foram desengaçadas manualmente, pesadas, levemente esmagadas e colocadas em recipientes de vidro de 20 litros, onde foram colocados 15 Kg de uvas em cada cuba, adaptados com válvulas de Müller. Foram elaborados vinhos tintos tradicionais, de acordo com protocolos padrões, com controle de temperatura durante as fermentações, e uso de antioxidante (metabissulfito de potássio) (PEYNAUD, 1997). A fermentação alcoólica ocorreu a 25 ± 2 °C, por cinco dias, com uma remontagem diária. Após esse período foi realizado a prensagem e os vinhos foram colocados em recipientes de 10 litros para continuidade da fermentação alcoólica. Em seguida foi iniciada a fermentação malolática a 18 ± 2 °C, e após o término desta etapa, o vinho foi trasfegado, corrigido o dióxido de enxofre, engarrafado e armazenado a 16 ± 2 °C por 30 dias na posição horizontal para estabilização. Após este prazo realizou-se as análises físico-químicas dos vinhos.

5.2.4. Análises físico-química dos vinhos

As análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT), acidez volátil (AV), densidade relativa, teor alcoólico, extrato seco total, dióxido de enxofre livre e total foram realizadas seguindo os métodos da OIV (2012, 2016).

A determinação das antocianinas monoméricas totais foi realizada pelo método espectrofotométrico de diferencial de pH, através da transformação na estrutura cromófora das antocianinas em meio ácido (LEE et al., 2005). O conteúdo de fenólicos totais pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando ácido gálico como padrão (SINGLETON; ROSSI, 1965). O índice de polifenóis totais foi obtido pela determinação da absorção a 280 nm em espectrofotômetro (GLORIES, 1984).

A cor foi determinada de acordo com o método descrito por Glories (1984), pela medida da absorbância do vinho a 420 nm (cor amarela), 520 nm (cor roxa) e 620 nm (cor azul), em espectrofotômetro com cubetas de quartzo. A intensidade da cor foi obtida por meio do somatório das absorbâncias a 420, 520 e 620 nm e a tonalidade pela divisão das absorbâncias a 420 nm e 520 nm dos vinhos.

A atividade antioxidante dos vinhos foi determinada utilizando os métodos de captura de radicais livres ABTS (ácido 2,2-azinobis-(3-etilbenzotialina)-6-ácido

sulfônico) (RE et al., 1999) e DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazil) (KIM et al., 2002). Os resultados foram expressos como equivalente em milimol de Trolox por litro de vinho (mM TEAC L⁻¹).

A análise cromatográfica dos compostos fenólicos individuais dos vinhos foi determinada utilizando a metodologia de Padilha et al. (2017) e LIMA et al. (2014 e 2015), adaptada por Dutra et al. (2018), através do cromatógrafo líquido LC Agilent 1260 infinity (Santa Clara - EUA) – HPLC, equipado com um detector de arranjo de diodos (DAD) (modelo G1315D). A análise e processamento dos dados foi realizado pelo software Open LABCDS ChemStation Edition (Agilent technologies, Santa Clara - EUA).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA e comparados aplicando teste de Tukey ($p < 0,05$), com auxílio do programa Sisvar, sendo expressos como média e desvio padrão. Para avaliar o comportamento do perfil fenólico e da atividade antioxidante dos vinhos, em relação ao solo ao qual as videiras foram cultivadas, aplicou-se estatística multivariada, sendo realizada através da análise de componentes principais (ACP), utilizando o programa SPSS Inc., versão 17.0 (Chicago, IL, EUA).

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Análises clássicas

Os resultados das análises enológicas clássicas, dos vinhos tintos Tempranillo e Syrah, encontram-se nas Tabelas 5.3 e 5.4, respectivamente.

O vinho Tempranillo, elaborado com uvas provenientes do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), apresentou diferenças significativas de extrato seco, álcool, densidade e intensidade de cor, entre os três tipos de solo analisados, observando as três safras. Nota-se, que na safra 1, a acidez total do vinho oriundo de uvas desse mesmo solo, diferiu estatisticamente dos resultados dos demais. No entanto, o pH mostrou-se igual estatisticamente, entre os vinhos, nos três tipos de solo. Devido a redução do ácido málico, durante o amadurecimento das uvas, o pH aumenta e a acidez total decresce, observando assim, uma correlação significativa entre pH e acidez total. Além da acidez total, o pH depende também das concentrações de ácidos málico e tartárico, os quais são dependentes do conteúdo de potássio na baga (MOTA et al., 2010). Observa-se na tabela 5.1, que o teor de potássio entre os solos

analisados é semelhante, com um maior conteúdo apenas no horizonte Ap do PA2 (0,84 cmol_c kg⁻¹). Entretanto, este solo apresenta também valores de cálcio e magnésio maiores, os quais, segundo Mafra et al. (2011), apresentam correlação negativa com o teor de potássio na absorção pela planta. Fazendo assim, com que este maior teor de potássio não seja relevante, quando se relaciona com os demais elementos presentes no solo.

Tabela 5.3. Análises clássicas (média ± desvio padrão) do vinho tinto Tempranillo nos diferentes tipos de solo em três safras

Análises clássicas	TEMPRANILLO								
	SAFRA 1			SAFRA 2			SAFRA 3		
	PVA	PA1	PA2	PVA	PA1	PA2	PVA	PA1	PA2
pH	4,13 a ± 0,02	4,08 a ± 0,00	4,19 a ± 0,01	4,04 a ± 0,04	4,00 a ± 0,05	4,07 a ± 0,00	3,84 a ± 0,01	3,86 a ± 0,01	3,87 a ± 0,03
Acidez total (g L ⁻¹)	5,16 a ± 0,17	4,99 b ± 0,20	4,73 b ± 0,06	4,57 a ± 0,11	4,39 a ± 0,11	4,57 a ± 0,11	6,68 a ± 0,11	6,38 a ± 0,32	6,53 a ± 0,32
Acidez volátil (g L ⁻¹)	1,17 a ± 0,06	1,06 b ± 0,08	1,21 a ± 0,01	0,92 b ± 0,00	1,05 a ± 0,02	0,73 c ± 0,03	0,30 a ± 0,00	0,30 a ± 0,00	0,30 a ± 0,00
Álcool (%) v/v	12,7 a ± 0,23	12,9 a ± 0,16	12,6 a ± 0,28	11,3 a ± 0,03	11,4 a ± 0,08	10,8 b ± 0,18	10,6 a ± 0,17	9,8 b ± 0,29	10,3a ± 0,51
Densidade (g mL ⁻¹)	0,9976 a ± 0,00	0,9949 c ± 0,00	0,9963 b ± 0,00	0,9947 a ± 0,00	0,9934 b ± 0,00	0,9946 a ± 0,00	0,9981 a ± 0,00	0,9978 a ± 0,00	0,9978 a ± 0,00
Extrato seco (g L ⁻¹)	36,5 a ± 2,40	30,7 b ± 1,20	33,5b ± 0,92	25,2 a ± 0,00	22,3 c ± 0,21	23,7 b ± 0,00	35,2 a ± 0,98	31,7 b ± 0,50	32,9 b ± 0,42
SO ₂ Livre (mg L ⁻¹)	37,6 a ± 0,36	32,7 b ± 2,17	40,7 a ± 3,26	25,6 a ± 0,00	28,1 a ± 3,62	26,2 a ± 6,34	44,8 a ± 1,81	37,1 c ± 1,81	40,9 b ± 0,00
SO ₂ Total (mg L ⁻¹)	53,7 c ± 0,00	72,7 a ± 1,45	63,2 b ± 7,60	51,4 b ± 7,60	68,6 a ± 3,62	53,7 b ± 4,36	71,6 a ± 25,3	71,6 a ± 10,8	78,0 a ± 1,81
Intensidade (I420+I520+I620)	5,8 a ± 0,27	5,4 a ± 0,10	5,6 a ± 0,45	5,2 a ± 0,10	4,7 a ± 0,47	3,6 b ± 0,05	14,3 a ± 0,30	8,8 b ± 0,89	9,9 b ± 0,12
Tonalidade (I420/I520)	0,8 b ± 0,02	0,9 a ± 0,01	0,8 b ± 0,03	0,7 a ± 0,03	0,7 a ± 0,03	0,8 a ± 0,17	0,70 b ± 0,01	0,73 a ± 0,01	0,72 a ± 0,01
Índice de polifenóis totais	57,1 c ± 0,37	58,0 b ± 0,12	60,9 a ± 0,04	37,1 a ± 0,49	35,3 b ± 0,17	33,3 c ± 0,95	46,6 a ± 1,65	38,4 b ± 1,00	39,9 b ± 0,55

PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; PA1: Argissolo Amarelo textura média/argilosa; PA2: Argissolo Amarelo textura média/argilosa cascalhenta. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No vinho Syrah, o Argissolo Amarelo textura média cascalhenta (PA3) apresentou diferenças significativas de álcool, densidade, intensidade de cor e índice de polifenóis totais. Essas diferenças de valores no PA3, indicam vinhos de qualidade superior, ao proveniente do PA4. Observa-se, que o índice de polifenóis totais do vinho oriundo das uvas do PA4, na safra 2, apresentou valor de 26,0, e segundo Chavarria et al. (2011), vinhos que apresente nesse índice, valor menor que 30 são de qualidade

inferior. Ainda, segundo este autor, o aumento do índice de polifenóis totais está associado a doenças fúngicas nas videiras e ao déficit hídrico. Como não houve manifestação de doenças nas videiras durante o desenvolvimento do trabalho, pode-se inferir que esses maiores valores no PA3 ocorreram devido a menor disponibilidade de água nesse solo, observados através da menor condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), maior densidade do solo e menor porosidade total, em relação ao PA3 (Tabela 5.2). Percebeu-se, que o valor de pH e acidez total dos vinhos, diferiram estatisticamente entre os solos na safra 3, e nas safras anteriores houve uma pequena variação, sem diferença estatística. Nesse caso, a maior disponibilidade de água, proporcionada pelos atributos físicos do PA4, favoreceu uma maior absorção de potássio, podendo observar maior teor desse elemento no horizonte Ap desse solo (Tabela 5.2), o qual promove a salificação do ácido tartárico, provocando a elevação do pH e a diminuição da acidez total (RIZZON; MIELE, 2006).

