

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

SUELLEN ROBERTA VASCONCELOS DA SILVA

**DIAGNOSE NUTRICIONAL DA VIDEIRA CULTIVADA NO VALE DO
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Recife

2021

Suellen Roberta Vasconcelos da Silva
Engenheira Agrônoma

Diagnose nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

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

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire

Coorientador: Prof. Dr. Renato Lemos dos Santos

Recife

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586d Silva, Suellen Roberta Vasconcelos da
Diagnose nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco / Suellen Roberta Vasconcelos da Silva. - 2021.
111 f. : il.
- Orientador: Fernando José Freire.
Coorientador: Renato Lemos dos Santos.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Recife, 2021.
1. Cálcio. 2. CND. 3. DRIS. 4. Manejo nutricional. 5. Pectina. I. Freire, Fernando José, orient. II. Santos, Renato Lemos dos, coorient. III. Título

CDD 631.4

SUELLEN ROBERTA VASCONCELOS DA SILVA

Diagnose nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Ciências do Solo.

Aprovada em 29 de janeiro de 2021

Prof. Dr. Fernando José Freire

Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

Universidade Federal do Vale do São Francisco

Dr. Jailson Cavalcante Cunha

Plant Soil Laboratórios

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o mestrado. Em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo apoio e incentivo aos discentes.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, essencial para a minha formação acadêmica.

Aos meus pais, especialmente à minha mãe, Lourdes, e à minha irmã, Suenia, pelo incentivo, motivação, alegria a cada conquista e por todo esforço e dedicação a minha educação para que eu esteja aqui.

Ao Prof. Fernando Freire, pela orientação, receptividade, confiança, paciência e ensinamentos. Agradeço pelos desafios e oportunidades que me fizeram amadurecer profissional e pessoalmente.

Ao Prof. Renato Santos, pela coorientação e por estar sempre disponível a ensinar.

À todos os professores com os quais tive o privilégio de aprender sobre a Ciência do Solo: Profs. Mateus Ribeiro Filho, Betânia Freire, Brivaldo Almeida, Valdomiro Souza Júnior, Giselle Fracetto, Jean Santos e Emídio Oliveira.

À empresa que autorizou a realização da pesquisa nas suas fazendas, pelo investimento na pesquisa e todo o apoio técnico, em especial a todos os funcionários por toda a ajuda com informações e coletas.

Ao PlantSoil Laboratórios, pela parceria na execução das análises dos dados e à Jailson Cunha pela paciência em ajudar com todas as minhas dúvidas.

À Jefrejan, por toda a ajuda com o trabalho e pela disponibilidade em solucionar minhas dúvidas.

Aos meus amigos, Nina e Raphael, pelo carinho, momentos de diversão, incentivo e amizade desde a graduação. À Patryk, pela amizade, incentivo, ajuda e por sempre estar disposto a ouvir. À Janyelle, pela amizade e parceria nos trabalhos.

Aos funcionários do PPGCS, aos quais agradeço em nome de Socorro.

“No mesmo instante em que recebemos pedras em nosso caminho, flores estão sendo plantadas mais longe. Quem desiste não as vê”.

William Shakespeare

Diagnose nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

RESUMO GERAL

A videira (*Vitis vinifera* L.) é uma cultura altamente rentável e seu cultivo destaca-se no Vale do Submédio São Francisco. A avaliação do estado nutricional da videira é importante por influenciar na produtividade e na qualidade da uva. Apesar disso, ainda não foram desenvolvidos padrões nutricionais específicos para a videira na região. O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), o DRIS modificado (M-DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND) são métodos modernos de diagnose nutricional que consideram as interações entre os nutrientes e podem ser utilizados para estabelecer esses padrões nutricionais na região do Vale do Submédio São Francisco. Além disso, ainda não se avaliou a relação entre o balanço nutricional e a concentração de Ca ligado as pectinas na parede celular (Ca-ligado). O Ca é o nutriente que mais interfere na qualidade do fruto, sendo relacionado com a firmeza do fruto e a qualidade do fruto em pós-colheita. Portanto, os objetivos desse estudo foram: definir normas DRIS, M-DRIS, CND específicas para a videira no Vale do Submédio São Francisco; avaliar e comparar o estado nutricional da videira por meio desses métodos em três distintos ambientes de produção; avaliar a relação do Ca-ligado com o balanço nutricional da videira, a concentração dos nutrientes (solo, folha e fruto) e critérios de qualidade do fruto. O trabalho envolveu três cultivares produzidas na região (BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp), cultivadas em três ambientes distintos, nas fazendas PL (Petrolina/PE) JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA). Foram selecionadas 20 lavouras e coletadas amostras de solo, folha e fruto para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B. O banco de dados foi dividido em duas populações (alta e baixa produtividades). Como critério de separação das produtividades, utilizou-se a média da produtividade + 0,5 do desvio-padrão, sendo 18,89 Mg ha⁻¹ o limite de separação das produtividades. As normas DRIS foram desenvolvidas a partir da seleção das razões duais entre nutrientes que possuíam maior razão de variâncias entre as populações de baixa e alta produtividade. Calculou-se os respectivos índices DRIS, M-DRIS e CND dos nutrientes e o Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm) de cada lavoura. Os resultados foram interpretados pelo Potencial de Resposta à Adubação. Os frutos foram avaliados quanto ao peso e diâmetro da baga, comprimento do cacho, sólidos solúveis, acidez titulável e firmeza da baga. Os micronutrientes Fe, Cu e Zn comprometeram a normalidade de algumas relações duais. Os métodos de diagnose nutricional apresentaram alta porcentagem de concordância, sugerindo que a utilização de qualquer um deles poderá ser recomendado para a região. O diagnóstico nutricional realizado pelo DRIS identificou deficiência de Mn e excesso de Ca nas lavouras, mostrando desbalanço nutricional em 73% dos nutrientes. A produtividade das videiras se correlacionou negativamente com o IBNm, sugerindo que produtividade das uvas tem sido influenciada pelo desbalanço nutricional. O Ca-ligado apresentou correlação negativa com o IBNm, indicando que plantas desbalanceadas nutricionalmente apresentaram maior concentração de Ca-ligado. O Ca-ligado correlacionou-se positivamente com a acidez titulável e não apresentou correlação com a firmeza da baga. A análise de componentes principais mostrou que o Ca-ligado se correlacionou com os nutrientes e com a matéria seca no fruto, mas não com os nutrientes no solo e na folha. Os programas de fertilização precisam ser monitorados e readequados para otimizar a produtividade e a qualidade dos frutos.

Palavras-chave: Cálcio. CND. DRIS. Manejo nutricional. M-DRIS. Pectina.

Nutritional diagnosis of grape grown in Submédio São Francisco Valley

OVERALL ABSTRACT

Grape (*Vitis vinifera* L.) is a highly profitable crop, one of the most important fruit crops in Submédio São Francisco Valley. The assessment of nutritional status of the vine is important because it influences yield and quality of grape. Despite this, specific nutritional standards for the grape in the region have not been developed yet. Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS), modified DRIS (M-DRIS), and Composition Nutrient Diagnosis (CND) are modern methods of nutritional diagnosis that consider the interactions among nutrients and can be used to establish nutritional standards in Submédio São Francisco Valley. Also, the relationship between nutritional balance and content of Ca bound to pectins in the cell wall (Ca-pectin) has not yet been evaluated. Ca is the nutrient that most interferes with the quality of the fruit, being related to fruit firmness and fruit quality in post-harvest. Thus, the objectives of this study were: to define specific DRIS, M-DRIS, CND norms for grapes in Submédio São Francisco Valley; evaluate and compare nutritional status of grape using these methods in three different production environment; evaluate the relationship of Ca-pectin with DRIS, nutrients concentrations (soil, leaf and fruit) and criteria of fruit quality. The work involved three cultivars produced in the region (BRS Vitória, Sweet Jubilee and Sugar Crisp), grown in three different environments, at PL (Petrolina / PE), JZ (Juazeiro / BA), and CN (Casa Nova / BA) farms. Twenty vineyards were selected and soil, leaf and fruit samples were collected to determine N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B concentrations. Database was divided into two populations (high and low-yielding). As a criterion for separating populations, the average yield + 0.5 of the standard deviation was used, with 18.89 Mg ha⁻¹ being the limit for separating them. DRIS standards were developed from the selection of dual ratios between nutrients that had the highest variance ratio between low and high-yielding populations. The respective DRIS, M-DRIS and CND nutrient indices and the Average Nutritional Balance Index (IBNm) of each vineyard were calculated. The results were interpreted by Response Potential to Fertilization (PRA). Fruits were evaluated for berry weight and diameter, bunch length, soluble solids, titratable acidity and berry firmness. Fe, Cu and Zn compromised the normality of some dual relationships. The nutritional diagnosis methods showed high percentage of agreement, suggesting that the use of any of them may be recommended for the region. Nutritional diagnosis carried out by DRIS identified Mn deficiency and excess Ca in vineyards, showing nutritional imbalance in 73% of nutrients. Grape yield was negatively correlated with IBNm, suggesting that grape yield has been influenced by nutritional imbalance. Ca-pectin showed negative correlation with IBNm, indicating that nutritionally unbalanced plants have higher Ca-pectin content. Ca-pectin was positively correlated with TA and did not correlate with berry firmness. Principal component analysis showed that Ca-pectin was correlated with nutrients in the fruit and dry weight, but not with nutrients in the soil and leaf. Fertilization programs need to be monitored and readjusted to optimize fruit yield and quality.

Keywords: Calcium. CND. DRIS. M-DRIS. Nutritional management. Pectin.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 - Atributo químicos do solo na camada de 0,0-0,30 m de profundidade das áreas das lavouras nos campos comerciais PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) após a poda de formação das videiras	42
Tabela 2 - Valores médias (Md), medianos (Med), mínimos (Min), máximos (Máx), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV), variâncias (s^2), coeficientes de assimetria (Assim), coeficientes de curtose (Curt) das concentrações dos nutrientes nas folhas e da produtividade (Pd) das populações de alta (PAP) e baixa produtividades (PBP) da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	46
Tabela 3 - Médias (Md), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV), coeficientes de assimetria (Assim), coeficientes de curtose (Curt), variâncias das populações de alta (s^2 PAP) e de baixa (s^2 PBP) produtividades, razão entre variâncias das populações de baixa e alta produtividades (s^2 PBP/ s^2 PAP) e seleção da razão entre nutrientes da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	48
Tabela 4 - Médias (Md), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV), coeficientes de assimetria (Assim) e de curtose (Curt) das relações entre nutrientes selecionadas como normas DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	54
Tabela 5 - Teste de normalidade Shapiro-Wilk das normas DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	56

Capítulo II

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,30 m de profundidade das áreas das lavouras nas fazendas comerciais de PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) após a poda de formação das videiras.....	68
Tabela 2 - Concentrações médias, desvio-padrões (s) e coeficientes de variação (CV) dos nutrientes na folha completa da videira nas áreas das lavouras nas fazendas comerciais PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) no período de floração	70
Tabela 3 - Médias (Md), desvios-padrões (s), coeficientes de variação (CV), coeficientes de assimetria (Assim) e de curtose das relações entre nutrientes selecionadas como normas DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	71

Tabela 4 - Médias (Md), desvios-padrões (s), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de assimetria (Assim) dos teores dos nutrientes selecionados como normas M-DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco, na população de alta produtividade	72
Tabela 5 - Médias (s), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de assimetria (Assim) das variáveis multinutrientes (Vi) e da média geométrica (G), selecionados como normas CND para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco, na população de alta produtividade	72
Tabela 6 - Critérios para a definição das classes de Potencial de Resposta à Adubação.....	75
Tabela 7 - Porcentagem de concordância entre os diagnósticos nutricionais obtidos pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco.....	76
Tabela 8 - Interpretação dos Índices DRIS, M-DRIS e CND pelo método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) e frequência de concordância dos diagnósticos nutricionais entre diferentes métodos pelo teste de razão de verossimilhança qui-quadrado (teste G) para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	78
Tabela 9 - Produtividade, índices DRIS e Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm) das lavouras e hierarquização do estado nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco	80

Capítulo III

Tabela 1 - Diagnóstico nutricional das lavouras de videira, cultivadas no Vale do Submédio São Francisco, pelo DRIS.....	92
Tabela 2 - Correlação de Spearman (ρ) do Ca-ligado de amostras do fruto com o Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm), obtido pelo DRIS, de lavouras de videira cultivadas no Vale do Submédio São Francisco.....	94
Tabela 3 - Correlação de Spearman (ρ) do Ca-ligado com os nutrientes presentes no fruto da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco.....	99
Tabela 4 - Correlação de Spearman (ρ) do Ca-ligado com peso da baga (PB), diâmetro da baga (DB), comprimento do cacho (CC), firmeza, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e matéria seca (MS) de frutos de lavouras de videira cultivadas no Vale do Submédio São Francisco.....	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	19
1.1	Hipótese	20
1.2	Objetivo geral	20
1.3	Objetivos específicos	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	Viticultura no Vale do Submédio São Francisco.....	21
2.2	O cultivo da videira	22
2.3	Métodos de avaliação nutricional	23
2.3.1	DRIS	23
2.3.1.1	Normas DRIS.....	24
2.3.1.2	Índices DRIS.....	25
2.3.2	M-DRIS	26
2.3.3	CND.....	26
2.4	Qualidade da uva	27
2.5	Importância do Ca para a nutrição de fruteiras.....	28
	REFERÊNCIAS	30
3	CAPÍTULO I – ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS PARA A VIDEIRA NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO	37
	RESUMO.....	37
	ABSTRACT	38
3.1	Introdução.....	39
3.2	Material e métodos	40
3.2.1.	Caracterização das áreas de estudo	40
3.2.2.	Manejo nutricional das lavouras de videira	41
3.2.3.	Amostragem das folhas das lavouras de videiras e determinação dos nutrientes.....	43
3.2.4.	Seleção das populações de alta (PAP) e baixa produtividade (PBP).....	43

3.2.5.	Determinação das normas DRIS.....	44
3.3	Resultados e discussão.....	45
3.4	Conclusões.....	57
	REFERÊNCIAS	58
4	CAPÍTULO II – DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DA VIDEIRA PELOS MÉTODOS DRIS, M-DRIS E CND	63
	RESUMO.....	63
	ABSTRACT	64
4.1	Introdução.....	65
4.2	Material e métodos	66
4.2.1.	Caracterização das áreas de estudo	66
4.2.2.	Manejo nutricional das lavouras de videira	67
4.2.3.	Amostragem das folhas das lavouras de videiras e determinação dos nutrientes.....	69
4.2.4.	Determinação das normas DRIS, M-DRIS e CND.....	70
4.2.5	Índices DRIS	72
4.2.6	Índices M-DRIS	73
4.2.7	Índices CND.....	74
4.2.8.	Interpretação dos índices nutricionais.....	74
4.3	Resultados e discussão.....	76
4.4	Conclusões.....	82
	REFERÊNCIAS	83
5	CAPÍTULO III – ESTADO NUTRICIONAL E QUALIDADE DA UVA.....	87
	RESUMO.....	87
	ABSTRACT	88
5.1	Introdução.....	89
5.2	Material e métodos	90
5.2.1.	Caracterização das áreas de estudo	90

5.2.2.	Manejo nutricional das lavouras de videira	91
5.2.3.	Amostragem das folhas das lavouras de videiras e determinação dos nutrientes	93
5.2.4.	Diagnóstico nutricional das lavouras de videiras pelo DRIS.....	94
5.3	Resultados e discussão.....	95
5.4	Conclusões.....	105
	REFERÊNCIAS	106
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Vale do Submédio São Francisco está localizado no Semiárido brasileiro e destaca-se no cultivo e exportação de uvas de mesa. Suas condições climáticas, com elevadas temperaturas e incidência solar durante todo o ano, constituem características ideais para a produção de uva, inclusive podendo ocorrer duas safras anuais. Esse cultivo mais intensivo requer maior atenção ao manejo nutricional da videira, que impacta não somente na produtividade da lavoura, mas também na qualidade do fruto.