Tabela 5.4. Análises clássicas (média \pm desvio padrão) do vinho tinto Syrah nos diferentes tipos de solo em três safras

Análises clássicas	SYRAH					
	SAFRA 1		SAFRA 2		SAFRA 3	
	PA3	PA4	PA3	PA4	PA3	PA4
pH	3,86 a $\pm 0,01$	3,95 a $\pm 0,11$	3,92 a $\pm 0,03$	3,98 a $\pm 0,06$	3,65 b $\pm 0,01$	3,75 a $\pm 0,01$
Acidez total (g L ⁻¹)	5,40 a $\pm 0,21$	5,40 a $\pm 0,42$	5,85 a $\pm 0,21$	5,55 a $\pm 0,21$	6,30 a $\pm 0,11$	6,08 b $\pm 0,15$
Acidez volátil (g L ⁻¹)	0,93 a $\pm 0,17$	0,83 a $\pm 0,17$	0,14 a $\pm 0,07$	0,17 a $\pm 0,01$	0,30 a $\pm 0,00$	0,32 a $\pm 0,01$
Álcool (%) v/v	14,2 a $\pm 0,04$	13,5 b $\pm 0,03$	13,3 a $\pm 0,11$	12,1 b $\pm 0,66$	11,0 a $\pm 0,26$	10,8 a $\pm 1,10$
Densidade (g mL ⁻¹)	0,9936 a $\pm 0,00$	0,9927 b $\pm 0,00$	0,9957 a $\pm 0,00$	0,9950 b $\pm 0,00$	0,9964 a $\pm 0,00$	0,9962 a $\pm 0,00$
Extrato seco (g L ⁻¹)	28,65 b $\pm 0,21$	29,15 a $\pm 0,21$	32,05 a $\pm 0,07$	30,30 b $\pm 1,27$	28,71 a $\pm 0,14$	29,93 a $\pm 1,48$
SO ₂ Livre (mg L ⁻¹)	30,9 a $\pm 0,36$	30,4 a $\pm 3,62$	17,1 a $\pm 3,26$	12,8 b $\pm 0,72$	34,5 a $\pm 5,43$	46,0 a $\pm 10,8$
SO ₂ Total (mg L ⁻¹)	48,6 a $\pm 0,36$	48,3 a $\pm 0,36$	20,7 a $\pm 0,36$	19,7 a $\pm 5,43$	69,1 b $\pm 3,62$	81,9 a $\pm 3,62$
Intensidade (I420+I520+I620)	8,7 a $\pm 0,31$	6,2 b $\pm 0,10$	14,4 a $\pm 2,23$	7,4 b $\pm 1,28$	6,9 b $\pm 0,29$	8,5 a $\pm 0,61$
Tonalidade (I420/I520)	0,67 b $\pm 0,01$	0,77 a $\pm 0,04$	0,70 a $\pm 0,01$	0,68 a $\pm 0,02$	0,70 a $\pm 0,02$	0,78 a $\pm 0,12$
Índice de polifenóis totais	54,7 a $\pm 0,11$	47,3 b $\pm 0,47$	40,6 a $\pm 1,53$	26,0 b $\pm 3,25$	43,5 a $\pm 0,33$	43,3 a $\pm 0,06$

PA3: Argissolo Amarelo textura média cascalhenta; PA4: Argissolo Amarelo textura arenosa/média. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.3.2. Composição fenólica

O perfil fenólico dos vinhos Tempranillo e Syrah é apresentado nas tabelas 5.5 e 5.6, respectivamente.

5.3.2.1. Vinho tinto Tempranillo

Nos vinhos Tempranillo, os diferentes tipos de solo apresentaram diferenças significativas em alguns compostos fenólicos, entre os grupos flavanóis, flavonóis, antocianinas, ácidos fenólicos e estilbenos. Não houve diferença constante, sendo que os compostos apresentaram maior ou menor concentração nos diferentes tipos de solos, tendo comportamentos diferenciados dentro de cada safra. Dentro dos flavanóis, compostos também chamados de taninos, responsáveis pela estrutura, corpo, amargor e adstringência em vinhos, somente a epicatequina não apresentou diferença significativa entre os solos, nas três safras, enquanto que todos os outros compostos tiveram variações entre os solos, em pelo menos uma das safras. Os flavanóis de maior concentração foram a epigallocatequina, nas safras 1 e 2, com diferença significativa no PA1, na safra 2, enquanto que a procianidina B1 apresentou os maiores valores nas safras 1 e 2 no PVA e PA2 e todos os três solos da safra 3. A epigallocatequina não apresentou diferenças entre os solos na primeira safra. Na segunda safra, os maiores valores foram obtidos nos vinhos elaborados com uvas das videiras do PA1, não tendo diferenças entre os vinhos dos PVA e PA2. Na terceira safra, os maiores valores foram obtidos nos vinhos do PVA, enquanto que os valores foram semelhantes nos PA1 e PA2. Em relação ao composto procianidina B1, na safra 1, os maiores valores foram encontrados nos vinhos do solo PA2, e menores nos vinhos do solo PA1. Na safra 2, as maiores concentrações foram determinadas nos vinhos dos solos PA2 e PA1, e menores valores nos vinhos do PVA. Na terceira safra, a procianidina B1 não apresentou diferenças significativas entre os três tipos de solos. O somatório dos flavanóis mostrou que, na primeira safra, os maiores valores foram obtidos nos vinhos Tempranillo provenientes de uvas das videiras avaliadas no solo PA2, enquanto que os menores valores nos vinhos do solo PA1. Na segunda safra, os maiores valores foram determinados nos vinhos do solo PA1, enquanto que os menores valores no solo PVA. Na terceira safra, os maiores valores do somatório dos flavanóis foram encontrados nos vinhos das uvas do solo PVA, enquanto que os

menores foram determinados nos vinhos do solo PA1. Estas variações podem ser explicadas pela interação dos fatores climáticos de cada safra com os tipos de solos, sendo que o manejo das videiras é praticamente o mesmo. Estas são interações complexas que interferem nas respostas fisiológicas e metabólicas das videiras, devido aos diversos fatores edafoclimáticos (PEYNAUD, 1997; CARBONNEAU et al., 2007; REYNIER, 2007; VAN LEEUWEN et al., 2004).

Em relação ao grupo dos flavonóis, todos os compostos apresentaram variações significativas para todos os solos, em pelo menos uma das três safras. Os compostos com maior concentração foram a quercetina-3-glucosídeo, em todos os solos das safras 1 e 2, e a hesperidina, na terceira safra, no PA1 e PA2. Na primeira safra, os maiores valores quercetina-3-glucosídeo foram encontrados nos vinhos dos tratamentos PA2 e PA1, e menores valores nos vinhos do solo PVA. Na safra 2 e 3, os maiores valores foram determinados nos vinhos dos tratamentos PVA, enquanto que os menores valores foram encontrados nos vinhos dos outros tratamentos. Na safra 3, os valores da hesperidina não diferiram entre os três tipos de solos avaliados.

No grupo das antocianinas, todos os compostos também apresentaram variações significativas para todos os solos, em pelo menos uma das três safras avaliadas. A antocianina normalmente majoritária em vinhos tintos *Vitis vinifera* L., a malvidina-3-glucosídeo, não apresentou diferenças significativas entre os solos na safra 1, enquanto que na safra 2, os maiores valores foram obtidos nos vinhos do PVA, e menores valores nos vinhos dos outros dois tratamentos, e na safra 3 o menor valor foi em PVA, e maiores nos outros dois solos. Em relação ao somatório das quatro antocianinas, na primeira safra os vinhos obtidos das uvas das videiras do solo PA1 apresentaram as maiores concentrações, enquanto que os menores valores foram determinados nos vinhos do tratamento PA2. Na segunda safra, os maiores valores foram encontrados nos vinhos do solo PVA, enquanto que os menores valores nos vinhos do tratamento PA1. Na terceira safra, os maiores valores foram determinados nos vinhos do solo PA2, enquanto que os menores valores foram encontrados nos vinhos do solo PVA. As antocianinas são os componentes fenólicos responsáveis pela cor das uvas e dos vinhos tinto, estando presente na película e estão associadas ao acúmulo de açúcares nas bagas. A concentração de açúcar nas bagas depende da cultivar, do solo e do clima (LEBON et al., 2006; VAN LEEUWEN et al., 2009; BORGHEZAN et al., 2011). Alguns trabalhos relacionaram uma maior concentração de açúcar e de antocianinas nas bagas devido a um déficit hídrico proporcionado às

plantas (LUCIANO et al., 2013; VAN LEEUWEN et al., 2004). Ao analisar a condutividade hidráulica saturada do PVA e PA1, percebe-se que no PA1 seu valor decresceu consideravelmente em profundidade, indicando que o horizonte subsuperficial é menos permeável à água, o que permite inferir a formação de um lençol suspenso, fazendo com que as raízes das plantas, nesse solo, estejam com água mais facilmente disponível.

Em relação ao grupo dos ácidos fenólicos, todos os compostos também apresentaram variações significativas para todos os solos, em pelo menos uma das três safras avaliadas. Os compostos com maior concentração quantificados foram os ácidos cumárico e caféico, na primeira safra, gálico e caféico, na segunda safra, e caftárico, na terceira safra. O somatório dos ácidos fenólicos mostrou que os vinhos Tempranillo, nas safras 1 e 2, tiveram maior concentração no PA1, e menores valores no solo PA2. Na safra 3, os maiores valores foram determinados nos vinhos do solo PA2, e os menores valores no PVA.