A diagnose foliar é uma forma de monitorar a nutrição da planta, observando-se a concentração de nutrientes na folha e suas relações. A utilização da concentração dos nutrientes na folha e a produtividade permitem a determinação do equilíbrio nutricional da lavoura, podendo ser feito por diversos métodos de avaliação do estado nutricional. Alguns deles são o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), o DRIS Modificado (M-DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND).

Esses métodos geram valores de referência nutricional que auxiliam o manejo de nutrientes da lavoura. Há uma carência desses valores para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco, sendo utilizados valores produzidos em outras regiões do país. Entretanto, a exigência nutricional das plantas depende de fatores edafoclimáticos regionais. Na videira, por exemplo, há ainda a questão da combinação das cultivares do enxerto e do porta-enxerto. Dessa forma, a utilização de sistemas de diagnose nutricional desenvolvidos em outras regiões podem limitar a produtividade, por não abranger e representar as condições locais. Portanto, para que o manejo nutricional seja mais assertivo, é importante o desenvolvimento de valores nutricionais específicos para o cultivo da videira no Vale do Submédio São Francisco.

A nutrição da videira impacta não somente a produtividade, mas também a qualidade do fruto, fator muito importante especialmente para o mercado de exportação. Dentre os nutrientes que interferem na qualidade do fruto, destaca-se o cálcio (Ca). O Ca tem importante função na parede celular, associando-se as pectinas, formando o pectato de cálcio (Ca-ligado). O Ca-ligado a parede celular das bagas proporciona maior estabilidade físico-química, retardando a atividade de enzimas que degradam a parede celular.

Ocorrem interações entre os nutrientes na planta e, quando há deficiência ou excesso de um, o equilíbrio nutricional é afetado. Assim, as concentrações e as relações dos nutrientes são importantes também para as formas químicas que esses nutrientes estão presentes na planta,

interferindo na sua mobilidade e disponibilidade para suprir os tecidos em crescimento, como é o caso dos frutos no seu início de desenvolvimento.

1.1 Hipótese

O estado nutricional equilibrado da videira resulta em maior concentração de Ca-ligado e maior qualidade do fruto.

1.2 Objetivo geral

Estabelecer normas DRIS, M-DRIS e CND para a videira na região do Vale do Submédio São Francisco e diagnosticar nutricionalmente cultivos de uva em três distintos ambientes de produção, bem como avaliar a concentração de Ca-ligado dos frutos e relacioná-la com o estado nutricional da videira.

1.3 Objetivos específicos

- Estabelecer normas DRIS, M-DRIS e CND para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco;
- Diagnosticar nutricionalmente a videira cultivada em diferentes ambientes de cultivo pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND;
- Comparar os diagnósticos nutricionais obtidos pelo DRIS, M-DRIS e CND;
- Avaliar a relação entre o Ca-ligado dos frutos e o estado nutricional de lavouras de videira;
- Relacionar a concentração de Ca-ligado com critérios de qualidade do fruto, como peso e diâmetro da baga, comprimento do cacho, firmeza da baga, acidez titulável e sólidos solúveis;
- Correlacionar as concentrações dos nutrientes no solo, folha e fruto com a concentração de Ca-ligado no fruto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Viticultura no Vale do Submédio São Francisco

O Vale do Submédio São Francisco é um dos principais polos da viticultura no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2020). O início do cultivo da videira na região data entre as décadas de 1950 e 1960, quando ocorreram os primeiros investimentos públicos e privados, culminando em 1963 e 1964 com a criação dos campos experimentais de Bebedouro (PE) e Mandacaru (BA), respectivamente (LEÃO, 2015).

As condições climáticas do semiárido brasileiro, como elevada incidência solar durante a maior parte do ano e a precipitação pluviométrica concentrada numa época bem definida, proporciona ao Vale do Submédio São Francisco competitividade comercial na produção de uva de mesa, sendo possível a obtenção de até duas safras anuais (LEÃO, 2015).

O Vale do Submédio São Francisco atualmente é especializado no cultivo de *Vitis* sp., destinada ao consumo *in natura*, destacando-se as variedades sem sementes, as quais têm grande aceitação tanto no mercado interno quanto externo, sendo assim, de grande rentabilidade (SANTOS et al., 2014; SOUSA et al., 2017).

Os estados de Pernambuco e Bahia contribuíram com cerca de 34% da produção nacional de uva no ano de 2019, estando concentrada nos municípios que compõem o Vale do Submédio São Francisco, destacando-se Petrolina (PE), Juazeiro e Casa Nova (BA). O Rio Grande do Sul, por exemplo, contribuiu com aproximadamente 46% da produção de uva no mesmo ano, porém nesse valor está contida também a produção de uva para vinho (IBGE, 2020a). Dentre esses municípios, Petrolina é o que mais produz uva de mesa, conforme dados históricos de 2004 à 2018 disponibilizados pelo IBGE (2020b) (Figura 1). BRS Vitória, Sweet Jubilee e a Sugar Crisp são algumas das cultivares plantadas no Vale do Submédio São Francisco (LEÃO, 2018).

A BRS Vitória é proveniente do trabalho da Embrapa Uva e Vinho e foi lançada em 2012. É uma cultivar de uva tinta, vigorosa que tem se adaptado bem as condições climáticas do Vale do Submédio São Francisco, apresentando elevada fertilidade de gemas. Sua produtividade pode superar 30 Mg ha⁻¹. Os cachos são médios, pesando em torno de 290 g. É descrita na literatura como uma cultivar que apresenta boa conservação pós-colheita e tolerância à rachadura de bagas (LEÃO; LIMA, 2016). Na região semiárida, possui ciclo produtivo de

apenas 90 à 95 dias, enquanto no Sul e Sudeste do Brasil, seu ciclo pode durar até 135 dias (MAIA et al., 2012).

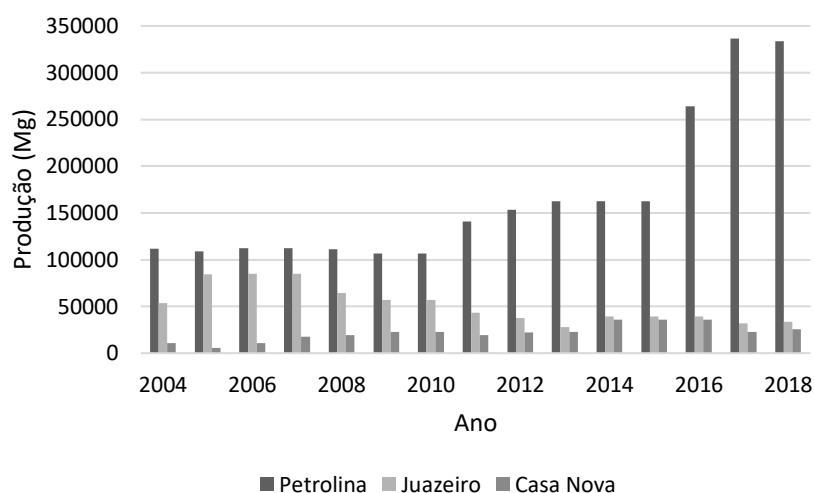


Figura 1 – Produção de uva nos municípios de Petrolina, Juazeiro e Casa Nova no período de 2004 à 2018. Fonte: IBGE, 2020b

As cultivares Sweet Jubilee e Sugar Crisp foram desenvolvidas pela International Fruit Genetics (IFG). A Sweet Jubilee é uma cultivar de uva tinta, de bagas grandes, textura crocante, alta produtividade e boa conservação pós-colheita. A Sugar Crisp é uma cultivar de uva branca, com bagas grandes e alongadas, de textura crocante e baixa acidez, sendo de alta produtividade (IFG, 2020).

2.2 O cultivo da videira

A videira (*Vitis* sp. L.) é uma das culturas mais rentáveis, que tem se adaptado a diferentes condições climáticas, ganhando destaque nas regiões tropicais do mundo, como é o caso do Vale do Submédio São Francisco. Pode ser cultivada para diversas finalidades, como o consumo *in natura*, a produção de vinhos, sucos e uva passa (BRUNETTO et al., 2020).

O ciclo de produção da videira pode ser dividido em quatro períodos: crescimento, reprodutivo, amadurecimento dos tecidos e vegetativo. O clima é o principal fator que influencia nesse ciclo produtivo, seguido pelas variações genotípicas das cultivares. O intenso cultivo, principalmente nas regiões tropicais, resulta em grande produção e na necessidade do uso de tecnologias que possibilitem a sustentação da produtividade nos ciclos consecutivos (LEÃO; SILVA, 2014).

Uma dessas tecnologias é o acompanhamento nutricional, fator essencial na produção da videira que, em conjunto com os tratamentos culturais, o manejo fitossanitário e a irrigação, bem como as características edafoclimáticas, define a produtividade e a qualidade dos frutos.

A adubação da videira deve levar em consideração fatores como o porta-enxerto, o enxerto, o vigor, se a cultivar tem ou não sementes, a produtividade esperada e os teores dos nutrientes disponíveis no solo. A adubação é realizada em três fases: plantio, crescimento das mudas e produção (LEÃO; SILVA, 2014).

A adubação de produção é realizada após a primeira poda de frutificação e repetida a cada ciclo vegetativo. Essa adubação leva em consideração a produtividade esperada, os resultados das análises do solo e da folha da planta e baseia-se também nas necessidades das cultivares do porta-enxerto e da copa (LEÃO; SILVA, 2014). As exigências nutricionais das cultivares dependem das suas características genéticas, ambiente de inserção e vigor vegetativo do ciclo anterior.

2.3 Métodos de avaliação nutricional

2.3.1 DRIS

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) é um método desenvolvido e proposto inicialmente por Beaufils (1973). É baseado em índices de nutrientes, ao contrário de outros métodos de avaliação nutricional, que utilizam valores absolutos da concentração de nutrientes do tecido vegetal. O DRIS apresenta-se como uma forma segura de avaliação nutricional por gerar e analisar dados de lavouras comerciais, diferentemente de métodos convencionais, que determinam valores de referência sob condições controladas e dificilmente alcançadas em cultivos comerciais (WADT, 2011).

O DRIS é baseado nas seguintes premissas: I) a razão entre a concentração dos nutrientes são melhores indicadores de deficiências do que apenas os valores de concentração; II) existem razões entre nutrientes mais significativas que outras; III) altas produtividades são atingidas quando as razões entre os nutrientes estão próximas de valores ótimos baseados na população de alta produtividade; IV) a variância das razões entre os nutrientes é mais baixa na população de alta produtividade; V) podem ser calculados índices DRIS para cada nutriente (MOURÃO FILHO, 2004).

É possível destacar as seguintes vantagens do DRIS: a geração de um relatório de fácil interpretação que reflete o estado atual da cultura; o agrupamento de nutrientes numa escala do

mais deficiente ao mais excessivo; a identificação dos nutrientes mais limitantes à produtividade, mesmo quando esses não estão abaixo do nível crítico; a produção de um diagnóstico de balanço nutricional baseado em normas que refletem um equilíbrio nutricional numa população de referência. Como desvantagem tem-se que: o método pode ser sensível ao envelhecimento do tecido vegetal; o método não indica a quantidade que deve ser aplicada do nutriente deficiente (NACHTIGALL; DECHEN, 2010).

2.3.1.1 Normas DRIS

O cálculo dos índices DRIS requer a definição de normas DRIS que são valores de referência obtidos a partir da seleção de uma população de alta produtividade (população de referência) inserida numa população maior (WADT, 2011). Atualmente não existem normas DRIS estabelecidas para a videira no Vale do Submédio São Francisco.

Para o estabelecimento das normas DRIS, o banco de dados deve ser subdividido em uma população de alta e uma população de baixa produtividades, a partir da definição de uma produtividade média. A seleção da população de referência é importante, pois influencia no relatório final gerado pelo DRIS. Alguns autores divergem sobre a forma de determinação do valor médio de produtividade que divide as populações. Para Letzsch e Sumner (1984), a população de referência deve abranger no mínimo 10% das observações do banco de dados geral. Walworth e Sumner (1987) defendem que o valor médio de produtividade deve ser definido arbitrariamente. Enquanto Malavolta e Malavolta (1989) recomendam que a população de referência deve ter 80% da máxima produção observada.

Há divergências quanto ao tamanho da população de referência, havendo autores que defendem a utilização de grandes bancos de dados, como aqueles que defendem populações menores. Contudo, independentemente do tamanho da população, é importante prezar pela qualidade dos dados e as premissas para a sua utilização. Assim, normas DRIS geradas a partir de grandes bancos de dados, chamadas de normas universais, podem ser precisas quando aplicadas ao diagnóstico de uma população que contenha grande fonte de variabilidade. Enquanto normas DRIS específicas devem ser mais adequadas no diagnóstico de um cultivo que contenha as mesmas premissas utilizadas na obtenção das normas (SALDANHA, 2014).

As normas DRIS constituem-se de relações duais entre todos os nutrientes e seus respectivos desvios-padrão de uma população de alta produtividade. Essas relações são diretas e inversas e, para o cálculo dos índices DRIS, é selecionada apenas um tipo de relação para

cada par de nutrientes. Essa seleção é baseada no critério da maior razão de variâncias entre as populações de alta e baixa produtividades (WALWORTH; SUMNER, 1987).

2.3.1.2 Índices DRIS

A partir da definição das normas DRIS é possível calcular os índices DRIS dos nutrientes. Os índices DRIS correspondem à média aritmética das funções das relações duais selecionadas que contenham o nutriente. Assim, é comparado o desvio de um nutriente de uma amostra com a população de alta produtividade (SALDANHA, 2014).

Diversos autores propuseram formas de se calcular as funções das relações duais entre os nutrientes: Beaufils (1973), Jones (1981), Elwali e Gascho (1984), Rathfon e Burger (1991), Maia (1999) e Wadt et al. (2007). O método proposto por Jones (1981) tem sido bastante utilizado na literatura, sendo uma simplificação do método de Beaufils (1973), no qual o equilíbrio nutricional é baseado no desvio da relação dual entre nutrientes de uma amostra com relação ao valor ótimo (WADT, 2011).

Os índices DRIS possibilitam a classificação dos nutrientes avaliados em três classes: deficiente, equilibrado e em excesso, para valores de índices negativo, nulo e positivo, respectivamente. Quanto mais próximo de zero estiver o índice DRIS, mais próximo do seu valor ótimo o nutriente estará e, conseqüentemente, a planta estará numa condição de maior equilíbrio nutricional (SALDANHA, 2014).

Wadt (2011) alerta para os possíveis erros na utilização dessa forma de interpretação, pois o valor negativo do índice DRIS do nutriente não significa que a sua adição resultará no equilíbrio nutricional, porque a deficiência pode estar sendo causada pelo excesso de outro nutriente, podendo o mesmo raciocínio ser aplicado para índices DRIS com valores positivos.

O diagnóstico gerado pelo DRIS possibilita o cálculo do Índice do Balanço Nutricional (IBN), que consiste no somatório, em módulo, dos índices DRIS de todos os nutrientes avaliados no diagnóstico. Essa medida avalia o equilíbrio da lavoura. Quanto mais próximo de zero for seu valor, mais equilibrada estará a lavoura. Alguns autores verificaram correlação negativa entre o IBN e a produtividade (TEIXEIRA et al., 2015; SALDANHA et al., 2017). Assim, baixos valores de IBN (próximos de zero) estão relacionados com altas produtividades, desde que não haja outros fatores limitantes. Villaseñor et al. (2020) não observaram uma relação significativa entre IBN e produtividade para a cultura da banana, bem como Calheiros et al. (2018) para a cultura da cana-de-açúcar.

Como uma forma de interpretação do índice DRIS, Wadt (1996) desenvolveu o método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA), que agrupa os nutrientes em cinco classes de probabilidade de resposta à adubação. Esse método compara o índice DRIS do nutriente com o Índice do Balanço Nutricional médio (IBNm), que é o IBN dividido pela quantidade de nutrientes avaliados na diagnose.

2.3.2 M-DRIS

O método DRIS modificado (M-DRIS) (HALLMARK et al., 1987) classifica os nutrientes em limitantes e não limitantes através da comparação do índice DRIS com o índice DRIS da matéria seca. Assim, um nutriente é classificado como limitante quando o seu índice DRIS for negativo e menor que o índice DRIS de matéria seca. Se um nutriente apresentar índice DRIS positivo e maior que o de matéria seca, será classificado como excessivo. Outras situações são consideradas como em equilíbrio.

Os índices M-DRIS são calculados por meio da subtração do somatório das funções A/B_i pelo somatório das funções B_i/A , mais a função da concentração do nutriente, $f(A)$. Essas funções (A/B) são obtidas por subtração da concentração do nutriente da amostra pela concentração do nutriente na população de alta produtividade (normas DRIS), divididos pelo desvio-padrão da concentração do nutriente na população de alta produtividade. $f(A)$ é obtida pela subtração da concentração do nutriente na amostra pela concentração do nutriente na população de alta produtividade, dividido pelo desvio-padrão da concentração do nutriente na população de alta produtividade (HALLMARK et al., 1987).

2.3.3 CND

A Diagnose da Composição Nutricional (CND) (PARENT; DAFIR, 1992) foi desenvolvida a partir dos estudos de Aitchison (1986). O CND é um método que buscou adequar o DRIS a estatística multivariada, através do uso de relações log-transformadas centradas entre cada nutriente e da média geométrica da concentração dos nutrientes no tecido vegetal. O método produz índices CND de nutrientes a partir de variáveis multinutrientes da amostra e da população de alta produtividade. Apresenta como vantagens: melhor fundamentação estatística; agrupamento dos nutrientes numa ordem de limitação à produtividade; maior controle de falsas correlações entre os nutrientes no tecido vegetal por meio das transformações logarítmicas (WADT, 2011).

O CND considera o tecido vegetal como um sistema fechado a 1000 g kg^{-1} , com base na matéria seca, levando-se em consideração tanto componentes conhecidos (concentrações dos

nutrientes quantificados), quanto constituintes desconhecidos (nutrientes não utilizados no diagnóstico nutricional, proteínas, carboidratos, etc) (ROZANE et al., 2016). Esses componentes desconhecidos representam o valor residual presente na média geométrica utilizada para a determinação das variáveis multinutrientes. A utilização de relações log-transformadas centradas na concentração dos nutrientes pela média geométrica, que considera o valor residual, é um artifício que visa reduzir as falsas correlações presentes em dados composicionais, como a proporção de um componente influenciar diretamente na proporção de outro (PARENT et al., 2020).

Assim como o DRIS e M-DRIS também é necessária a divisão do banco de dados em populações de alta e baixa produtividades. A determinação da população de referência é realizada pelos mesmos critérios discutidos para o DRIS.

Diversos trabalhos avaliaram o equilíbrio nutricional por meio do CND e comparam com outros métodos como o DRIS para várias culturas. Parent et al. (2020) apresentaram um conjunto de dados de valores médios de variáveis multinutrientes e de desvios-padrão para as culturas da goiaba, manga, uva e atemoia cultivadas no Brasil. Rozane et al. (2016) avaliaram cultivo de uva destinado à produção de vinho no Rio Grande do Sul pelo método CND. Calheiros et al. (2018) avaliaram os diagnósticos gerados a partir do DRIS, M-DRIS e CND para a cana-de-açúcar, encontrando diferentes resultados para o CND com relação aos outros dois métodos.

2.4 Qualidade da uva

A qualidade dos frutos, no geral, depende de diversos fatores: genética, condições climáticas, práticas culturais, manejo de pragas e doenças, manejo nutricional, forma de colheita e armazenamento de pós-colheita. É medida a partir de parâmetros externos, como a cor e a ausência de injúrias, e internos, como sólidos solúveis, acidez titulável, razão sólidos solúveis/acidez titulável, firmeza da baga e tempo de prateleira (ZIOGAS et al., 2020).

A acidez é um fator muito importante, que influencia no sabor da uva, conferindo sabor azedo e adstringente, no caso do ácido málico, mascarando o sabor doce do acúmulo de açúcares na baga (HUFNAGEL; HOFMANN, 2008; KELLER, 2020). Além do ácido málico, o ácido tartárico, ácido cítrico, succínico e oxálico são encontrados no suco da uva (YINSHAN et al., 2017).

A acidez titulável tende a diminuir com o amadurecimento do fruto, porque há um aumento na concentração de sólidos solúveis (KELLER, 2020). Segundo Leão e Lima (2016),

a acidez titulável da BRS Vitória na colheita deve estar entre 0,6 a 0,8 g de ácido tartárico/100 mL, evitando-se colher aquelas com acidez titulável superior ao valor limite, pois há um desbalanceamento na razão sólidos solúveis/acidez titulável que interfere no sabor final do produto.

Os sólidos solúveis, expressos em °Brix, estimam a concentração de açúcar no suco, sendo uma variável bastante relevante para a qualidade da uva. Os açúcares são carboidratos como frutose e glucose, por exemplo, e também grande parte dos polissacarídeos da parede celular. O acúmulo de açúcares inicia-se poucos dias antes da mudança de cor no início da maturação, sendo dependente do transporte de sucrose via floema, acumulada nas folhas e nos ramos (KELLER, 2020). Esse acúmulo de hexoses ocorre mais rapidamente em condições de clima quente, seco e de elevada radiação solar, por favorecer a atividade fotossintética (ZHANG e KELLER, 2017), como ocorre no Vale do Submédio São Francisco.

O teor de açúcares nas bagas varia de 15 a 30%, de acordo com a cultivar. A concentração de açúcares aumenta e, até a colheita, atinge cerca de 19 a 22,5 °Brix, no caso da BRS Vitória cultivada no Vale do Submédio São Francisco (LEÃO; LIMA, 2016).

O tempo de prateleira depende de fatores como as características físico-químicas dos frutos e as condições de armazenamento. Quando se inicia o processo de amadurecimento do fruto, ocorre redução da firmeza da baga, resultante de alterações na estrutura e/ou na composição da parede celular do mesocarpo, influenciadas pela atuação de enzimas e proteínas específicas que degradam a parede celular (MOYA-LEÓN et al., 2019; KELLER, 2020). Esse processo natural pode ser retardado com a utilização de aplicações de Ca em pré-colheita e pós-colheita, conforme demonstrado por diversos autores (BONOMELLI; RUIZ, 2010; TIAN et al., 2016; KURT et al., 2017; ZHANG et al., 2017).

O Ca é um dos nutrientes mais estudados na fruticultura, pois diversos estudos mostram a sua influência na qualidade do fruto, impactando na sua firmeza e na prevenção de desordens fisiológicas relacionadas com a estabilidade da parede celular (BONOMELLI; RUIZ, 2010; KURT et al., 2017; DONG et al., 2018). Essa estabilidade da parede celular, por sua vez, está relacionada com o tempo de prateleira do fruto, fator muito importante para o setor da fruticultura (GULBAGCA et al., 2020).

2.5 Importância do Ca para a nutrição de fruteiras

O Ca é um macronutriente e está presente no solo, principalmente, como carbonatos de origem metamórfica ou sedimentar, sulfatos e silicatos. Encontra-se nas formas trocável ou

solúvel como Ca^{2+} , forma absorvida pelas raízes (LIMA et al., 2018). A sua interceptação se dá por fluxo de massa, no ápice radicular. Na planta, encontra-se ligado a estruturas no apoplasto, com baixa concentração no simplasto e floema. Portanto, o Ca tem baixa mobilidade no floema (TAIZ et al., 2017).

A maior parte do Ca nos tecidos vegetais está na parede celular. Na planta, o Ca também atua como cofator de enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolipídios e funciona como mensageiro secundário na regulação metabólica (TAIZ et al., 2017).

A deficiência de Ca tem efeito marcante sobre os frutos, pois esse nutriente tem funções importantes na formação, desenvolvimento e qualidade dos frutos (DONG; ZHANG; WANG, 2018). Períodos de reduzida disponibilidade de Ca para as plantas são suficientes para prejudicar o desenvolvimento dos frutos, pois a maior parte do seu aporte para os frutos se dá por meio do xilema (BONOMELLI; RUIZ, 2010). Sua deficiência causa redução no tempo de prateleira e na qualidade dos frutos armazenados (GULBAGCA et al., 2020).

Quando a absorção de Ca vai além da necessidade da planta, ocorre o seu armazenamento no vacúolo celular. Posteriormente, o Ca presente no vacúolo é sequestrado pelos idioblastos, onde é precipitado com oxalato, formando cristais de oxalato de cálcio, chamados de ráfias (KELLER, 2020). Apesar de ser um reservatório de Ca pouco solúvel, funciona como um armazém, podendo remobilizar Ca, conforme for a demanda da planta (BONOMELLI; RUIZ, 2010; KELLER, 2020).

Na parede celular, as pectinas constituem uma forma gel hidratada que preenche a matriz da parede celular, que é formada por microfibrilas de celulose e por hemiceluloses. As pectinas funcionam como um preenchimento hidrofílico da parede celular e regulam a sua porosidade para macromoléculas. As pectinas são representadas por alguns polissacarídeos bastante distintos entre si que contêm açúcares ácidos (ácido galacturônico) e açúcares neutros (ramnose, galactose e arabinose) (TAIZ et al., 2017).

O Ca quando associado as pectinas (Ca-ligado), forma ligações eletrostáticas ou do tipo complexo de valência com os grupos carboxílicos do ácido poligalacturônico, principal constituinte das pectinas. Conforme ocorre o amadurecimento do fruto, eleva-se a atividade de enzimas, como a poligalacturonase, por exemplo, resultando na quebra das cadeias de pectato de Ca (GULBAGCA et al., 2020).

A avaliação da concentração de Ca-ligado no fruto é importante, porque de fato pode contribuir para uma melhor qualidade do fruto na colheita e durante o armazenamento. Há estudos que demonstraram que a aplicação de produtos que contêm Ca aumentou a proporção do Ca-ligado em relação ao Ca-total dos frutos (KURT et al., 2017). Ekinci (2018) observou a acumulação de pectina em frutos de pêssigo provenientes de plantas tratadas com a aplicação foliar de Ca antes da colheita. Contudo, os resultados da relação do Ca no fruto com a sua qualidade e tempo de prateleira dependem de diversos fatores como: a maneira de aplicação de fertilizantes ricos em Ca e suas formas químicas, o momento de suprimento de Ca. Todos esses fatores interferem nos processos fisiológicos e nas formas que o Ca irá transformar-se, metabolicamente (BONOMELLI; RUIZ, 2010).

REFERÊNCIAS

AITCHISON, J. **The Statistical Analysis of Compositional Data**. London: Chapman and Hall, 1986.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORT&FRUTI 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p. Disponível em:<<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>>.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Pietermaritzburg, South África: University of Natal. 1973. 132 p. Soil Science (Bulletin, 1).