Em relação aos estilbenos, os dois compostos quantificados, *cis* e *trans*-resveratrol, apresentaram diferenças significativas em todos os solos e pelo menos uma das três safras avaliadas. Os dois compostos foram quantificados em concentrações parecidas, com ligeira predominância de um ou de outro e determinados tipos de solos e safras. No somatório geral dos estilbenos, na safra 1, os vinhos obtidos de uvas de videiras cultivadas no PA2 apresentaram as maiores concentrações, enquanto que os vinhos do tratamento PVA as menores quantidades. Na safra 2, os vinhos dos solos PVA e PA1 apresentaram os maiores valores que os vinhos do tratamento PA2. Na safra 3, os vinhos do solo PVA apresentaram maiores concentrações em estilbenos, enquanto que os vinhos do tratamento PA2 os menores valores. Os estilbenos, encontrados nas cascas das uvas como resposta ao estresse, são compostos também conhecidos como fitoalexinas, sendo produzidos pela videira contra uma injúria ou ataque, que podem ser causados por inúmeros fatores (CARBONNEAU et al., 2007). No entanto, na literatura, normalmente esse estresse está geralmente associado ao ataque fúngico, bem como devido à irradiação de luz ultravioleta (SAUTTER et al., 2005). Pode-se correlacionar também a resposta dos estilbenos ao estresse hídrico causado pelo solo.

5.3.2.2. Vinho tinto Syrah

Nos vinhos Syrah, os tipos de solos mostraram diferenças significativas entre os compostos fenólicos em todas as safras. Nas safras 1 e 2 os maiores resultados são encontrados no PA3 em todos os grupos fenólicos. Na safra 3 o PA4 apresenta maior resultado de flavanóis e antocianinas, enquanto flavonóis, ácidos fenólicos e estilbenos permanecem com maiores valores no PA3.

No grupo dos flavanóis, a catequina e procianidina B1 foram as que apresentaram maiores valores nos dois solos, não mostrando diferenças estatísticas entre eles nas safras 1 e 3. Na safra 2, no PA4 esses compostos foram pobremente quantificados, fazendo com que apresentasse diferença estatística entre os solos.

Entre os flavonóis, a quercetina 3-glicosídeo foi a que apresentou maiores resultados em todas as safras, com diferença significativa entre os solos nas safras 1 e 2. No somatório geral dos flavonóis os vinhos obtidos de uvas de videiras cultivadas no PA3 apresentaram maiores concentrações nas 3 safras avaliadas.

Em relação às antocianinas, a malvidina-3-glucosídeo, majoritária do grupo, obteve maiores concentrações no PA3 nas safras 1 e 2, e no PA4 na safra 3. No entanto, no PA4 na safra 2, esses compostos não foram quantificados pelo método utilizado. A antocianina está associada à cor vermelho-violeta, e no vinho proveniente das uvas desse solo, podemos observar na tabela 5.4, na safra 2, que a intensidade de cor foi significativamente menor do que no PA3. Segundo Garrido e Borges (2013), as antocianinas podem reagir com outros compostos fenólicos e dar origem a ácidos e espécies conjugadas de antocianinas. Dessa forma, observa-se valores elevados de ácidos fenólicos, principalmente de ácido caftárico e clorogênico nesses vinhos, os quais possam ter sido formados a partir da degradação das antocianinas. No cromatograma (figura 5.4 B) nota-se um pico maior no final, expressando a presença de antocianinas nesse vinho, no entanto, não são as determinadas no método utilizado. Na figura 5.4 A, o cromatograma das antocianinas no vinho do PA3, apesar dos pequenos valores, os picos foram integrados e quantificados.

No grupo dos estilbenos, o *trans*-resveratrol apresentou maiores concentrações, com diferença significativa entre os solos nas três safras. O PA3 mostrou os maiores valores tanto desse composto como no somatório geral.

Dessa maneira, percebe-se que os vinhos da variedade Syrah sofreram influência dos tipos de solos. Os resultados dos atributos químicos dos solos PA3 e

PA4 mostraram semelhanças, inferindo assim, que os atributos físicos do solo influenciaram na composição fenólica do vinho tinto da variedade Syrah, cultivada no Vale do São Francisco.

Verificou-se, no solo PA3, menor porosidade total, maior densidade do solo, maior conteúdo de argila e menor de areia, além de grande contribuição de fração maior que 2 mm (calhaus e cascalhos) ao longo de todo perfil do solo (Tabela 5.2). Segundo Zhang et al. (2016), os processos hídricos do solo, sofrem influência da pedregosidade, quando ela está posicionada ao longo de todo perfil, dificultando a condução da água, o que proporciona uma condutividade hidráulica do solo menor, e consequentemente menor disponibilidade de água para as plantas.

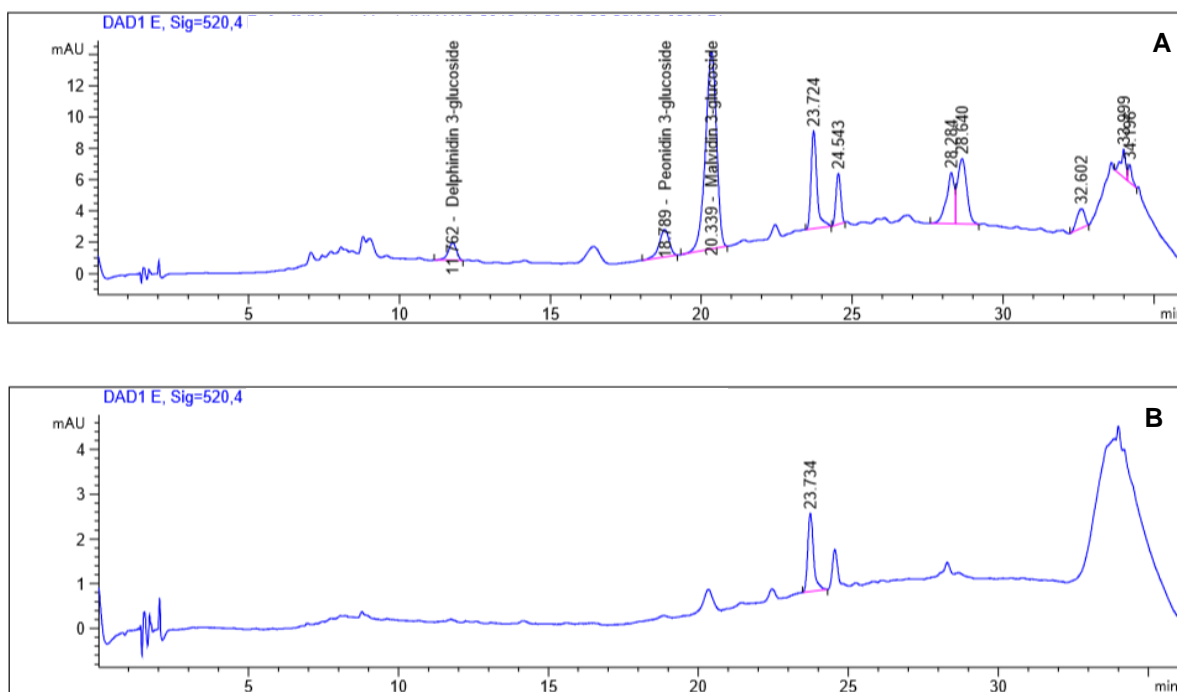


Figura 5.4. Cromatogramas de antocianinas no vinho Syrah na segunda safra. (A) Antocianinas do vinho do solo PA3 – Argissolo Amarelo textura média cascalhenta; (B) Antocianinas do vinho do solo PA4 – Argissolo Amarelo textura arenosa/média

Tabela 5.5. Perfil dos compostos fenólicos (média ± desvio padrão) do vinho tinto Tempranillo nos diferentes tipos de solo, em três safras