BONOMELLI, C.; RUIZ, R. Effects of foliar and soil calcium application on yield and quality of table grape cv. ‘Thompson Seedless’. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 3, p. 299-314, 2010. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/01904160903470364>>.

BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V de; KULMANN, M. S. de S.; TAINARI, A.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; ROZNE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; DE CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K. de; BEM, B. P. de. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00047-2>>.

CALHEIROS, L. C. S.; FREIRE, F. J.; M. FILHO, G.; OLIVEIRA, E. C. A.; MOURA, A. B.; COSTA, J. V. T.; CRUZ, F. J. R.; SANTOS, A. S.; REZENDE, J. S. Assessment of nutriente balance in sugarcane using DRIS and CND methods. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p164>>.

DONG, Y.; ZHANG, S.; WANG, Y. Compositional changes in cell wall polyuronides and enzyme activities associated with melting/mealy textural property during ripening following long-term storage of ‘Comice’ and ‘d’Anjou’ pears. **Postharvest Biology and Technology**, v. 135, p. 131-140, 2018. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.09.010>>.

EKINCI, N. Foliar spray nutrients effects fruit quality, polygalacturonic acid (pectin) content and storage life of peach in Turkey. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 16, n. 1, 749-759, 2018. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1601_749759>.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 3, p. 466-470, 1984. Disponível em:<<https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600030024x>>.

GULBAGCA, F.; BURHAN, H.; ELMUSA, F.; SEN, F. Calcium nutrition in fruit crops: Agronomic and physiological implications. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00014-9>>.

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; de MOOY, C. J.; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting and non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p. 1381-1390, 1987.

HUFNAGEL, J. C.; HOFMANN, T. Quantitative reconstruction of the nonvolatile sensometabolome of a red wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 19, p. 9190–9199, 2008. Disponível em:<<https://doi.org/10.1021/jf801742w>>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Estatística da Produção Agrícola: dezembro de 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020. **Produção Agrícola Municipal 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020b. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/petrolina/pesquisa/15/0?tipo=grafico&localidade1=291842&localidade2=290720>>. Acesso em 03 de junho de 2020b.

IFG – INTERNATIONAL FRUIT GENETICS, 2020. **Grapes**. Disponível em:<<https://www.ifg.world/grapes.php>>. Acesso em 06 de agosto de 2020.

JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/00103628109367194>>.

KELLER, M. 2020. **The science of grapevines**. London: Academic Press. 554 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/C2017-0-04744-4>>.

KURT, A.; TORUN, H.; COLAK, N.; SEILER, G.; HAYIRLIOGLU-AYAZ, S.; AYAZ, F. A.. Nutrient profiles of the hybrid grape cultivar ‘Isabel’ during berry maturation and ripening. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2468-2479, 2017. Disponível em:<<https://doi.org/10.1002/jsfa.8061>>.

LEÃO, P. C. de S. A vitivinicultura no Semiárido. In: MARQUES, A. T. B et al. Agricultura irrigada: potencialidade do semiárido. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em:<<http://www.creape.org.br/portal/wp-content/uploads/2016/11/Caderno%204%20Agricultura%20Irigada.pdf>>.

LEÃO, P. C. de S. Estado atual da cultura da videira no Vale do São Francisco. **Toda Fruta**, Jaboticabal, 2018. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092832>>.

LEÃO, P. C. de S.; LIMA, M. A. C de. **Uva de mesa sem sementes ‘BRS Vitória’: comportamento agrônômico e qualidade dos frutos no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. 6 p. (Embrapa Semiárido. Comunicado Técnico, 168). Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156093/1/COT168.pdf>>.

LEÃO, P. C. de S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no Semiárido brasileiro. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2014. 578-618 p. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1006644/1/CultivodefruteirasdeclimaCultivodefruteirasdeclimatemperadoemregi2014c.15p.578618.pdf>>.

LETZSCH W. S; SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 15 p. 997-1006, 1984. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/00103628409367537>>.

LIMA, E.; VITTI, G. C.; SANTOS, L. A.; CICARONE, F. Cálcio e magnésio. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

MAIA, C. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P. G. S.; MALAVOLTA, E. (Org.). **Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas**. Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD-ROM.

MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P.; CAMARGO, U. A.; SOUZA, R. T. de; NAVES, R. de L.; GIRARDI, C. L. **‘BRS Vitória’: nova cultivar de uva de mesa sem sementes com sabor especial e tolerante ao míldio**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 12 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 126). Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/941724/1/cot126.pdf>>.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M. L. Diagnose foliar: princípios e aplicações. In: BULL, L. T., ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1989. p. 227-308.

MOURÃO FILHO, F. A. A. DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. **Science Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 550-560, 2004. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000500015>>.

MOYA-LEÓN, M. A.; MATTUS-ARAYA E.; HERRERA, R. Molecular events occurring during softening of strawberry fruit. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. 615, 2019. Disponível em: <<http://doi.org/10.3389/fpls.2019.00615>>.

NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. DRIS como método diagnóstico de nutrição mineral de plantas. In.: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. (Ed.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV: CAPES: FAPESP: FUNDUNESP, 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203731/1/12603-2010-p185-198.pdf>>.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of American Society of Horticulture Science**, v. 117, p. 239-242, 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.21273/JASHS.117.2.239>>.

PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; DEUS, J. A. L. de; NATALE, W. Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/C2018-0-04225-5>>.

RATHFON, R. A.; BURGER, J. A. Diagnosis and recommendation integrated system modifications for Fraser Fir Christmas Trees. **Soil Science Society of America Journal**, v. 55, p. 1026-1031, 1991. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500040023x>>.

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; PARENT, S. E.; SANTOS, E. M. H. dos; ZALAMENA, J.; PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional – CND. In: MELO, G. W. B. de; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, p. 45-61, 2016. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 100). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156889/1/Avaliacao-do-estado-nutricional-de-videiras-pela-Diagnose-da-Composicao-Nutricional-CND.pdf>>.

SALDANHA, E. C. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional da cultura do coqueiro híbrido**. 2014. 149 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2014.

SALDANHA, E. C. M.; SILVA JUNIOR, M. L. da; LINS, P. M. P.; FARIAS, S. C. C.; WADT, P. G. S. Nutritional diagnosis in hybrid coconut cultivated in Northeastern Brazil through Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017728>>.

SANTOS, A. E. O.; SILVA, E. O.; OSTE, A. H.; LIMA, M. A. C.; MISTURA, C.; BATISTA, P. F. Evolução da maturação fisiológica de uvas apirenas cultivadas no Vale do Submédio do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 1, p. 25-30, 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100465/1/Dora-2014.pdf>>.

SOUSA, R. F. de; ANDRADE NETO, E. R. de; CRUZ, M. de M.; BONFIM, W. M. D.; LIMA, M. A. C. de. Qualidade de cultivares e seleções de uvas de mesa em avaliação no Submédio do Vale do São Francisco: resultados preliminares. **In.:** JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2., 2017, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017, p. 189-195. Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174319/1/26o-resumo-de-SDC2804.pdf>>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artemed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Normas DRIS e níveis críticos de nutrientes para videira ‘*Niagara Rosada*’ cultivada na região de Jundiá-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 247-255, 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-409/13>>.

TIAN, S.; XIE, R.; WANG, H.; HU, Y.; GE, J.; LIAO, X.; GAO, X.; BROWN, P.; LIN, X.; LU, L. Calcium deficiency triggers phloem remobilization of cadmium in a hyperaccumulating species. **Plant Physiology**, v. 172, n. 4, p. 2300-2313, 2016. Disponível em:<<https://doi.org/10.1104/pp.16.01348>>.

VILLASEÑOR, D.; PRADO, R. de M.; SILVA, G. P. da; CARILLO, M.; DURANGO, W. DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 18, p. 2785-2796, 2020. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>>.

WADT, P. G. S. **Diagnose foliar e recomendação de adubação para lavouras comerciais**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011. 69 p. (Embrapa Acre. Documentos, 120). Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/993571/1/diagnosefoliar.pdf>>.

WADT, P. G. S. **Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucaliptos**. 1996. 123 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J.; MAIA, C. E.; TOMÉ JÚNIOR, J. B.; PINTO, P. A. da C.; MACHADO, P. L. O. de A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 57-64, 2007. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100008>>.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v. 6, p. 149-188, 1987. Disponível em:<https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4682-4_4>.

YINSHAN, G.; ZAOZHU, N.; KAI, S.; JIA, Z.; ZHIHUA, R.; YUHUI, Z.; QUAN, G.; HONGYAN, G.; XIUWU, G. Composition and content analysis of sugars and organic acids for 45 grape cultivars from Northeast region of China. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, n. 1, p. 155-160, 2017. Disponível em:<[https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49\(1\)/22.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/49(1)/22.pdf)>.

ZHANG, Y.; KELLER, M. Discharge of surplus phloem water may be required for normal grape ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 3, p. 585–595, 2017. Disponível em:<[10.1093/jxb/erw476](https://doi.org/10.1093/jxb/erw476)>.

ZHANG, R.; SUN, Y.; LIU, Z.; JIN, W.; SUN, Y. Effects of melatonin on seedling growth, mineral nutrition, and nitrogen metabolism in cucumber under nitrate stress. **Journal Pineal Research**, v. 62, n. 4, 2017. Disponível em:<<https://doi.org/10.1111/jpi.12403>>.

ZIOGAS, V.; MICHAELIDIS, M.; KARAGIANNIS, E.; TANOU, G.; MOLASSIOTIS, A. Manipulating fruit quality through foliar nutrition. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00029-0>>.

3 CAPÍTULO I – ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS PARA A VIDEIRA NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

RESUMO

A videira (*Vitis* sp.) é uma das fruteiras que mais se destacam no Vale do Submédio São Francisco. Sua produção é altamente rentável e as condições climáticas do Semiárido favorecem o cultivo intensivo da cultura, com a obtenção de duas safras anuais. Apesar disso, ainda não foram desenvolvidos padrões nutricionais específicos para a videira na região. O método mais adequado para obtenção desses padrões nutricionais é o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Assim, o objetivo desse estudo foi definir normas DRIS para a videira no Vale do Submédio São Francisco, visando determinar padrões nutricionais que possam tornar o manejo de nutrientes mais eficiente na região. O trabalho envolveu três cultivares produzidas na região (BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp), cultivadas em três ambientes distintos, nas fazendas CN (Casa Nova/BA), PL (Petrolina/PE) e JZ (Juazeiro/Ba). Foram selecionadas 20 lavouras, sendo nove na PL, sete na CN e quatro na JZ. Foi coletada a folha composta oposta ao primeiro cacho, a partir da base do ramo, para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B. A produtividade das 20 lavouras foi mensurada ao final das safras. O banco de dados foi dividido em duas populações (alta e baixa produtividades). Como critério de separação das produtividades, utilizou-se a média da produtividade + 0,5 do desvio-padrão, sendo 18,89 Mg ha⁻¹ o limite de separação das produtividades. As normas DRIS foram desenvolvidas a partir da seleção das razões duais entre nutrientes que possuíam maior razão de variâncias entre as populações de baixa e alta produtividade. As relações duais envolvendo P, K, Fe, Cu e Zn apresentaram elevados coeficientes de variação e algumas das relações envolvendo esses nutrientes não apresentaram distribuição normal. Os micronutrientes Fe, Cu e Zn comprometeram a normalidade de algumas relações duais. As normas DRIS desenvolvidas para a videira no Vale do Submédio do São Francisco podem ser utilizadas como padrões de referência para a nutrição da cultura na região.

Palavras-chave: Balanço nutricional. Diagnose nutricional. Método de avaliação nutricional. Semiárido. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação.

ESTABLISHMENT OF DRIS STANDARDS FOR GRAPE CULTIVATED IN SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT

Grape (*Vitis vinifera* L.) is one of the most important fruit crops in Submédio São Francisco Valley. Its production is highly profitable and the climatic conditions of the Semi-Arid favor its intensive cultivation, with the achievement of two annual harvests. Despite this, specific nutritional standards for the grape in the region have not yet been developed. Thus, the objective of this study was to define specific DRIS norms for the grape in the Vale do Submédio São Francisco Valley, aiming to provide nutritional standards that can make nutrient management more efficient in the region. The work involved three cultivars produced in the region (BRS Vitória, Sweet Jubilee and Sugar Crisp), grown in three different environments, in the cities of Petrolina (PE), Juazeiro and Casa Nova (BA). Twenty vineyards were selected and it was collected whole basal leaf samples, opposite to the first bunch, to determine the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B. Yield of all 20 vineyards was measured at the end of the harvest. Data were divided into two populations (high and low-yielding). The average yield + 1/2 of the standard deviation was used as a criterion for separating populations, with 18.89 Mg ha⁻¹ being the limit for separating them. DRIS norms were developed from the selection of dual ratios between nutrients that had the highest variance ratio between low and high-yielding populations. Dual relationships involving P, K, Fe, Cu and Zn showed high coefficients of variation and some of the relationships involving these nutrients did not show a normal distribution. Micronutrients Fe, Cu and Zn compromised the normality of some dual relationships. The DRIS norms developed for the grape in the Submédio São Francisco Valley can be used as reference standards for crop nutrition in the region.

Key words: Diagnosis and Recommendation Integrated System. Nutritional assessment method. Nutritional balance. Nutritional diagnose. Semiarid.

3.1 Introdução

A videira (*Vitis* sp.) é uma das culturas de mais destaque no Vale do Submédio São Francisco (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2020). A região é uma das maiores produtoras e exportadoras de uva de mesa do Brasil, sendo responsável por quase a totalidade da exportação nacional de uva (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2020). Ainda segundo o Anuário Brasileiro de Horti&Fruti (2020), em 2019 o Brasil exportou cerca de 47,333 mil toneladas, crescimento de 19% em relação a 2018, graças às condições climáticas do Vale do Submédio São Francisco. Na região destaca-se a produção de cultivares de uva de mesa sem sementes, como a BRS Vitória (LEÃO; LIMA, 2016; RITSCHER; MAIA, 2019).

As condições climáticas do semiárido brasileiro favorecem o cultivo da videira e a obtenção de duas safras anuais. A alta incidência solar e a precipitação pluviométrica concentrada em um determinado período do ano, além do uso frequente de irrigação, são condições ideais para o seu cultivo (LEÃO, 2015). Contudo, para que haja produção economicamente viável de duas safras por ano, mantendo-se alta produtividade no segundo cultivo, o manejo nutricional da videira deve ser bem planejado.

A nutrição da videira depende de uma série de fatores, como: fertilidade do solo; clima; sistema de condução; combinação das cultivares do enxerto e porta-enxerto; produtividade esperada; entre outros (LEÃO; SILVA, 2014; BRUNETTO et al., 2020; KELLER, 2020). Portanto, a determinação de valores de referência nutricionais regionais é importante, pois a estimativa da exigência nutricional se torna mais exata (CALHEIROS et al., 2018a). No Vale do Submédio São Francisco são utilizados métodos univariados para avaliação nutricional, como níveis críticos e faixas de suficiência, desenvolvidos para outras regiões produtoras de uva no Brasil.

Métodos bivariados que estimam a necessidade nutricional a partir de relações entre as concentrações dos nutrientes no tecido foliar são mais exatos e consideram a relação nutricional entre todos os nutrientes (BRUNETTO et al., 2020), como o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). O DRIS tem como vantagens considerar as interações entre os nutrientes e permitir a identificação de desordens nutricionais causadas pela deficiência ou excesso de um ou mais nutrientes (CALHEIROS et al., 2018b).

O DRIS (BEAUFILS, 1973) utiliza relações binárias das razões entre nutrientes em funções intermediárias para gerar índices DRIS para cada nutriente. Esses índices podem ser organizados em ordem de limitação à produtividade (PARENT et al., 2020). São feitas

comparações entre os pares de nutrientes com as médias das razões entre nutrientes de uma população de referência (população de alta produtividade), estabelecendo-se as normas DRIS (CALHEIROS et al., 2018a).

Normas DRIS para a videira foram definidas para as regiões Sul e Sudeste do Brasil (TERRA et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2015; MELO et al., 2018). No entanto, não há normas DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco. Assim, a importância desse estudo é regionalizar as normas DRIS para a videira, mais especificamente para as cultivares de uva de mesa, caracterizando o ineditismo do estudo.

A regionalização das normas DRIS para a região do Vale do Submédio São Francisco tornará os diagnósticos nutricionais mais realísticos e adequados, contribuindo para o incremento da produtividade. Portanto, o objetivo desse estudo foi definir normas DRIS para a videira no Vale do Submédio São Francisco, visando determinar padrões nutricionais que possam tornar o manejo de nutrientes mais eficiente na região.

3.2 Material e métodos

3.2.1. Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três fazendas comerciais, chamadas nesse estudo de CN, JZ e PL, no período de novembro de 2019 a novembro de 2020. São localizadas nos municípios de Casa Nova/BA (CN), Juazeiro/BA (JZ) e Petrolina/PE (PL). O clima da região é classificado como tropical semiárido do tipo Bsh na classificação de Köppen (ALVAREZ et al., 2013). As áreas das fazendas comerciais possuem temperaturas elevadas na maior parte do ano, sendo outubro e novembro os meses mais quentes. A temperatura média no Vale do Submédio São Francisco é de 26,7 °C, a precipitação anual média é de 505 mm e a umidade relativa anual média é de 60,7% (LEÃO; SILVA, 2014). Na Figura 1 estão os dados de temperatura média e precipitação média mensais durante o período do estudo. Os solos das três fazendas foram classificados como Neossolo Quartzarênico, de caráter distrófico e textura arenosa (PL e CN) e Neossolo Flúvico, de caráter eutrófico (JZ) (JACOMINE et al. 1973; JACOMINE et al., 1976; JACOMINE et al., 1979).

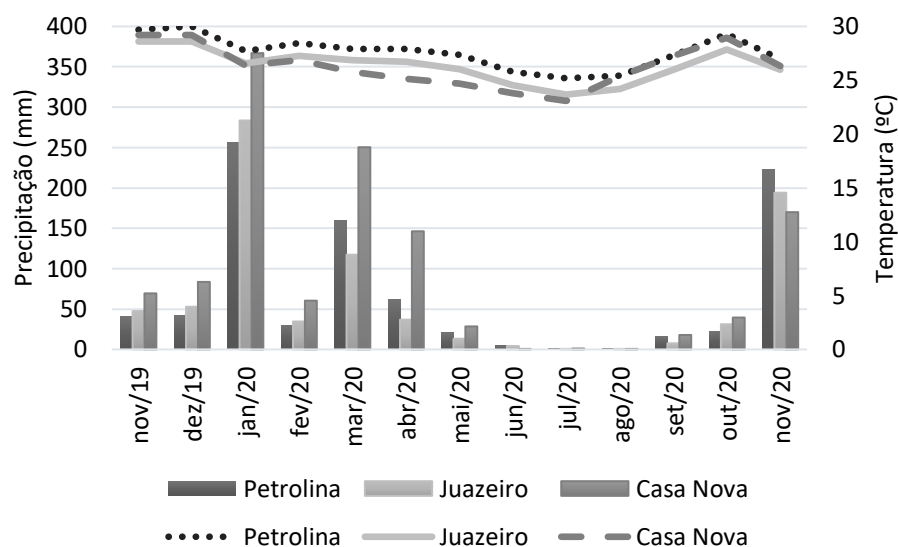


Figura 1 – Precipitação pluviométrica e temperatura mensais médias de Petrolina (PE), Juazeiro (BA) e Casa Nova (BA) durante o período de avaliação das safras das lavouras de videira. Fonte: Agritempo (2020)

3.2.2. Manejo nutricional das lavouras de videira

Foram coletadas folhas das plantas e mensurada a produtividade das lavouras com safra no primeiro e no segundo semestres do ano de 2020. Não foram acompanhadas as mesmas lavouras por mais de uma safra. Sete lavouras tiveram suas colheitas no primeiro semestre do ano e treze no segundo semestre. Quatro lavouras foram coletadas na JZ, nove na fazenda PL e sete na fazenda CN.

As plantas passaram por um período de repouso que variou de acordo com o período de comercialização futura da safra, após a colheita anterior. Foi realizada a poda de formação, apenas nas lavouras de 1 ano de plantio. Foi realizada a amostragem e análise do solo para direcionar a correção e as adubações de fundação e cobertura 15 dias antes da poda de produção (Tabela 1). O solo foi amostrado na camada de 0,0-0,30 m de profundidade, sendo coletadas duas amostras simples por planta, sendo um ponto na linha de plantio e outro na entrelinha, cerca de 15 cm de distância da planta. Foram coletadas 60 amostras simples para formar uma composta em cada lavoura (Tabela 1) e os atributos químicos foram determinados de acordo com metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,30 m de profundidade das áreas das lavouras nas fazendas comerciais PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) após a poda de formação das videiras

Atributos	PL	JZ	CN
pH (H ₂ O)	6,61	6,95	6,57
Ca ²⁺ (cmol _c dm ³)	5,78	10,48	6,46
Mg ²⁺ (cmol _c dm ³)	1,67	2,51	2,58
Relação Ca ²⁺ :Mg ²⁺	3,46	4,17	2,50
K ⁺ (cmol _c dm ³)	0,30	0,52	0,38
Na ⁺ (cmol _c dm ³)	0,07	0,11	0,09
P (mg dm ⁻³)	95,80	197,08	227,03
Fe ²⁺ (mg dm ⁻³)	49,96	145,13	79,45
Cu ²⁺ (mg dm ⁻³)	1,44	2,03	3,71
Mn ²⁺ (mg dm ⁻³)	49,96	104,28	71,87
Zn ²⁺ (mg dm ⁻³)	33,39	119,48	75,24
B (mg dm ⁻³)	1,31	1,38	2,19
CTC (cmol _c dm ³)	8,18	14,15	10,11
V (%)	94,37	96,86	93,63
PST (%)	0,96	0,70	1,00
MO (g kg ⁻¹)	10,31	25,28	18,10

CTC – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – porcentagem de sódio trocável; MO -matéria orgânica.

Nessa safra de 2020 especificamente, não foi necessário realizar calagem em nenhuma das fazendas. Nesse mesmo período, realizou-se adubação de fundação com P (superfosfato simples), Ca (lithothamnium) e Mg (óxido de Mg). Além disso, também foi realizada adubação orgânica com esterco caprino (10 L/planta).

Após 15 dias da coleta do solo, foi realizada a poda de produção, utilizado cianamida hidrogenada (CH₂N₂) para quebra de dormência das gemas. Após a poda de produção, foi realizada adubação de cobertura semanalmente, com utilização de todos os macronutrientes, além de Fe, Cu, Zn, Mn e B (fertirrigação). As fontes utilizadas dos nutrientes foram: sulfatos de Mg e K; nitrato de Mg; cloretos de K e Ca; fosfato monoamônico (MAP); ureia; sulfatos de Fe, Zn e Cu; cloreto de Mn; e ácido bórico.

As fontes de nutrientes utilizadas nas três fazendas comerciais são basicamente as mesmas, contudo as doses aplicadas variaram entre as fazendas e entre as lavouras, em função do resultado da análise do solo. Na fazenda PL foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 26 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 47 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 17 kg ha⁻¹ Fe₂SO₄; 7 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 52 kg ha⁻¹ CaNO₃; 4 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 36 kg ha⁻¹ de MAP; 25 kg ha⁻¹ de ureia. Na fazenda CN

foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 50 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 35 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 6 kg ha⁻¹ Fe₂SO₄; 6 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 50 kg ha⁻¹ CaNO₃; 1 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 63 kg ha⁻¹ de CaCl₂; 30 kg ha⁻¹ de MAP; 30 kg ha⁻¹ de ureia. Na fazenda JZ foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 25 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 43 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 2 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 28 kg ha⁻¹ CaNO₃; 2 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 22 kg ha⁻¹ de KCl; 12 kg ha⁻¹ de MAP; 20 kg ha⁻¹ de ureia.

Aos 30 dias após a poda de produção, realizou-se a amostragem das folhas para direcionar a adubação foliar, quando necessária. Nessa safra de 2020 especificamente, não foi necessário realizar adubação foliar. As três fazendas comerciais onde os dados foram coletados utilizaram o mesmo manejo nutricional, de acordo com Terra (2003) e Teixeira et al. (2017), com algumas adaptações.

3.2.3. Amostragem das folhas das lavouras de videiras e determinação dos nutrientes

O trabalho foi composto por um banco de dados de 20 amostras. As lavouras amostradas possuíam uma área média de 1,85 ha, com as cultivares BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp enxertadas sobre porta-enxerto SO4. As lavouras que compuseram o banco de dados tinham videiras de idades variando entre um e quatro anos.

As folhas (limbo e pecíolo) foram coletadas no período de plena floração. Foi coletada a folha oposta ao primeiro cacho a partir da base do ramo (ALBUQUERQUE et al., 2009). Foram coletadas duas folhas por planta em 30 plantas escolhidas aleatoriamente em cada lavoura, totalizando 60 folhas por lavoura. Portanto, cada amostra composta foi obtida de 30 plantas e 60 folhas. As folhas foram lavadas, secas, moídas e digeridas. Em seguida os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B foram dosados de acordo com metodologia proposta por Silva, 2009. N foi submetido a digestão nitroperclórica e determinado pelo método Kjeldahl; K e Na foram determinados por fotometria de chama; Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrometria de absorção atômica; S pelo método da turbidimetria; P foi extraído for Resina Trocadora de Ânions e determinado por espectrofotometria UV-Vis.

3.2.4. Seleção das populações de alta (PAP) e baixa produtividade (PBP)

A produtividade de cada lavoura foi mensurada e com os dados da concentração dos nutrientes na folha dividiu-se o banco de dados em duas populações: PAP e PBP. A seleção da PAP foi baseada na média da produtividade + 0,5 do desvio-padrão (URANO et al., 2007). A

produtividade limite entre as duas populações foi de 18,89 Mg ha⁻¹. A PAP foi composta por sete lavouras e a de PBP por 13 lavouras.

3.2.5. Determinação das normas DRIS

Com os dados da concentração de nutrientes na folha e produtividade das populações (PAP e PBP) foram calculados os valores mínimos (Min), máximos (Max), média (Md), mediana (Med), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), variância (s²), coeficiente de assimetria (Assim) e coeficiente de curtose (Curt). As médias de produtividade e das concentrações de nutrientes das PAP e PBP foram comparadas utilizando-se o teste t de Student, com 5% de probabilidade (BEIGUELMAN, 2002). A normalidade das normas DRIS foi verificada por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRIO & WILK, 1965). As relações duais que não apresentaram distribuição normal não foram submetidas à transformação dos dados. Optou-se pela utilização dos dados não transformados, considerando-se que a variação das concentrações dos nutrientes nas folhas é realmente elevada, principalmente para micronutrientes.

Foram calculados também Md, s, CV e s² para as relações binárias diretas e inversas de todos os nutrientes das PAP e PBP, além da razão de variância entre as duas populações (s²_{PBP}/s²_{PAP}). A escolha da ordem da relação entre nutrientes foi feita de acordo com o critério descrito por Walworth & Sumner (1987). Essa seleção é baseada no critério da maior razão de variâncias entre as PBP e PAP, conforme as seguintes condições:

I) $[s^2(A/B)_{PBP} / s^2(A/B)_{PAP}] > [s^2(B/A)_{PBP} / s^2(B/A)_{PAP}]$, então a relação escolhida é A/B;

II) $[s^2(A/B)_{PBP} / s^2(A/B)_{PAP}] < [s^2(B/A)_{PBP} / s^2(B/A)_{PAP}]$, então a relação escolhida é B/A.

Onde: s²(A/B)_{PBP} – variância da razão entre as concentrações dos nutrientes A e B na PBP; s²(A/B)_{PAP} – variância da razão entre as concentrações dos nutrientes A e B na PAP; s²(B/A)_{PBP} – variância da razão entre as concentrações dos nutrientes B e A na PBP; s²(B/A)_{PAP} – variância da razão entre as concentrações dos nutrientes B e A na PAP.

As normas DRIS foram estabelecidas com base nas relações duais entre os nutrientes da PAP. Das 110 relações duais possíveis, foram selecionadas 55 para compor as normas DRIS para a videira.