Compostos (mg L ⁻¹)	TEMPRANILLO								
	SAFRA 1			SAFRA 2			SAFRA 3		
	PVA	PA1	PA2	PVA	PA1	PA2	PVA	PA1	PA2
<i>Flavanóis</i>									
Catequina	62,6 a ± 0,4	60,4 a ± 0,4	68,3 a ± 6,8	9,3 b ± 0,07	11,4 a ± 0,2	10,9 a ± 0,5	10,1 a ± 0,1	9,0 a ± 0,9	9,4 a ± 0,2
Epicatequina	6,3 a ± 0,04	6,0 a ± 0,1	6,6 a ± 0,5	1,2 a ± 0,02	1,3 a ± 0,02	1,2 a ± 0,09	1,9 a ± 0,5	1,7 a ± 0,1	1,9 a ± 0,1
Epigallocatequina	82,9 a ± 2,0	75,1 a ± 5,1	79,0 a ± 3,1	11,8 b ± 0,3	16,5 a ± 1,4	11,5 b ± 0,1	3,6 a ± 0,05	2,4 b ± 0,1	2,5 b ± 0,1
Procianidina A2	27,3 c ± 0,07	39,6 a ± 1,3	33,5 b ± 0,9	6,4 b ± 0,7	8,7 a ± 0,03	8,3 a ± 0,1	1,6 a ± 0,2	1,4 a ± 0,03	1,4 a ± 0,04
Procianidina B1	47,7 b ± 0,8	42,4 c ± 0,9	51,0 a ± 1,6	12,1 b ± 0,3	13,1 ab ± 0,5	13,2 a ± 0,2	10,9 a ± 2,6	9,3 a ± 0,3	9,7 a ± 0,02
Procianidina B2	9,8 a ± 0,2	5,0 b ± 0,1	6,1 b ± 1,0	4,0 a ± 0,08	4,7 a ± 0,4	3,9 a ± 0,8	7,5 a ± 1,3	6,6 a ± 0,5	6,5 a ± 0,3
Σ Flavanóis	236,6 b	228,5 c	244,5 a	44,8 c	55,7 a	49,0 b	35,6 a	30,4 c	31,4 b
<i>Flavonóis</i>									
Kaempferol 3-glucosídeo	3,4 c ± 0,1	3,8 ab ± 0,5	4,8 a ± 0,5	0,4 c ± 0,03	12,5 a ± 0,01	1,5 b ± 0,02	1,3 a ± 0,2	0,8 b ± 0,02	0,8 b ± 0,04
Quercetina 3-glicosídeo	11,7 b ± 0,2	13,9 ab ± 1,2	16,1 a ± 1,4	6,4 a ± 0,5	5,1 b ± 0,09	3,9 c ± 0,1	4,1 a ± 0,6	2,6 b ± 0,07	2,6 b ± 0,2
Rutina	1,4 a ± 0,01	0,9 c ± 0,0	1,2 b ± 0,04	0,12 b ± 0,01	0,19 a ± 0,0	0,10 c ± 0,0	1,1 a ± 0,4	0,9 a ± 0,06	1,1 a ± 0,05
Naringenina	8,1 a ± 0,1	9,5 a ± 0,07	8,2 a ± 1,6	0,8 a ± 0,1	0,6 a ± 0,1	0,6 a ± 0,01	1,2 ab ± 0,0	1,2 b ± 0,02	1,5 a ± 0,2
Hesperidina	9,0 a ± 0,1	7,7 b ± 0,1	9,3 a ± 0,5	2,5 a ± 0,1	1,9 b ± 0,03	1,7 b ± 0,1	4,0 a ± 1,5	3,2 a ± 0,1	3,9 a ± 0,3
Σ Flavonóis	33,6 c	35,8 b	39,6 a	10,2 b	20,29 a	7,8 c	7,7 c	8,7 b	9,9 a
<i>Antocianinas</i>									
Malvidina 3-glicosídeo	356 a ± 7,9	370,2 a ± 4,3	339,9 a ± 4,3	58,5 a ± 4,0	39, b ± 5,5	45,6 b ± 2,5	63,3 b ± 3,4	95,7 a ± 7,4	108,3 a ± 6,4
Peonidina 3-glicosídeo	8,3 a ± 0,1	8,3 a ± 0,4	7,2 a ± 1,1	1,1 a ± 0,09	0,6 b ± 0,0	1,0 ab ± 0,1	2,6 a ± 1,8	2,8 a ± 0,06	3,0 a ± 0,2
Delfinidina 3-glicosídeo	8,3 a ± 0,05	8,9 a ± 0,1	7,2 a ± 1,6	1,6 a ± 0,2	1,0 b ± 0,2	0,9 b ± 0,08	3,6 a ± 2,4	3,9 a ± 0,2	4,4 a ± 0,4
Pelargonidina 3-glicosídeo	37,0 a ± 0,5	39,1 a ± 0,1	34,1 a ± 5,3	7,3 a ± 0,6	4,7 b ± 0,7	4,8 b ± 0,3	10,2 a ± 7,0	12,3 a ± 0,6	14,0 a ± 1,2
Σ Antocianinas	409,6 b	426,5 a	388,4 c	68,5 a	45,3 c	51,4 b	79,7 c	114,7 b	129,7 a
<i>Ácidos fenólicos</i>									
Ácido gálico	61,3 a ± 1,8	41,9 b ± 4,5	60,1 a ± 2,5	19,8 a ± 1,2	15,9 b ± 0,2	20,4 a ± 1,4	37,4 a ± 0,1	20,1 b ± 0,6	19,1 b ± 1,6
Ácido caféico	98,7 a ± 2,2	89,8 a ± 6,0	94,1 a ± 3,6	13,6 b ± 0,2	18,9 a ± 1,6	13,4 b ± 0,1	3,5 a ± 0,09	2,5 b ± 0,1	2,6 b ± 0,1
Ácido clorogênico	1,5 b ± 0,2	23,5 a ± 6,6	0,7 b ± 0,1	0,6 a ± 0,3	0,7 a ± 0,4	0,5 a ± 0,1	31,0 c ± 2,4	46,7 b ± 1,2	54,6 a ± 3,4
Ácido cumárico	101 a ± 4,5	86,7 b ± 4,8	86,7 b ± 2,5	8,0 b ± 0,3	13,5 a ± 1,2	9,0 b ± 0,05	4,8 a ± 0,5	1,4 b ± 0,1	1,2 b ± 0,1
Ácido caftarico	2,4 b ± 0,5	46,3 a ± 11,5	1,1 b ± 0,4	3,8 a ± 2,3	3,4 a ± 1,4	2,5 a ± 1,1	133 b ± 2,7	149,4 a ± 4,1	159,9 a ± 8,0
Ácido siríngico	3,3 a ± 0,1	2,9 b ± 0,02	3,4 a ± 0,02	1,2 b ± 0,0	1,4 a ± 0,07	1,1 b ± 0,03	1,4 a ± 0,1	1,2 a ± 0,06	1,3 a ± 0,1
Σ Ácidos fenólicos	268,2 b	291,1 a	246,1 c	47,0 b	53,8 a	46,9 c	211,1 c	221,3 b	238,7 a
<i>Estilbenos</i>									
cis-resveratrol	1,7 b ± 0,04	2,0 a ± 0,1	2,1 a ± 0,1	0,9 a ± 0,08	0,9 a ± 0,01	0,6 b ± 0,01	0,4 a ± 0,03	0,4 a ± 0,0	0,3 b ± 0,0
trans-resveratrol	1,6 a ± 0,0	1,6 a ± 0,1	1,9 a ± 0,2	0,6 a ± 0,04	0,6 a ± 0,02	0,4 b ± 0,01	0,5 a ± 0,09	0,4 a ± 0,04	0,4 a ± 0,02
Σ Estilbenos	3,3 c	3,6 b	4,0 a	1,5 a	1,5 a	1,0 b	0,9 a	0,8 b	0,7 c
<i>Fenólicos totais</i>									
Antocianinas	2434 b ± 74,3	2693 a ± 59,0	2206 c ± 49,7	1860 a ± 320,4	1968 a ± 3,6	1066 b ± 9,1	3104 a ± 432,4	2524 b ± 18,5	2691 b ± 111,5
monoméricas totais	470,1 ab ± 5,1	490,3 a ± 6,2	453,1 b ± 8,8	304,5 a ± 10,4	255,7 b ± 1,0	198,0 c ± 8,9	186,1 a ± 8,6	157,0 b ± 4,2	176,1 ab ± 14,0

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5.6. Perfil dos compostos fenólicos (média ± desvio padrão) do vinho tinto Syrah nos diferentes tipos de solo, em três safras

Compostos (mg L ⁻¹)	SYRAH					
	SAFRA 1		SAFRA 2		SAFRA 3	
	PA3	PA4	PA3	PA4	PA3	PA4
<i>Flavanóis</i>						
Catequina	7,1 a ± 0,47	6,6 a ± 0,46	5,0 a ± 1,02	1,4 b ± 0,12	1,3 a ± 0,03	8,4 a ± 7,28
Epicatequina	0,9 a ± 0,10	0,7 a ± 0,07	2,5 a ± 0,56	1,2 b ± 0,12	3,7 a ± 0,30	4,4 a ± 1,46
Epigallocatequina	2,3 a ± 1,14	1,7 a ± 0,40	2,9 a ± 0,10	1,3 b ± 0,12	2,0 a ± 0,03	2,2 a ± 0,31
Procianidina A2	1,7 a ± 0,12	1,3 b ± 0,20	5,2 a ± 1,15	0,0 b ± 0,00	6,0 a ± 0,04	6,2 a ± 0,22
Procianidina B1	6,1 a ± 0,44	6,1 a ± 0,37	5,2 a ± 1,29	0,0 b ± 0,00	10,4 a ± 0,47	10,5 a ± 2,43
Procianidina B2	3,9 a ± 0,37	3,9 a ± 0,32	3,4 a ± 0,18	3,3 a ± 0,18	5,8 a ± 0,47	6,3 a ± 2,08
Σ Flavanóis	22,0 a	20,3 b	24,2 a	7,2 b	29,2 b	38,0 a
<i>Flavonóis</i>						
Kaempferol 3-glucosídeo	0,5 a ± 0,13	0,2 b ± 0,01	0,5 a ± 0,11	0,07 b ± 0,07	0,9 a ± 0,09	1,3 a ± 0,06
Quercetina 3-glicosídeo	5,3 a ± 0,36	4,1 b ± 0,10	11,9 a ± 1,57	2,5 b ± 0,02	8,5 a ± 0,60	8,5 a ± 0,04
Rutina	1,4 a ± 0,03	1,7 b ± 0,01	0,8 a ± 0,12	0,2 b ± 0,06	0,5 a ± 0,21	0,5 a ± 0,07
Naringenina	3,1 a ± 0,23	2,2 b ± 0,13	1,5 a ± 0,00	0,0 b ± 0,0	2,1 a ± 1,55	0,8 a ± 0,17
Hesperidina	1,6 a ± 0,10	1,0 b ± 0,00	3,0 a ± 0,67	0,0 b ± 0,0	1,8 a ± 0,26	1,8 a ± 0,47
Σ Flavonóis	11,9 a	9,2 b	17,7 a	2,7 b	13,8 a	12,9 b
<i>Antocianinas</i>						
Malvidina 3-glicosídeo	59,4 a ± 3,22	44,6 b ± 2,51	14,5 a ± 3,50	0,0 b ± 0,0	65,9 b ± 7,76	114,2 a ± 20,19
Peonidina 3-glicosídeo	6,0 a ± 0,32	4,9 b ± 0,42	0,8 a ± 0,13	0,0 b ± 0,0	8,4 a ± 0,96	8,9 a ± 0,4
Delfinidina 3-glicosídeo	1,8 a ± 0,16	1,1 b ± 0,08	0,1 a ± 0,00	0,0 b ± 0,0	1,4 b ± 0,31	2,4 a ± 0,35
Pelargonidina 3-glicosídeo	7,4 a ± 0,46	5,0 b ± 0,36	0,0 a ± 0,00	0,0 a ± 0,0	7,0 b ± 1,08	11,2 a ± 1,84
Σ Antocianinas	74,6 a	55,6 b	15,4 a	0 b	82,7 b	136,7 a
<i>Ácidos fenólicos</i>						
Ácido gálico	8,2 a ± 0,80	7,5 a ± 0,67	18,8 a ± 2,14	16,5 a ± 0,0	19,8 a ± 0,24	16,8 a ± 3,43
Ácido caféico	3,3 a ± 1,21	2,6 a ± 0,55	4,50 a ± 0,11	1,7 b ± 0,04	2,70 a ± 0,03	2,60 a ± 0,26
Ácido clorogênico	6,4 a ± 1,91	5,2 a ± 0,15	31,8 a ± 3,58	26,4 a ± 0,78	23,3 a ± 0,34	20,7 a ± 2,17
Ácido cumárico	1,0 a ± 0,34	0,9 a ± 0,19	3,40 b ± 0,02	4,9 a ± 0,95	1,30 a ± 0,01	1,20 a ± 0,27
Ácido caftarico	47,5 a ± 13,9	42,5 a ± 6,81	148,3 b ± 5,35	178,3 a ± 12,04	108,2 a ± 1,23	101,3 a ± 11,10
Ácido siríngico	0,6 a ± 0,12	0,4 a ± 0,04	2,8 a ± 0,58	1,3 b ± 0,17	2,06 a ± 0,06	2,26 a ± 0,64
Σ Ácidos fenólicos	67,1 a	59,1 b	209,6 b	229,1 a	157,3 a	144,8 b
<i>Estilbenos</i>						
cis-resveratrol	0,8 a ± 0,04	0,6 b ± 0,03	0,7 a ± 0,06	0,4 b ± 0,0	0,8 a ± 0,13	0,8 a ± 0,00
trans-resveratrol	1,1 a ± 0,07	0,8 b ± 0,05	5,1 a ± 4,41	0,4 b ± 0,0	2,7 a ± 0,10	1,3 b ± 0,45
Σ Estilbenos	1,9 a	0,8 b	5,8 a	0,8 b	3,5 a	2,1 b
<i>Fenólicos totais</i>	1155,5 a ± 17,3	967,5 b ± 19,90	1818,6 a ± 18,8	1200,7 b ± 23,2	1154,2 a ± 27,6	1144,9 a ± 62,6
<i>Antocianinas monoméricas totais</i>	258,4 a ± 6,26	246,5 a ± 11,90	219,0 a ± 45,9	207,9 a ± 28,9	171,8 b ± 24,3	244,6 a ± 15,0