3.3 Resultados e Discussão

A produtividade da PAP apresentou menor CV (9,83%) do que a PBP (27,82%), indicando que a PAP variou significativamente menos do que a PBP (Tabela 2). Portanto, o critério utilizado (média da produtividade + 0,5 do desvio-padrão) para diferenciá-las mostrou-se adequado. Melo et al. (2018) definiram a produtividade de 11,11 Mg ha⁻¹ para diferenciar as populações de alta e baixa produtividades da videira no Rio Grande do Sul, por meio da estimação de funções cumulativas, como proposto por Khiari et al. (2001). Em nosso estudo, utilizou-se aproximadamente 19 Mg ha⁻¹, superior ao limite de produtividade utilizado no Rio Grande do Sul. Teixeira et al. (2015) definiram o limite entre as populações como sendo de 26 Mg ha⁻¹ para videira cultivada em Jundiaí (SP). Os autores definiram esse limite como sendo 80% da produtividade máxima das lavouras, segundo Malavolta e Malavolta (1989).

Tabela 2 - Valores médios (Md), medianos (Med), mínimos (Min), máximos (Max), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV), variâncias (s^2), coeficientes de assimetria (Assim), coeficientes de curtose (Curt) das concentrações dos nutrientes nas folhas e da produtividade (Pd) das populações de alta (PAP) e baixa produtividades (PBP) da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Variável	Md	Med	Min	Max	s	CV (%)	s^2	Assim	Curt	p ⁽¹⁾
População de alta produtividade (PAP) \geq 18,89 Mg ha ⁻¹										
Pd (Mg ha ⁻¹)	21,53	21,00	18,63	24,11	2,116	9,83	4,477	0,082	-1,627	<0,001
N (g kg ⁻¹)	32,22	31,50	28,42	36,12	2,756	8,55	7,595	0,328	-0,894	ns
P (g kg ⁻¹)	5,40	5,12	3,37	7,64	1,359	25,17	1,846	0,284	0,505	ns
K (g kg ⁻¹)	11,55	13,91	3,92	15,70	5,177	44,83	26,803	-1,098	-0,935	ns
Ca (g kg ⁻¹)	13,24	11,62	9,22	18,02	3,524	26,62	12,421	0,393	-1,987	ns
Mg (g kg ⁻¹)	3,12	2,94	2,59	3,77	0,464	14,88	0,216	0,842	-0,924	ns
S (g kg ⁻¹)	3,21	3,14	2,88	3,87	0,348	10,84	0,121	1,149	1,281	ns
Fe (mg kg ⁻¹)	238,12	95,73	49,18	735,59	278,855	117,11	77760,339	1,370	0,223	ns
Cu (mg kg ⁻¹)	98,98	25,62	11,50	327,14	136,727	138,14	18694,214	1,284	-0,429	ns
Mn (mg kg ⁻¹)	335,15	321,45	225,08	475,42	90,434	26,98	8178,336	0,443	-0,990	ns
Zn (mg kg ⁻¹)	147,25	100,71	96,05	275,56	71,484	48,55	5109,981	1,231	0,224	ns
B (mg kg ⁻¹)	48,60	42,31	14,85	84,87	21,914	45,09	480,216	0,224	0,811	ns
População de baixa produtividade (PBP) < 18,89 Mg ha ⁻¹										
Pd (Mg ha ⁻¹)	12,99	11,71	6,63	18,41	3,615	27,82	13,070	0,031	-0,873	
N (g kg ⁻¹)	33,07	33,46	27,72	41,16	3,870	11,70	14,977	0,327	0,154	
P (g kg ⁻¹)	4,12	4,20	0,34	7,28	1,703	41,36	2,900	-0,471	1,462	
K (g kg ⁻¹)	13,99	14,18	7,00	18,91	3,077	22,00	9,468	-0,730	1,290	
Ca (g kg ⁻¹)	18,09	15,62	8,36	37,54	7,880	43,56	62,098	1,219	1,973	
Mg (g kg ⁻¹)	3,17	3,00	1,55	5,08	0,891	28,11	0,793	0,666	1,311	
S (g kg ⁻¹)	2,95	3,04	1,83	4,24	0,818	27,78	0,670	0,411	-0,970	
Fe (mg kg ⁻¹)	222,50	128,00	38,08	834,54	241,116	108,37	58136,842	1,775	2,552	
Cu (mg kg ⁻¹)	20,63	17,98	7,71	42,05	10,825	52,47	117,175	0,727	-0,372	
Mn (mg kg ⁻¹)	238,31	199,95	60,68	865,37	209,638	87,97	43948,222	2,472	7,298	
Zn (mg kg ⁻¹)	126,18	89,53	41,10	307,97	81,707	64,76	6676,039	1,205	0,787	
B (mg kg ⁻¹)	62,72	60,68	24,50	111,38	21,908	34,93	479,942	0,434	1,222	

⁽¹⁾Probabilidade de significância do teste t de Student entre as médias das populações de alta e baixa produtividades e concentrações dos nutrientes nas folhas da videira.

As produtividades variaram de 18,63 a 24,11 Mg ha⁻¹ na PAP e de 6,63 a 18,41 Mg ha⁻¹ na PBP. O mais baixo valor observado na PBP foi devido a ser uma lavoura recém-plantada, estando em seu primeiro ano de produção. Nessa fase, a planta ainda é pouco produtiva. E, além disso, a ocorrência de precipitações pluviométricas frequentes (Figura 1), inclusive próximas à colheita, propiciaram a ocorrência de míldio na lavoura e causaram podridão nos frutos.

O CV das concentrações de nutrientes nas folhas da videira apresentou grande amplitude, mesmo na PAP, variando de 8,55% a 138,14% (Tabela 2). Essa amplitude ocorreu devido a elevada variação das concentrações de Fe e Cu. Dias et al. (2013) também relataram altos CVs de Fe e Cu (128,1% e 114,9%, respectivamente) no estabelecimento das normas DRIS para a cultura de citrus na região Amazônica. Pardo et al. (2013) encontraram altos valores de CVs nas normas DRIS para a seringueira, em relações duais de nutrientes envolvendo Cu, Fe e Mn e atribuíram esse fato a grande variabilidade das concentrações desses nutrientes individualmente. O Cu apresentou menor CV na PBP (52,47%) (Tabela 2). O CV manteve-se abaixo de 30% entre os macronutrientes, exceto para o K na PAP e P e Ca na PBP (Tabela 2). Estudos com CVs abaixo de 30% indicam boa uniformidade dos dados (FERREIRA, 2018). Além disso, relações duais com baixos CVs são mais sensíveis para identificar possíveis desbalanços nutricionais (SALDANHA et al., 2017).

Uma das explicações para a alta variação nas concentrações dos micronutrientes em ambas as populações pode ter sido devido a ocorrência de precipitações pluviométricas concentradas (Figura 1) que coincidiu com a época de coleta de folhas de algumas lavouras. O mês de março é, historicamente o mais chuvoso e, no ano de 2020, a média mensal superou a média histórica (130 mm) (TEIXEIRA, 2010). Como as fontes dos micronutrientes utilizadas são altamente móveis no solo porque possuem SO_4^- ou Cl^- como íon acompanhante, a absorção desses micronutrientes pode ter sido parcialmente comprometida. Além disso, a maior disponibilidade de água pode estimular o crescimento da parte aérea (KELLER, 2020), diluindo as concentrações dos nutrientes na folha. Vale salientar também que as populações foram compostas por lavouras tanto do primeiro, quanto do segundo semestre de 2020.

Nesse estudo observaram-se elevados CVs, Assim e Curt nas relações entre as concentrações dos nutrientes nas folhas da videira, devido a ampla variação dos valores mínimos e máximos das concentrações dos nutrientes, principalmente dos micronutrientes, em ambas as populações (alta e baixa produtividades) (Tabela 3). Das 110 relações duais entre os nutrientes foram selecionadas 55 relações para compor as normas DRIS.

Tabela 3 - Médias (Md), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV), coeficientes de assimetria (Assim), coeficientes de curtose (Curt), variâncias das populações de alta (s^2 PAP) e de baixa (s^2 PBP) produtividades, razão entre variâncias das populações de baixa e alta produtividades (s^2 PBB/ s^2 PAP) e seleção da razão entre nutrientes da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Relação	PAP						PBP							Seleção
	Md	s	CV	Assim	Curt	s^2 a	Md	s	CV	Assim	Curt	s^2 b	s^2 b/ s^2 a	
N/P	6,25	1,476	23,60	1,304	1,778	2,178	13,74	20,488	149,06	3,533	12,610	419,747	192,683	X
P/N	0,17	0,034	20,52	-0,490	-0,154	0,001	0,12	0,044	35,88	-1,313	2,429	0,002	1,634	
N/K	3,91	2,995	76,67	1,384	0,138	8,973	2,49	0,654	26,29	0,992	1,654	0,428	0,048	
K/N	0,36	0,165	45,45	-1,171	-0,819	0,027	0,43	0,109	25,49	0,750	1,663	0,012	0,436	X
N/Ca	2,59	0,704	27,21	-0,177	-1,287	0,495	2,12	0,891	41,94	1,073	0,796	0,794	1,602	
Ca/N	0,42	0,126	30,27	0,884	-0,157	0,016	0,55	0,214	39,24	0,798	1,085	0,046	2,900	X
N/Mg	10,48	1,443	13,77	-0,461	-0,604	2,081	11,09	2,895	26,10	0,954	1,599	8,383	4,028	X
Mg/N	0,10	0,014	14,77	0,934	0,536	0,000	0,10	0,024	24,66	0,312	-0,439	0,001	2,700	
N/S	10,14	1,432	14,12	-1,404	2,075	2,050	11,80	2,552	21,63	0,792	-0,453	6,510	3,176	X
S/N	0,10	0,017	16,92	1,873	3,759	0,000	0,09	0,017	19,80	-0,205	-0,882	0,000	1,051	
N/Fe	0,34	0,231	68,50	-0,112	-1,437	0,053	0,30	0,212	69,67	0,753	-0,094	0,045	0,843	X
Fe/N	7,21	8,216	113,90	1,255	-0,511	67,511	6,22	5,945	95,60	1,561	1,491	35,343	0,524	
N/Cu	1,47	1,152	78,63	-0,068	-1,933	1,328	2,05	1,057	51,62	0,968	0,533	1,117	0,841	X
Cu/N	3,29	4,628	140,52	1,244	-0,685	21,418	0,62	0,314	50,60	0,767	-0,394	0,099	0,005	
N/Mn	0,10	0,026	25,92	0,082	-1,876	0,001	0,22	0,126	58,22	0,490	-0,608	0,016	22,626	X
Mn/N	10,43	2,781	26,67	0,399	-1,473	7,734	7,17	6,157	85,92	2,344	6,487	37,904	4,901	
N/Zn	0,26	0,107	41,14	-0,348	-1,946	0,011	0,38	0,227	60,28	0,539	-0,991	0,051	4,478	X
Zn/N	4,65	2,401	51,59	1,132	0,277	5,763	3,90	2,522	64,61	0,823	-0,487	6,362	1,104	
N/B	0,88	0,683	77,70	2,337	5,788	0,467	0,61	0,310	50,69	1,850	3,102	0,096	0,206	
B/N	1,53	0,688	45,05	-0,078	0,520	0,474	1,93	0,711	36,83	0,284	1,069	0,505	1,066	X
P/K	0,66	0,593	90,37	2,274	5,279	0,352	0,31	0,123	39,70	-1,076	1,479	0,015	0,043	
K/P	2,22	1,001	45,10	-0,892	-0,149	1,002	7,29	14,560	199,74	3,572	12,823	211,990	211,497	X
P/Ca	0,43	0,128	29,89	-0,953	-0,649	0,016	0,25	0,143	57,53	1,194	1,685	0,020	1,248	

Continua...

Tabela 3 – Continuação...

Relação	PAP						PBP							Seleção
	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² a	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² b	s ² b/s ² a	
Ca/P	2,60	1,043	40,18	1,469	1,081	1,087	6,19	6,418	103,75	3,206	10,971	41,186	37,876	X
P/Mg	1,77	0,490	27,74	-0,432	1,965	0,240	1,37	0,588	42,82	-0,611	0,462	0,346	1,440	
Mg/P	0,62	0,233	37,64	2,068	5,000	0,054	1,48	2,644	178,57	3,544	12,676	6,988	128,992	X
P/S	1,69	0,459	27,12	0,471	-0,624	0,211	1,46	0,646	44,30	-0,226	0,722	0,417	1,978	
S/P	0,63	0,169	26,84	0,365	-0,701	0,028	1,26	1,973	156,97	3,497	12,419	3,892	136,698	X
P/Fe	0,05	0,036	66,82	-0,225	-1,863	0,001	0,03	0,025	74,35	1,013	1,287	0,001	0,487	
Fe/P	41,21	44,107	107,03	1,301	-0,036	1945,455	60,02	58,619	97,66	1,684	2,777	3436,204	1,766	X
P/Cu	0,23	0,182	77,73	-0,309	-2,406	0,033	0,26	0,182	71,07	1,495	3,178	0,033	1,001	X
Cu/P	18,27	24,255	132,77	1,185	-0,866	588,322	9,07	15,550	171,43	3,470	12,295	241,804	0,411	
P/Mn	0,02	0,006	36,06	0,666	-0,514	0,000	0,03	0,019	67,92	0,311	-0,971	0,000	9,302	
Mn/P	65,32	22,844	34,97	0,440	-0,661	521,841	119,49	231,463	193,70	3,275	11,106	53575,229	102,666	X
P/Zn	0,05	0,024	53,01	-0,072	-1,264	0,001	0,05	0,030	64,44	0,142	-1,474	0,001	1,532	
Zn/P	31,73	24,738	77,96	1,724	2,792	611,960	68,20	142,034	208,27	3,482	12,338	20173,793	32,966	X
P/B	0,15	0,127	82,75	1,918	4,090	0,016	0,08	0,051	65,99	1,216	1,947	0,003	0,163	
B/P	10,05	6,038	60,09	0,339	-1,571	36,454	28,42	44,866	157,89	3,262	11,030	2012,949	55,219	X
K/Ca	0,99	0,571	57,95	-0,397	-1,511	0,326	0,91	0,456	50,22	1,345	2,501	0,208	0,637	X
Ca/K	1,74	1,569	90,27	1,234	-0,415	2,460	1,35	0,606	44,85	0,439	-1,114	0,368	0,149	
K/Mg	3,84	1,860	48,47	-0,946	-1,053	3,459	4,73	1,743	36,83	1,211	2,658	3,037	0,878	X
Mg/K	0,38	0,306	79,49	1,257	-0,561	0,094	0,24	0,087	36,45	1,001	1,132	0,008	0,080	
K/S	3,60	1,645	45,73	-0,767	-1,098	2,705	5,02	1,626	32,41	0,732	-0,433	2,644	0,978	X
S/K	0,38	0,261	69,17	1,224	-0,610	0,068	0,22	0,067	30,53	0,331	-0,407	0,004	0,065	
K/Fe	0,13	0,125	96,93	0,456	-2,458	0,016	0,13	0,105	79,70	1,197	0,926	0,011	0,708	X
Fe/K	22,17	18,680	84,25	0,178	-2,108	348,950	15,51	15,574	100,44	1,757	2,600	242,556	0,695	
K/Cu	0,56	0,596	106,14	0,484	-2,360	0,355	0,83	0,409	49,37	1,680	4,018	0,167	0,472	X
Cu/K	8,74	9,710	111,08	1,009	-0,499	94,284	1,45	0,630	43,32	0,696	-0,139	0,396	0,004	

Continua...