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.3.3. Atividade antioxidante “in vitro”

As médias e desvio padrão dos resultados obtidos para os vinhos Tempranillo e Syrah, de acordo com os tipos de solo são apresentados na Figura 5.5. Os valores de atividade antioxidante obtidos para o vinho Tempranillo, no solo PVA variaram de 10,1 a 11,8 mM TEAC L⁻¹, no solo PA1 de 10,2 a 11,8 mM TEAC L⁻¹, e no solo PA2 de 10,6 a 11,8 mM TEAC L⁻¹ pelo método com DPPH, e entre 17,4 a 23,8 mM TEAC L⁻¹ no solo PVA, 14,7 a 20,3 mM TEAC L⁻¹ no solo PA1 e 14,5 a 25,7 mM TEAC L⁻¹ no solo PA2 no método ABTS. Dessa forma observa-se que não houve diferença nos resultados para a atividade antioxidante medida pelo método DPPH, nos vinhos Tempranillo entre os tipos de solo, nas safras 1 e 2. Na safra 3, o vinho do PA1 apresentou menores valores, diferenciando significativamente do PVA. Para os valores medidos pelo método ABTS, observa-se maiores resultados nos vinhos dos solos PVA e PA2, sendo ainda melhores nos vinhos do solo PVA, levando em consideração o maior desvio padrão em PA2.

Para o vinho Syrah, os resultados de atividade antioxidante variaram de 8,3 a 10,9 mM TEAC L⁻¹ no solo PA3, e 6,2 a 10,3 mM TEAC L⁻¹ no solo PA4 pelo método com DPPH, e entre 12,0 a 16,7 mM TEAC L⁻¹ no solo PA3, e 7,7 a 16,3 mM TEAC L⁻¹ no solo PA4 pelo método ABTS. Esses resultados apresentaram diferença significativa entre os solos, na primeira e segunda colheita, tanto pelo método DPPH, como ABTS, mostrando maiores valores no PA3. Na terceira colheita não houve diferença significativa entre os vinhos dos solos avaliados. Sugere-se que uma maior disponibilidade hídrica, devido à textura areia franca/franco-argiloarenosa e aos valores de macroporos, mesoporos, porosidade total e condutividade hidráulica saturada, promovendo uma maior permeabilidade no solo, observados no solo PA4 (Tabela 5), possa ter contribuído com os menores valores de atividade antioxidante nas safras 1 e 2. Como durante o ciclo da videira na safra 3 houve maior precipitação pluviométrica (Figura 5.3), não dependendo somente da irrigação, pode ter havido contribuição para os valores semelhantes entre os solos.

Os valores de atividade antioxidante medidos pelos métodos com DPPH e ABTS em vinhos Tempranillo e Syrah, nesse estudo, estão de acordo com os relatados por Padilha et al. (2016). E corroboram com os de Miele et al. (2014), onde os maiores resultados de atividade antioxidante apresentaram-se nos vinhos do Argissolo com textura argilosa, em relação aos do Argissolo de textura francoargilosa,

inferindo que a menor disponibilidade de água pode favorecer ao aumento nos valores de atividade antioxidante.

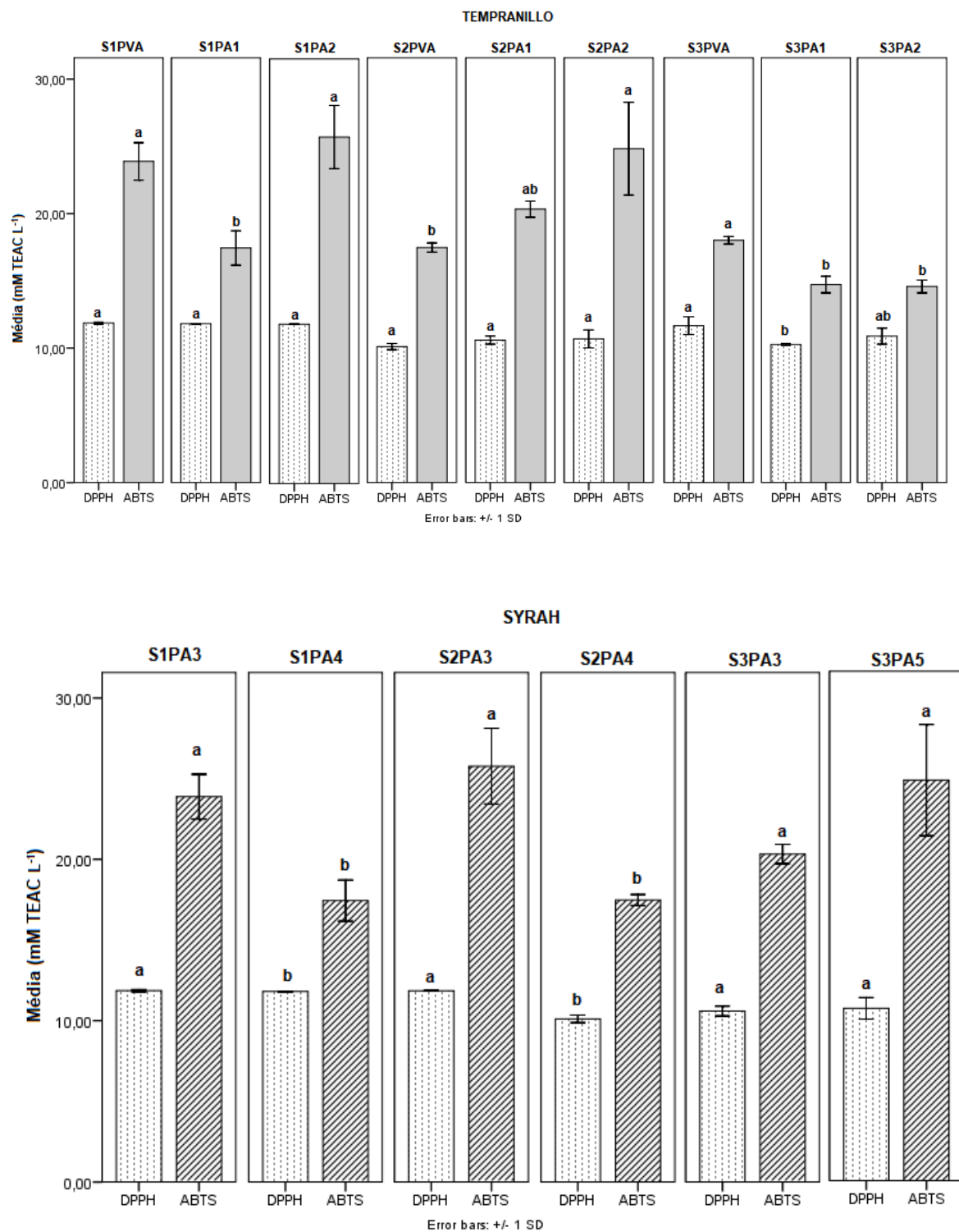


Figura 5.5. Atividade antioxidante in vitro dos vinhos Tempranillo e Syrah nos diferentes tipos de solos no Vale do Submédio São Francisco

5.3.4. Análise dos componentes principais

A análise dos componentes principais (ACP) foi aplicada nos compostos fenólicos e atividade antioxidante analisados em função dos diferentes tipos de solo, em cada safra separadamente e todas as safras juntas. Para fins de análise, apenas compostos com “loadings” $> 0,70$ foram considerados.

Para o vinho tinto Tempranillo, na primeira colheita, os componentes principais 1 e 2 (PC1 e PC2, respectivamente), explicaram 81,9% da variância dos dados, onde PC1 explicou 57,2% e PC2 24,8% (Figura 5.6 A). O PC1 separou os vinhos do solo PA1, dos solos PA2 e PVA. Os vinhos do PA1 estão localizados na parte positiva do eixo x, tendo sido caracterizados positivamente pelos compostos TP, Nar, A2, tCaf, Chl, Del e Pel, e negativamente pelos valores de ABTS, Gal, Sya, Hes, PB1, PB2, EpG, Rut e Pet. O PC2 separou os vinhos dos solos PA2 e PVA, estando os vinhos do solo PA2 localizados na parte positiva do eixo y, caracterizados pelos compostos IPT, cRe, tRe, Que e Ka, enquanto que os vinhos do tratamento PVA estão localizados na parte negativa do eixo y, tendo sido caracterizados pelos compostos Cac, Cou e Cya. Na safra 2, a análise multivariada foi aplicada sobre os resultados obtidos, sendo que os componentes principais PC1 e PC2 explicaram 86,4% da variância total dos dados, onde PC1 explicou 48,7% e PC2 37,7% (Figura 5.6 B). O PC 1 separou os vinhos do solo PVA, localizado na parte positiva do eixo x, dos vinhos dos tratamentos PA1 e PA2, tendo sido influenciado positivamente pelos compostos Del, Mav, IPT, Nar, Pel, Hes, e negativamente pela atividade antioxidante (ABTS e DPPH), PA2 e Cat. O componente principal 2 (PC2) separou os vinhos do tratamento PA1, localizados na parte positiva do eixo y, e caracterizado pelos compostos Que, TMA, EgG, Rut, Sya, Ka, cRe, tRe, TP, Cou e Cac, dos vinhos do tratamento PA2, localizados na parte negativa do eixo y, e caracterizados pelos compostos Gal e Peo. Na safra 3, pela análise de componentes principais, PC1 e PC2 explicaram 93,6% da variância dos dados, onde PC1 explicou 62,9% e PC2 30,7% (Figura 5.6 C). O PC1, que possui o maior percentual de variância aplicada, agrupou os vinhos dos solos PA1 e PA2 na parte negativa do eixo x, associado aos compostos tCaf e Chl, e separou estes dois tratamentos dos vinhos obtidos do solo PVA.

Dessa forma, percebeu-se que em cada safra, obteve-se diferentes resultados para os compostos fenólicos dos vinhos analisados nos diferentes tipos de solo,

mostrando que a influência da safra, principalmente devido aos efeitos climáticos, se sobrepôs aos efeitos dos solos.

Pode-se observar na ACP com todas as safras juntas (Figura 5.7 A), que o PC1, com maior percentual de variância (74,8%) agrupou os solos de acordo com as safras, discriminando a safra 1 com os três solos avaliados no lado positivo, associado às correlações com IPT, DPPH, Gal, Sya, Hes, cRe, Nar, PB1, Cat, EgG, Ep, PA2, Cac, Cou, tRe, Que, Ka, Del, Cya, Pel, Peo, Mav e Pet. Do lado negativo discriminou os todos os solos dentro das safras 2 e 3. O PC2, com percentual de variância de 15,1%, separou os solos nas safras 2 e 3, estando a safra 3 associada positivamente com TP, tCaf, Chl e Rut, e a safra 2 com os respectivos solos no lado negativo, associado às correlações com TMA e ABTS. Os dois componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 89,9% da variância total dos dados.

Estes resultados confirmam e corroboram trabalhos anteriores, que mostraram, em termos de hierarquia e predominância, que o efeito do clima se faz mais importante que os efeitos dos solos, influenciando diferentemente a composição e a tipicidade dos vinhos (VAN LEEUWEN et al., 2004; PEREIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2007; PEREIRA, 2005).

Para o vinho tinto Syrah, na primeira colheita, os componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 97,6% da variância dos dados. O PC1, a qual possui maior percentual de variância (57,5%), separou os vinhos do solo PA3, no lado positivo, associado às correlações com Gal, Hes, PB1, PB2, EgG, Ep, Cac, Cou, Rut e Pet, e os vinhos do solo PA4 no lado negativo, associado às correlações com TP, IPT, Nar, tCaf, Chl e Mav (Figura 5.6 D). Na segunda colheita, as componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 99,1% da variância, onde o PC1, com variância de 60,7%, separou os vinhos do solo PA3 e os do PA4, influenciados pelas correlações positivas com TP, ABTS, Gal, Sya, Hes, cRe, Nar, PB1, PB2, EpG, tRe, Que, Ka, Del, Cya, Pel, Peo, Mav e Pet (Figura 5.6 E). Na terceira colheita, os componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 94,6% da variância total dos dados, em que a PC2, com 46,7%, separou os vinhos do solo PA3 no lado positivo, associados aos compostos Que, Del, tCaf, Ep, Rut, Sya, Ka, cRe, tRe, Hes e TP, e os vinhos do solo PA4 no lado negativo, associados com Gal, ABTS e Peo (Figura 5.6 F). Assim, observa-se que nas duas primeiras colheitas, o PC1 discriminou os vinhos elaborados com uvas provenientes do Argissolo Amarelo cascalhento (PA3), como também na terceira colheita, tendo sido discriminado pelo PC2. Os atributos do solo PA3 contribuíram para a obtenção

de maiores concentrações de alguns compostos fenólicos nos vinhos tintos Syrah, estando de acordo com os resultados obtidos na ANOVA (Tabela 5.6).

Na ACP com todas as safras juntamente (Figura 5.7 B), o PC1, com maior percentual de variância (78,5%), separou o solo PA3 na safra 2, no lado positivo do eixo x, associado aos compostos e parâmetros Que, Gal, Del, EgG, Pet, PA2, Ec, Rut, DPPH, EpG, Cat, Sya, Ka, Mav, cRe, IPT, tRe, Cya, Nar, TP, Pel, PB1, Cou, Peo, Cac e Hes, e o PA4 no lado negativo do eixo x. Esse componente separa também a safra 1 com todos os solos, no lado positivo, e as safras 3, também com todos os solos, e safra 2, apenas com o PA4, no lado negativo. No PC2, que explica 15,7% da variância dos dados, separou os vinhos provenientes das uvas das videiras do PA3, no lado positivo do eixo y, estando associados a PB2 e ABTS, dos vinhos do PA4 no lado negativo do eixo y, estando associados ao tCaf e Chl. Os dois componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 94,2% da variância total dos dados.

Com isso, infere-se que a variedade Syrah, enxertada sobre o porta enxerto IAC 766, nas condições dos solos avaliados em uma vinícola de Casa Nova-BA, foi mais sensível às variações nos atributos do solo, quando comparada com a variedade Tempranillo, enxertada sobre o porta-enxerto IAC 572, nas condições dos solos avaliados em uma vinícola de Lagoa Grande-PE. Para a Tempranillo, as três safras foram discriminadas fortemente pela análise de componentes principais, enquanto que a Syrah, nas safras 1 e 2, houve separação dos solos, e somente na safra 3 os dois tipos de solos estiveram agrupados (Figuras 5.7 A e B).