Tabela 3 – Continuação...

Relação	PAP						PBP							Seleção
	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² a	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² b	s ² b/s ² a	
K/Mn	0,03	0,013	39,78	-0,444	-0,960	0,000	0,09	0,056	63,63	1,580	3,094	0,003	17,176	X
Mn/K	35,80	19,411	54,22	1,410	0,999	376,770	16,25	11,415	70,25	2,101	5,490	130,295	0,346	
K/Zn	0,09	0,055	57,91	-0,249	-1,440	0,003	0,15	0,090	58,39	0,632	-0,692	0,008	2,693	X
Zn/K	19,18	21,030	109,62	2,208	5,007	442,269	9,30	5,976	64,25	1,052	0,216	35,707	0,081	
K/B	0,33	0,335	101,12	2,104	4,884	0,112	0,27	0,164	61,71	2,028	5,029	0,027	0,239	
B/K	5,85	4,655	79,54	1,006	-0,291	21,666	4,86	2,352	48,35	0,698	0,066	5,530	0,255	X
Ca/Mg	4,30	1,241	28,88	0,935	-0,505	1,540	6,08	3,004	49,42	1,138	1,399	9,024	5,860	X
Mg/Ca	0,25	0,063	25,52	-0,324	-1,142	0,004	0,20	0,096	47,36	0,773	-0,311	0,009	2,307	
Ca/S	4,11	0,948	23,07	0,423	-1,866	0,898	6,31	2,416	38,32	0,289	-1,088	5,839	6,501	X
S/Ca	1,05	0,208	19,74	0,644	-0,868	0,043	0,18	0,076	41,53	0,796	-0,315	0,006	0,136	
Ca/Fe	0,14	0,099	69,87	-0,014	-0,579	0,010	0,15	0,094	63,43	0,832	0,676	0,009	0,911	X
Fe/Ca	20,15	25,086	124,50	1,326	-0,177	629,312	12,87	16,831	130,82	3,161	10,625	283,279	0,450	
Ca/Cu	0,52	0,350	67,11	-0,654	-1,353	0,122	1,07	0,626	58,34	0,858	-0,535	0,392	3,207	X
Cu/Ca	7,49	11,177	149,20	1,834	2,807	124,930	1,25	0,648	51,86	0,265	-1,603	0,420	0,003	
Ca/Mn	0,04	0,019	43,40	0,041	-1,830	0,000	0,12	0,087	71,77	0,622	-1,083	0,007	21,141	X
Mn/Ca	27,94	13,801	49,39	0,886	-0,369	190,470	15,53	14,743	94,95	2,000	4,414	217,358	1,141	
Ca/Zn	0,10	0,045	42,99	0,150	0,264	0,002	0,22	0,178	82,24	1,091	0,118	0,032	15,740	X
Zn/Ca	11,72	6,362	54,29	1,287	0,482	40,470	8,48	6,345	74,79	0,838	-0,350	40,259	0,995	
Ca/B	0,35	0,225	64,13	1,226	1,675	0,051	0,32	0,169	52,08	0,675	-0,288	0,028	0,559	
B/Ca	4,06	2,685	66,22	1,317	1,686	7,210	4,08	2,351	57,65	1,058	0,119	5,527	0,767	X
Mg/S	0,98	0,184	18,73	-0,094	-0,739	0,034	1,11	0,328	29,52	1,753	4,641	0,108	3,184	X
S/Mg	1,05	0,208	19,74	0,644	-0,868	0,043	0,96	0,241	25,04	0,243	0,908	0,058	1,343	
Mg/Fe	0,03	0,020	64,16	-0,522	-1,814	0,000	0,03	0,016	60,45	0,350	-0,708	0,000	0,641	X
Fe/Mg	72,38	79,883	110,36	1,199	-0,823	6381,356	64,15	59,960	93,48	1,699	1,801	3595,244	0,563	
Mg/Cu	0,14	0,102	74,78	-0,248	-1,894	0,010	0,19	0,103	53,68	0,978	0,155	0,011	1,014	X

Continua...

Tabela 3 – Continuação...

Relação	PAP						PBP							Seleção
	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² a	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² b	s ² b/s ² a	
Cu/Mg	33,64	47,468	141,11	1,269	-0,556	2253,222	6,73	3,552	52,75	0,992	0,795	12,617	0,006	
Mg/Mn	0,01	0,004	36,22	0,880	1,207	0,000	0,02	0,009	46,20	-0,055	-0,523	0,000	5,855	X
Mn/Mg	110,88	38,953	35,13	0,498	-0,943	1517,319	76,15	72,626	95,37	2,985	9,676	5274,596	3,476	
Mg/Zn	0,02	0,010	39,18	0,163	-1,269	0,000	0,04	0,027	72,19	1,245	1,396	0,001	7,564	X
Zn/Mg	47,03	19,875	42,26	0,611	-1,577	395,022	43,83	31,060	70,86	0,965	-0,110	964,736	2,442	
Mg/B	0,09	0,075	85,68	2,405	6,102	0,006	0,06	0,030	52,53	1,485	1,276	0,001	0,162	
B/Mg	16,21	8,043	49,62	0,309	0,655	64,683	21,03	8,299	39,47	0,120	-0,050	68,880	1,065	X
S/Fe	0,04	0,026	73,60	0,064	-1,707	0,001	0,03	0,017	66,70	0,866	0,162	0,000	0,420	X
Fe/S	75,76	88,069	116,24	1,241	-0,524	7756,177	65,68	53,086	80,83	1,512	1,939	2818,125	0,363	
S/Cu	0,14	0,112	79,64	0,109	-1,669	0,012	0,18	0,091	51,28	1,021	0,911	0,008	0,665	X
Cu/S	30,55	43,381	142,01	1,565	1,284	1881,883	7,31	4,473	61,22	2,071	5,539	20,007	0,011	
S/Mn	0,01	0,003	25,06	-0,497	-0,595	0,000	0,02	0,010	52,08	-0,072	-1,409	0,000	14,087	X
Mn/S	105,09	31,401	29,88	1,326	1,474	986,031	82,08	68,425	83,36	2,028	4,371	4682,016	4,748	
S/Zn	0,03	0,010	37,74	-0,913	-1,080	0,000	0,03	0,025	73,67	0,947	-0,631	0,001	6,798	X
Zn/S	46,81	25,252	53,94	1,319	0,052	637,681	45,89	28,113	61,26	0,372	-1,043	790,334	1,239	
S/B	0,09	0,064	73,13	2,110	4,868	0,004	0,06	0,033	59,71	1,568	1,696	0,001	0,266	
B/S	15,53	7,880	50,74	0,597	1,122	62,087	23,06	10,081	43,71	0,120	-0,664	101,624	1,637	X
Fe/Cu	9,26	16,165	174,64	2,576	6,728	261,320	10,65	9,219	86,59	1,564	1,961	84,996	0,325	X
Cu/Fe	0,84	1,533	181,60	2,570	6,687	2,351	0,16	0,101	63,10	0,268	-1,414	0,010	0,004	
Fe/Mn	0,77	0,883	113,99	1,135	-0,905	0,779	1,17	1,173	99,94	1,567	1,694	1,377	1,768	X
Mn/Fe	3,89	3,384	86,98	0,513	-1,698	11,453	1,82	1,404	77,28	0,696	-0,952	1,971	0,172	
Fe/Zn	2,28	2,994	131,53	1,357	0,222	8,967	2,77	3,586	129,34	1,396	0,057	12,862	1,434	X
Zn/Fe	1,71	1,376	80,23	0,030	-1,775	1,892	1,20	0,997	83,27	0,862	0,242	0,995	0,526	
Fe/B	10,09	17,951	177,93	2,348	5,605	322,253	4,63	6,250	134,95	2,322	5,880	39,062	0,121	
B/Fe	0,62	0,543	87,99	0,540	-1,107	0,295	0,65	0,571	87,74	1,431	2,775	0,326	1,103	X

Continua...

Tabela 3 – Continuação...

Relação	PAP						PBP							Seleção
	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² a	Md	s	CV	Assim	Curt	s ² b	s ² b/s ² a	
Cu/Mn	0,35	0,501	143,38	1,473	0,803	0,251	0,11	0,071	62,19	1,843	3,688	0,005	0,020	
Mn/Cu	17,07	16,436	96,27	0,566	-1,605	270,136	11,58	6,229	53,80	1,530	3,971	38,798	0,144	X
Cu/Zn	0,83	1,259	150,99	1,710	2,121	1,584	0,23	0,181	77,30	1,174	1,340	0,033	0,021	
Zn/Cu	6,55	6,161	94,10	1,137	1,625	37,958	8,51	8,686	102,08	2,038	4,213	75,452	1,988	X
Cu/B	2,50	3,423	136,81	1,247	-0,544	11,720	0,40	0,323	80,23	1,621	2,971	0,104	0,009	
B/Cu	2,44	2,736	112,24	1,186	0,064	7,486	4,20	3,034	72,23	0,975	-0,019	9,202	1,229	X
Mn/Zn	2,67	1,117	41,82	-0,305	0,148	1,247	2,24	1,432	63,81	0,475	-0,351	2,051	1,645	
Zn/Mn	0,48	0,339	70,39	2,297	5,637	0,115	0,79	0,715	90,30	1,311	0,087	0,512	4,460	X
Mn/B	8,90	7,082	79,56	2,448	6,246	50,151	5,58	9,167	164,33	3,306	11,387	84,035	1,676	
B/Mn	0,15	0,065	43,53	-0,012	1,968	0,004	0,43	0,255	59,93	-0,104	-1,592	0,065	15,190	X
Zn/B	3,42	1,706	49,89	1,082	0,422	2,909	2,64	3,130	118,37	3,033	10,104	9,798	3,368	
B/Zn	0,35	0,153	43,30	0,266	-0,540	0,023	0,77	0,683	88,60	2,092	5,363	0,466	19,910	X

A escolha das normas DRIS foi baseada na relação entre as concentrações de nutrientes na folha que apresentou maior razão entre as variâncias das populações de baixa e alta produtividades (Tabela 3). Segundo Rocha et al. (2007), relações com altos valores de razão entre variâncias das populações de baixa e alta produtividades fornecem diagnósticos nutricionais precisos e confiáveis. A diferença entre as variâncias das populações demonstra desbalanço nutricional, pois quanto mais próximo for a variância da população de baixa produtividade da variância da população de alta produtividade, mais próxima a lavoura está da concentração ótima do nutriente (BEAUFILS, 1973; SILVA; CARVALHO, 2006).

Cerca de 46 das relações selecionadas apresentaram CVs maiores que 30% (Tabela 4). Esses casos foram recorrentes nas relações que envolveram micronutrientes, principalmente Fe, Cu e Zn. Farnezi et al. (2009) também obtiveram normas DRIS com relações envolvendo Fe, Cu e Mn com elevados CVs em lavouras de café. Os diagnósticos nutricionais apontam com frequência o desbalanceamento desses micronutrientes nas mais diversas culturas (DE CONTI et al., 2019; ROZANE et al., 2020). Com relação aos macronutrientes, as relações envolvendo P e K também apresentaram o mesmo comportamento.