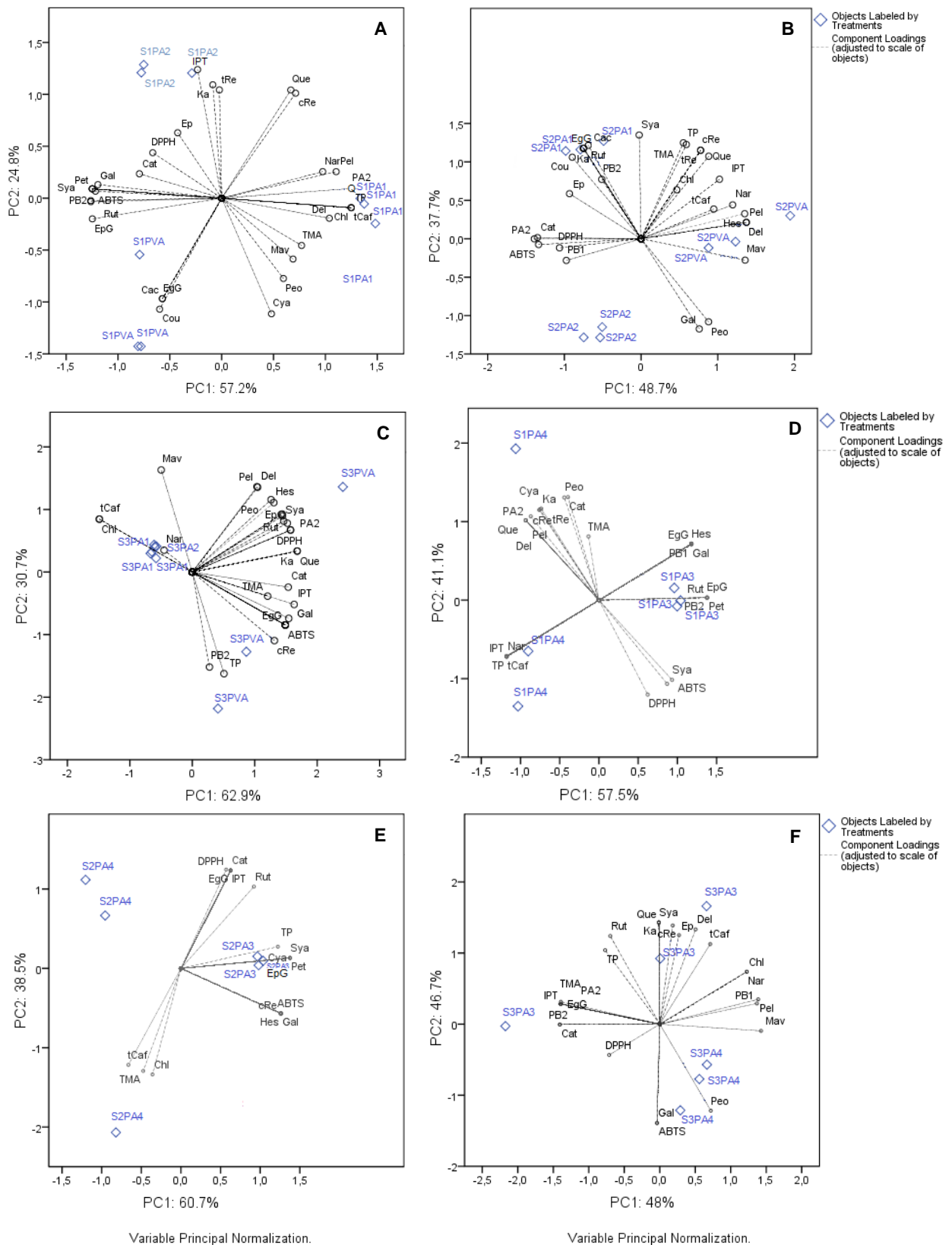
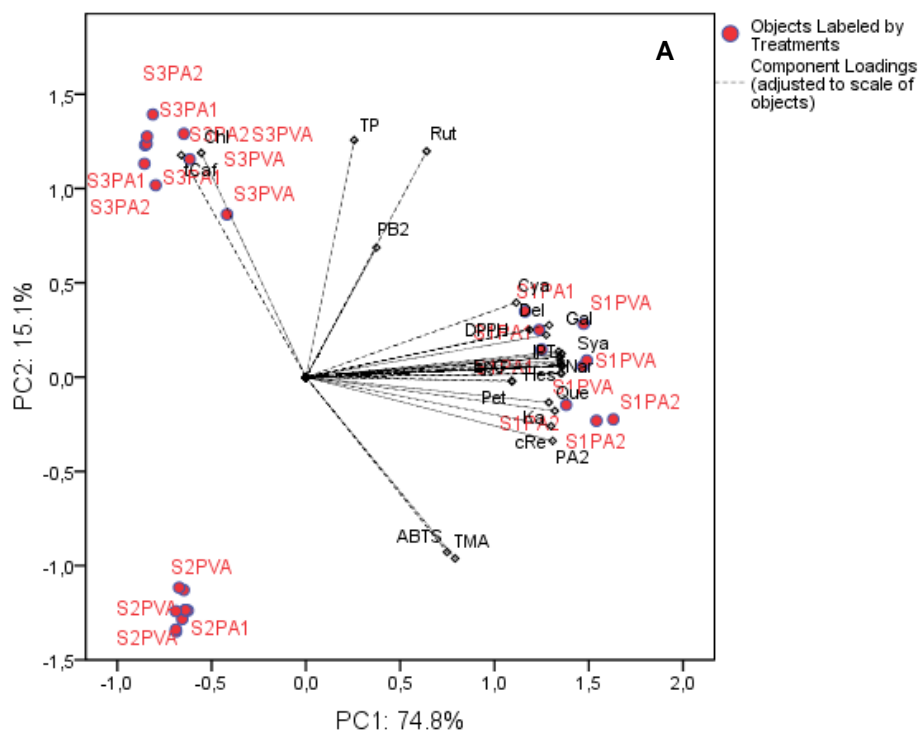
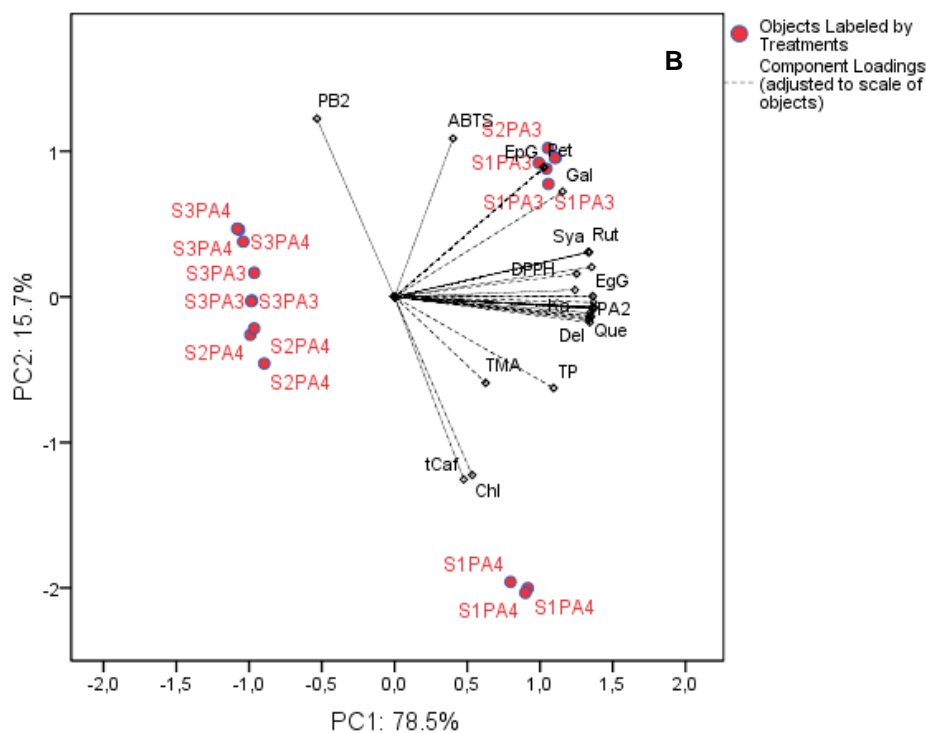


Figura 5.6. Análise de componentes principais (ACP) dos compostos fenólicos e os resultados da atividade antioxidante dos vinhos tintos Tempranillo (A, B e C) e Syrah (D, E e F). Cat: catequina; Ep: epicatequina; EgG: epigallocatequina; EpG: epicatequina galato; PA2: procianidina A2; PB1: procianidina B1; PB2: procianidina B2; Ka: kaempferol 3-glucosídeo; Que: quercetina 3-glicosídeo; Rut: rutina; Nar: naringenina; Hes: hesperidina; Cya: cianidina 3-glicosídeo; Mal: malvidina 3-glicosídeo; Peo: peonidina 3-glicosídeo; Del: delphinidina 3-glicosídeo; Pel: pelargonidina 3-glicosídeo; Gal: ácido gálico; Cac: ácido caféico; Chl: ácido clorogênico; Cou: ácido cumárico; tCaf: ácido caftárico; Sya: ácido síringeo; cRe: cis-resveratrol; tRe: trans-resveratrol; TP: fenólicos totais; TMA: antocianinas monoméricas totais; IPT: índice de polifenóis totais



Variable Principal Normalization.



Variable Principal Normalization.

Figura 5.7. Análise de componentes principais (ACP) dos compostos fenólicos e atividade antioxidante dos vinhos tintos Tempranillo (A) e Syrah (D) em 3 safras. Cat: catequina; Ep: epicatequina; EgG: epigallocatequina; EpG: epicatequina galato; PA2: procianidina A2; PB1: procianidina B1; PB2: procianidina B2; Ka: kaempferol 3-glucosídeo; Que: quercetina 3-glicosídeo; Rut: rutina; Nar: naringenina; Hes: hesperidina; Cya: cianidina 3-glicosídeo; Mal: malvidina 3-glicosídeo; Peo: peonidina 3-glicosídeo; Del: delphinidina 3-glicosídeo; Pel: pelargonidina 3-glicosídeo; Gal: ácido gálico; Cac: ácido caféico; Chi: ácido clorogênico; Cou: ácido cumárico; tCaf: ácido caftárico; Sya: ácido síringeo; cRe: cis-resveratrol; tRe: trans-resveratrol; TP: fenólicos totais; TMA: antocianinas monoméricas totais; IPT: índice de polifenóis totais

5.4. CONCLUSÕES

Os atributos dos solos tiveram efeitos significativos na composição físico-química, fenólica e na atividade antioxidante dos vinhos tintos Tempranillo e Syrah, produzidos no Vale do Submédio São Francisco.

A composição dos vinhos variou dependendo da safra, confirmando que os efeitos do clima são mais fortes e predominam sobre os efeitos dos solos.

A variedade Syrah, enxertada sobre o porta-enxerto IAC 766, foi mais sensível às variações dos atributos físico-hídricos dos solos que a variedade Tempranillo, enxertada sobre IAC 572, tendo apresentado diferenças na composição fenólica de uvas, a partir de videiras cultivadas em solos com menor disponibilidade hídrica, proporcionando a obtenção de vinhos com diferentes tipicidades e qualidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, L. T.; DA MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de uvas *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200032>

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F.A.; SILVA, A. L. da. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 398-405, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100204X2011000400009>

CABRITA, M. J.; RICARDO-DA-SILVA, J.; LAUREANO, O. Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE VITIVINICULTURA. **Anais...** Ensenada, México, 2003.

CAMARGO, U. A.; PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C. Wine grape cultivars adaptation and selection for tropical wines. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 919, p.121-129, 2011. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.910.9>

CARBONNEAU, A.; CARGNELLO, G. **Architectures de la vigne et systèmes de conduite**. Paris: DUNOD, 2003. 188p.

CARBONNEAU, A.; MONTE, R. del; LOPEZ, F.; OJEDA, H. The foldable lyre: Ecophysiological interest for management of light absorption and water; technological interest for mechanical harvesting. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 38, n. 1, p. 89-95, 2004.

CARBONNEAU, A.; DELOIRE, A.; JAILLARD, B. **Viticulture**. La vigne: physiologie, terroir, culture. Dunod: Paris, 2007, 441 p.

CHAVARRIA, G.; BERGAMASCHI, H.; SILVA, L. C. da.; SANTOS, H. P. dos.; MANDELLI, F.; GUERRA, C. C.; FLORES, C. A.; TONIETTO, J. Relações hídricas, rendimento e compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 481-487, 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011005000004>

COMMENGES, D.; SCOTET, V.; RENAUD, S.; JACQMIN-GADDA, H.; BARBERGER-GATEAU, P.; DARTIGUES, J. F. Intake of flavonoids and risk of dementia. **European Journal of Epidemiology**, Rome, v. 16, n. 4, p. 357- 363, 2000.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M.S.L.; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: Potencialidades e Limitações para Uso Agrícola**. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido; 2008. (Boletim técnico, 211).

DUTRA, M. C. P.; RODRIGUES, L. L.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, Barking, v. 269, p. 157-165, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.014>

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, 2018. 356 p.

FLORES, C. A. **Influência do solo na tipicidade do vinho**. 2011. Artigo em hipertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2011_4/vinho/index.htm Acesso em 31 de janeiro 2019.

GARRIDO, J.; BORGES, F. Wine and grape polyphenols – a chemical perspective. **Food Research International**, Essex, v. 54, n. 2, p. 1844-1858, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.002>

GLORIES, Y. La couler des vins rouges, 2^a Partie Mesure, Origine et Interpretation. **Connaissance Vigne et Vin**, Bordeaux, p. 253-271, 1984.

GUILFORD, J. M.; PEZZUTO, J. M. Wine and Health: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 62, n. 4, p. 471-486, 2011. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11013>

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P. J.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Recife, Ministério da Agricultura/Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 1973, v.1, 359 p. (Boletim Técnico 26; Série Pedológica, 14).

KIM, Y. K.; GUO, Q.; PACKER, L. Free radical scavenging activity of red ginseng aqueous extracts. **Toxicology**, Amsterdam, v. 172, n. 2, p. 149-156, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(01\)00585-6](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(01)00585-6)

LEBON, E.; PELLEGRINO, A.; LOUARN, G.; LECOEUR, J. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. **Annals of Botany**, London, v. 98, p.175-185, 2006. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl085>

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the ph differential method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 88, n. 5, p. 1269-1278, 2005.

LIMA, M. S. **Caracterização química de sucos produzidos em escala industrial com novas variedades brasileiras de uva cultivadas no Nordeste do Brasil**. 2014. 155p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, SC. 2014.

LIMA, M. S.; DUTRA, M. C. P.; TOALDO, I. M.; CORRÊA, L. C.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; NINOW, J. L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced in industrial scale by different processes of maceration. **Food Chemistry**, Barking, v.188, p.384-392, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.014>

LIMA, M. S.; SILANI, I. S. V.; TOALDO, I. M.; CORRÊA, L. C.; BIASOTO, A. C. T.; PEREIRA, G. E.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; NINOW, J. L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 161, p. 94-103, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.109>

LOUSADA, A. M. M. **Efeitos de estratégias de rega deficitária sobre os parâmetros ecofisiológicos da casta Touriga Franca na Região do Douro**. 2015. 150f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências: Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2015.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; RUFATO, L.; MIQUELLUTI, D. J.; WARMLING, M. T. Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 97-104. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100013>

MAFRA, M. S. H.; CASSOL, P. C.; MIQUELLUTI, D. J.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; FERREIRA, E. Z.; BARROS, M.; ZALAMENA, J.; GROHSKOPF, M. A. Atributos químicos do solo e estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) na Serra Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 10, n.1, p. 44-53, 2011.

MATTHEWS, A. M. **Terroir and other myghts of winemaking**. Oakland: University of California, 2016. 328 p.

MELLO, L. M. R. **Atuação do Brasil no mercado vitivinícola mundial – panorama 2011**. Bento Gonçalves-RS: Embrapa Uva e Vinho; 2012. (Boletim técnico, 116).

MIELE, A.; FLORES, C. A.; ALBA, J. M. F.; BADALOTTI, C. B. Efeito do tipo de solo nos compostos fenólicos e na atividade antioxidante do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, n. 6, p. 40-47, 2014.

MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p. 1127-1137, 2010.

MUDNIC, I.; MODUN, D.; RASTIJA, V.; VUKOVIC, J.; BRIZIC, I.; KATALINIC, V.; KOZINA, B.; MEDIC-SARIC, M.; BOBAN, M. Antioxidative and vasodilatory effects of phenolic acids in wine. **Food Chemistry**, Barking, v. 119, n. 3, p. 1205-1210, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.038>

MUÑOZ-ESPADA, A. C.; WOOD, K. V.; BORDELON, B.; WATKINS, B. A. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch Grapes and wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 22, p. 6779-6786, 2004. <https://doi.org/10.1021/jf040087y>

OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV). **Compendium of international methods of analysis of vines and musts**. vol 1. OIV: Paris, France, 2016; 504 p.; ISBN 979-10-91799-47-8.

OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV). **Vine and Wine Outlook**. Paris: OIV – 18, 2012. 72 p.

PADILHA, C. V. S.; BIASOTO, A. C. T.; CORRÊA, L. C.; LIMA, M. S.; PEREIRA, G. E. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of commercial tropical red wines (*Vitis vinifera* L.) from São Francisco Valley, Brazil. **Journal of Food Biochemistry**, Estados Unidos, v.41, n.3, p.1-9, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12346>

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, Barking, v. 228, p.106-115, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.137>

PEREIRA, G. E. **Contribution de la chimométrie a la caractérisation des fruits: application des profils métaboliques du raisin a l'étude des effets du climat, du sol et du cépage**. 2005. 178p. Tese (Doutorado), Menção Ciências Biológicas e Médicas, Opção Viticultura-Enologia, Université Victor Ségalen Bordeaux 2, França, 2005.

PEREIRA, G. E.; GAUDILLERE, J.-P.; VAN LEEUWEN, C.; HILBERT, G.; MAUCOURT, M.; DEBORDE, C.; MOING, A.; ROLIN, D. H-NMR metabolite fingerprints of grape berry: Comparison of vintage and soil effects in Bordeaux grapevine growing areas. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 563, p. 346–352, 2006. <http://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.007>

PEREIRA, G. E.; GAUDILLÈRE, J.-P.; VAN LEEUWEN, C.; HILBERT, G.; MAUCOURT, M.; DEBORDE, C.; MOING, A.; ROLIN, D. H-NMR metabolic profiling wines from three cultivars, three soil types and two contrasting vintages. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 41, n. 2, p. 103-109, 2007.

PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C.; MANFROI, L. Vitivinicultura e Enologia. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Ed.). **A vitivinicultura no semiárido brasileiro**. Embrapa Informação tecnológica, Capítulo 16, p. 677-724. 2009.

PEREIRA, G. E.; ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, J. de O.; OLIVEIRA, V. S.; NASCIMENTO, R. L.; QUINTINO, C.; VANDERLINDE, R.; LIMA L. L. A. Chemical and aromatic characteristics of Brazilian tropical wines. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.910, p.135-140, 2011. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.910.11>

PEREIRA, G. E.; PADILHA, C. V. S.; MARQUES, A.T.B.; CANUTO, K. M.; MENDES, A.; SOUZA, J. F. Le poids des consommateurs sur l'évolution des vins : l'exemple de la Vallée du Sao Francisco, Brésil. In: Perard, J. et Perrot, M. (Org.). **Vin et civilisation, les étapes de l'humanisation**. Centre Georges Chevrier, Dijon, p. 301-310, 2016.

PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C.; AMORIM, F. F.; NASCIMENTO, A. M. S.; SOUZA, J. F.; LIMA, L. L. A.; LIMA, M. S.; PADILHA, C. V. S.; PROTAS, J. F.; ZANUS, M. C.; TONIETTO, J. Vinhos tropicais do semiárido do Brasil. Desvendando o Potencial Vitivinícola desta Nova Fronteira Geográfica do Vinho. **Territoires Du Vin. Université de Bourgogne**, Dijon-France, v. 9, p. 1-15, 2018.

PEYNAUD, É. **Enología práctica: conocimiento y elaboración del vino**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 405p.

PEYNAUD, É. **Connaissance et travail du vin**. Editora Dunod, Paris, 341p., 1997.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

RENAUD, S.; LANZMANN-PETITHORY, D.; GUEGUEN, R.; CONARD, P. Alcohol and mortality from all causes. **Biology Research**, Santiago, v. 37, n. 2, p. 183-187, 2004. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602004000200002>

REYNIER, A. **Manuel de viticulture**. Paris : Lavoisier, 2007. 532 p. 10^a Edition.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 179-183, 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000200007>

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Efeito da safra vitícola na composição da uva, do mosto e do vinho Isabel da Serra Gaúcha, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 959-954, 2006.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, A. S.; SILVA, D. F. Caracterização Ambiental do Vale do Submédio São Francisco. In: LIMA, M. A. C.; SÁ, I. B.; KILL, L. H. P.; BORGES, R. M. E.; LIMA NETO, F. P.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C.; SILVA, A. S.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. (Ed.). **Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco: Uva de Mesa e Manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido. 2009. p.8-15. (Sérios Documentos, 222).

SÁNCHEZ, L.; DOKOOZLIAN, N. K. Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 56, n. 4, p. 319-329, 2005.

SAUTTER, C. K.; DENARDIN, S.; ALVES, A. O.; MALLMANN, C. A.; PENNA, N. G.; HECKTHEUER, L. H. Determinação de resveratrol em sucos de uva no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 437-442, 2005.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. 2010. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 1, p. 18-48, 2010.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOUZA, G. G.; MENEGHIN L. O.; COELHO, S. P.; MAIA, J. F.; SILVA, A. G. A uva roxa, *Vitis vinifera* L. (Vitaceae) – seus sucos e vinhos na prevenção de doenças cardiovasculares. **Natureza on line**, Santa Tereza, v. 4, n. 2, p. 80-86, 2006.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONÉ, X.; TREGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. Influence of climate, soil and cultivar on terroir **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 55, n. 3, p. 207-217, 2004.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture (Review) **Journal of Wine Research**, Abingdon, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2006.

VAN LEEUWEN, C.; TREGOAT, O.; CHONÉ, X.; BOIS, B.; PERNET, D.; GAUDILLÈRE, J.-P. 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**, Bordeaux, v. 43, p. 121-134, 2009.

XIA, E.-Q.; DENG, G.-F.; GUO, Y.-J.; LI, H.-B. Biological activities of polyphenols from grapes. **International Journal of Molecular Sciences**, Switzerland, v. 11, n. 2, p. 622-646, 2010. <https://doi.org/10.3390/ijms11020622>

ZHANG, Y.; ZHANG, M.; NIU, J.; LI, H.; XIAO, R.; ZHENG, H.; BECH, J. Rock fragments and soil hydrological processes: significance and progress. **Catena**, New York, v. 147, p. 153-166, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.012>

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil existe poucos estudos que relacionem aspectos pedológicos e a cultura da uva vinífera. No Vale do Submédio São Francisco isto se torna mais escasso ainda, mesmo sendo o solo um dos componentes do “*terroir*”.

Considerando a carência de informações de “*terroir*” dos vinhos tropicais, os resultados gerados neste trabalho representam os primeiros passos na colaboração da qualidade e diferenciação dos vinhos, ligado as condições edafoclimáticas nessa região, que deverá ser consolidado por estudos com outras variedades e em sucessivas safras.

Estes resultados colaboram também com os esforços para o reconhecimento da Indicação Geográfica dos vinhos da região, e quem sabe futuramente, se obter uma Denominação de Origem Controlada.