Tabela 4 - Médias (Md), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV), coeficientes de assimetria (Assim) e de curtose (Curt) das relações entre nutrientes selecionadas como normas DRIS para videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Relação	Md	s	CV	Assim	Curt	Relação	Md	s	CV	Assim	Curt
N/P	6,25	1,476	23,60	1,304	1,778	Ca/S	4,11	0,948	23,07	0,423	-1,866
K/N	0,36	0,165	45,45	-1,171	-0,819	Ca/Fe	0,14	0,099	69,87	-0,014	-0,579
Ca/N	0,42	0,126	30,27	0,884	-0,157	Ca/Cu	0,52	0,350	67,11	-0,654	-1,353
N/Mg	10,48	1,443	13,77	-0,461	-0,604	Ca/Mn	0,04	0,019	43,40	0,041	-1,830
N/S	10,14	1,432	14,12	-1,404	2,075	Ca/Zn	0,10	0,045	42,99	0,150	0,264
N/Fe	0,34	0,231	68,50	-0,112	-1,437	B/Ca	4,06	2,685	66,22	1,317	1,686
N/Cu	1,47	1,152	78,63	-0,068	-1,933	Mg/S	0,98	0,184	18,73	-0,094	-0,739
N/Mn	0,10	0,026	25,92	0,082	-1,876	Mg/Fe	0,03	0,020	64,16	-0,522	-1,814
N/Zn	0,26	0,107	41,14	-0,348	-1,946	Mg/Cu	0,14	0,102	74,78	-0,248	-1,894
B/N	1,53	0,688	45,05	-0,078	0,520	Mg/Mn	0,01	0,004	36,22	0,880	1,207
K/P	2,22	1,001	45,10	-0,892	-0,149	Mg/Zn	0,02	0,010	39,18	0,163	-1,269
Ca/P	2,60	1,043	40,18	1,469	1,081	B/Mg	16,21	8,043	49,62	0,309	0,655
Mg/P	0,62	0,233	37,64	2,068	5,000	S/Fe	0,04	0,026	73,60	0,064	-1,707
S/P	0,63	0,169	26,84	0,365	-0,701	S/Cu	0,14	0,112	79,64	0,109	-1,669
Fe/P	41,21	44,107	107,03	1,301	-0,036	S/Mn	0,01	0,003	25,06	-0,497	-0,595
P/Cu	0,23	0,182	77,73	-0,309	-2,406	S/Zn	0,03	0,010	37,74	-0,913	-1,080
Mn/P	65,32	22,844	34,97	0,440	-0,661	B/S	15,53	7,880	50,74	0,597	1,122
Zn/P	31,73	24,738	77,96	1,724	2,792	Fe/Cu	9,26	16,165	174,64	2,576	6,728
B/P	10,05	6,038	60,09	0,339	-1,571	Fe/Mn	0,77	0,883	113,99	1,135	-0,905
K/Ca	0,99	0,571	57,95	-0,397	-1,511	Fe/Zn	2,28	2,994	131,53	1,357	0,222
K/Mg	3,84	1,860	48,47	-0,946	-1,053	B/Fe	0,62	0,543	87,99	0,540	-1,107
K/S	3,60	1,645	45,73	-0,767	-1,098	Mn/Cu	17,07	16,436	96,27	0,566	-1,605
K/Fe	0,13	0,125	96,93	0,456	-2,458	Zn/Cu	6,55	6,161	94,10	1,137	1,625
K/Cu	0,56	0,596	106,14	0,484	-2,360	B/Cu	2,44	2,736	112,24	1,186	0,064
K/Mn	0,03	0,013	39,78	-0,444	-0,960	Zn/Mn	0,48	0,339	70,39	2,297	5,637
K/Zn	0,09	0,055	57,91	-0,249	-1,440	B/Mn	0,15	0,065	43,53	-0,012	1,968
B/K	5,85	4,655	79,54	1,006	-0,291	B/Zn	0,35	0,153	43,30	0,266	-0,540
Ca/Mg	4,30	1,241	28,88	0,935	-0,505						

A ampla variação das concentrações de Cu e Zn nas folhas, que resultou em relações duais com altos CVs, pode ser explicada pela contaminação dos solos de vinhedos por esses elementos químicos em função das aplicações de fungicidas, que podem atingir até 30 kg ha⁻¹ de Cu durante o ciclo da videira (BRUNETTO et al., 2017). As concentrações desses nutrientes catiônicos (Fe, Cu, Mn e Zn) no solo também são influenciadas pela capacidade de troca de cátions (CTC) (Tabela 1), que regula suas adsorções e biodisponibilidade (BRUNETTO et al., 2020).

O desbalanço desses micronutrientes no solo pode afetar a absorção de cátions, como: Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , por exemplo, afetando a nutrição da planta (TIECHER et al., 2016). Dessa forma, é importante manter o equilíbrio dos nutrientes, porque o excesso de uns pode influenciar os níveis de outros na planta, causando redução na produtividade e na qualidade do fruto, além da contaminação ambiental (BRUNETTO et al., 2020).

É importante ressaltar que esse estudo abrangeu mais de uma cultivar de uva e três ambientes de cultivo diferentes. Assim, é coerente a alta variabilidade dos dados, resultando em elevados CVs das relações entre os nutrientes em comparação a estudos realizados com apenas uma variedade, independentemente da cultura, como foi o caso de Saldanha et al. (2015) para o coqueiro e Teixeira et al. (2015) para a videira cv. Niagara Rosada. No entanto, Melo et al. (2018) também encontraram CVs > 35% para diversas relações entre nutrientes, como: B/P (200%), Z/Mn (64%) e S/K (233%), em vinhedos de diversas cultivares. Além disso, o banco de dados foi composto por lavouras de diferentes safras de 2020 (primeiro e segundo semestres), o que representa mais uma fonte de variação. Entretanto, segundo Urano et al. (2007), a variabilidade proporcionada por fatores que variam ao longo do tempo (condições climáticas) para amostras de uma mesma região, proporciona maior representatividade do banco de dados de normas específicas.

Muitas relações que não apresentaram distribuição normal (Tabela 5) tiveram CVs elevados e coeficientes de assimetria maiores que 1 (Tabela 4), como foi o caso de Fe/Cu (CV=174,64%; Assim=2,576), Fe/Mn (CV=113,99%; Assim=1,135), Fe/Zn (CV=131,53%; Assim=1,357) e Zn/P (CV=77,96%; Assim=1,724).

O teste de normalidade Shapiro-Wilk das normas DRIS mostrou 11 relações que não apresentaram distribuição normal (Tabela 5). A maioria dessas relações envolveram P, Fe, Cu e Zn. Apesar de muitas relações terem altos CVs, nem todas coincidiram com distribuição não normal. Assim, outros parâmetros também são importantes para indicar a distribuição dos dados, como Assimetria, por exemplo. Essa questão também foi alertada por Calheiros et al. (2018b).

Tabela 5 - Teste de normalidade Shapiro-Wilk das normas DRIS para videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Relação	P-valor	Relação	P-valor	Relação	P-valor
N/P	0,3025	K/Ca	0,3470	Mg/Zn	0,5751
K/N	0,0073	K/Mg	0,0505	B/Mg	0,4796
Ca/N	0,3318	K/S	0,1646	S/Fe	0,4690
N/Mg	0,7996	K/Fe	0,0219	S/Cu	0,5426
N/S	0,1930	K/Cu	0,0275	S/Mn	0,8312
N/Fe	0,5555	K/Mn	0,6346	S/Zn	0,0788
N/Cu	0,2745	K/Zn	0,7352	B/S	0,8826
N/Mn	0,5364	B/K	0,2257	Fe/Cu	0,0001
N/Zn	0,2640	Ca/Mg	0,1907	Fe/Mn	0,0067
B/N	0,9017	Ca/S	0,2900	Fe/Zn	0,0071
K/P	0,5058	Ca/Fe	0,5760	B/Fe	0,4248
Ca/P	0,0225	Ca/Cu	0,2236	Mn/Cu	0,2200
Mg/P	0,0149	Ca/Mn	0,6197	Zn/Cu	0,3197
S/P	0,9444	Ca/Zn	0,5369	B/Cu	0,0744
Fe/P	0,0104	B/Ca	0,2739	Zn/Mn	0,0030
P/Cu	0,0628	Mg/S	0,6991	B/Mn	0,6559
Mn/P	0,7410	Mg/Fe	0,1524	B/Zn	0,7954
Zn/P	0,0351	Mg/Cu	0,1504		
B/P	0,4271	Mg/Mn	0,4128		

Alguns trabalhos mostraram que a normalidade dos dados não afeta o diagnóstico nutricional da lavoura. Politi et al. (2013) compararam o diagnóstico nutricional de mangueira utilizando normas DRIS com e sem transformação logarítmica, mostrando que não houve influência da normalidade na distribuição dos dados, quando aplicaram o diagnóstico nutricional. Serra et al. (2012) estabelecendo diagnósticos nutricionais em algodoeiro, obtiveram índices DRIS diferentes, quando determinados por normas DRIS com e sem transformação logarítmica, porém resultando em elevada concordância do diagnóstico nutricional entre os dois grupos de normas DRIS. Calheiros et al. (2018b), estudando quatro critérios diferentes para a determinação das normas DRIS, não observaram diferença entre os diagnósticos nutricionais obtidos por normas DRIS com e sem transformação logarítmica ou Box e Cox.

Outros autores, entretanto, apontam que a distribuição normal dos dados é muito importante para a acurácia do diagnóstico nutricional (WALWORTH; SUMNER, 1987; SALDANHA et al., 2017; VILLASEÑOR et al., 2020). Apesar de Walworth e Sumner (1987) defenderem essa hipótese, os autores reconheceram que apenas uma pequena porcentagem dos dados foliares coletados de populações do campo apresentam distribuição normal. Além disso,

um dos pontos fundamentais da metodologia do DRIS é a ampla variabilidade dos dados. Portanto, é importante observar se diagnósticos nutricionais baseados em normas DRIS transformadas realmente refletem a realidade do que ocorre na planta e na lavoura.

As normas DRIS específicas são bastante úteis para a otimização do processo de adubação e para o manejo da nutrição da planta de forma mais assertiva (SILVA et al., 2005), permitindo a obtenção de maiores produtividades da videira e frutos de maior qualidade. Nesse estudo, utilizou-se três variedades de videiras cultivadas em três diferentes ambientes, mostrando a elevada variabilidade dos dados. Sugere-se que em estudos futuros, possa se comparar esses dados com diagnósticos de uma única variedade cultivada nas mesmas condições edafoclimáticas. Além disso, o DRIS, como é um método bivariado de avaliação do estado nutricional da planta, considera não somente os valores absolutos dos nutrientes, mas também suas interações, sendo um bom indicador do balanço nutricional (BRUNETTO et al., 2020). Portanto, as normas DRIS estabelecidas nesse estudo são confiáveis para a avaliação nutricional das cultivares de uva de mesa plantadas no Vale do Submédio São Francisco.

3.4 Conclusões

As relações entre nutrientes envolvendo P, Fe, Cu e Zn apresentaram elevados coeficientes de variação.

Os micronutrientes Fe, Cu e Zn comprometeram a normalidade de algumas relações duais.

As normas DRIS desenvolvidas para a videira no Vale do Submédio do São Francisco podem ser utilizadas como padrões de referência para a nutrição das cultivares de uva de mesa produzidas na região.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em:<<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>>. Acesso em: 28 dez 2020.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de; SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R. Nutrição e adubação. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. cap. 10, p. 431-480.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em:<<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORT&FRUTI 2020**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p. Disponível em:<<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>>.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Pietermaritzburg, South África: University of Natal. 1973. 132 p. Soil Science (Bulletin, 1).
- BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. Ribeirão Preto: Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, 2002.
- BRUNETTO, G.; FERREIRA, P. A. A.; MELO, G. W.; CERETTA, C. A.; TOSELLI, M. Heavy metals in vineyards and orchard soils. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 2, 2017. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/0100-29452017263>>.
- BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V de; KULMANN, M. S. de S.; TAINARI, A.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; ROZNE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; DE CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K. de; BEM, B. P. de. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00047-2>>.
- CALHEIROS, L. C. S.; FREIRE, F. J.; M. FILHO, G.; OLIVEIRA, E. C. A.; MOURA, A. B.; COSTA, J. V. T.; CRUZ, F. J. R.; SANTOS, A. S.; REZENDE, J. S. Assessment of nutrient balance in sugarcane using DRIS and CND methods. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, 2018a. Disponível em:<<https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p164>>.
- CALHEIROS, L. C. S.; FREIRE, F. J.; MOURA FILHO, G.; OLIVEIRA, E. C. A.; MOURA, A. B.; COSTA, J. V. T.; CRUZ, F. J. R.; SANTOS, A. S. Different criteria for determining DRIS standards influencing the nutritional diagnosis and potential fertilization response of sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 06, p. 995-1007, 2018b. Disponível em:<[10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1147](https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1147)>.

DE CONTI, L.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B.; TIECHER, T. L.; STEFANELLO, L.; GARLET, L. P.; MIMMO, T.; CESCO, S.; BRUNETTO, G. Intercropping of young grapevines with native grasses for phytoremediation of Cu-contaminated soils.

Chemosphere, v. 216, p. 147–156, 2019. Disponível

em:<<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.134>>.

DIAS, J. R. M.; WADT, P. G. S.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; SILVA, S. V. da. Normas DRIS multivariadas para avaliação do estado nutricional de laranjeira “Pera” no estado do Amazonas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 251-259, 2013.

Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96470/1/24888.pdf>>.

FARNEZI, M. M. M.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto do Jequitinhonha (MG): Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 969-978, 2009.

Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400021>>.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada às Ciências Agrárias**. Viçosa: Editora UFV, 2018.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica: SUDENE-DRN, 1972-1973.

Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/331168>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco estado da Bahia**.

Recife: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1976. Disponível

em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335789>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. e; MONTENEGRO, J. O.; FORMIGA, R. A.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco estado da Bahia**.

Recife: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1977-1979. Disponível

em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335822>>.

KELLER, M. **The science of grapevines**. London: Academic Press, 2020. 554 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/C2017-0-04744-4>>.

KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 4, p. 802-808, 2001.

Disponível em:<<https://doi.org/10.2134/agronj2001.934802x>>.

LEÃO, P. C. de S. A vitivinicultura no Semiárido. In: MARQUES, A. T. B et al. Agricultura irrigada: potencialidade do semiárido. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em:<<http://www.creape.org.br/portal/wp-content/uploads/2016/11/Caderno%204%20Agricultura%20Irigada.pdf>>.

LEÃO, P. C. S.; LIMA, M. A. C. de. Histórico da viticultura no Vale do Submédio São Francisco. In: LIMA, M. A. C. de; SA, I. B.; KIILL, L. H. P.; ARAUJO, J. L. P.; BORGES, R. M. E.; LIMA NETO, F. P.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S.; SILVA, P. C. G. da; CORREIA, R. C.; SILVA, A. de S.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. da. **Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco: uva de mesa e manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. (Embrapa Semiárido. Documentos, 222). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/661917>>.

LEÃO, P. C. de S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no Semiárido brasileiro. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2014. 578-618 p. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1006644/1/CultivodefruteirasdeclimaCultivodefruteirasdeclimatemperadoemregi2014c.15p.578618.pdf>>.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M. L. Diagnose foliar: princípios e aplicações. In: BULL, L. T., ROSOLEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1989. p. 227-308.

MELO, G. W.; ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G. Identification of the critical levels, sufficiency ranges and potential response to nutrient fertilization in vineyards by the DRIS method. **Acta Horticulturae**, v. 1217, p. 423-430, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1217.55>>.

PARDO, C. E.; TAMAYO, J. H. C.; ARGUELLO, O. Establishment of norms for the nutritional diagnosis of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) clone RRIM 600 on the Eastern Plains of Colombia. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 31, n. 2, p. 215-222, 2013.

PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; DEUS, J. A. L. de; NATALE, W. Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/C2018-0-04225-5>>.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S. da; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. da C.; PRADO, R. de M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 11-18, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100002>>.

RITSCHER, P. S.; MAIA, J. D. G. **Embrapa Uva e Vinho: cultivares de Uva**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2019. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212289/1/Folder-Cultivares-2019-Ainfo.pdf>>.

ROCHA, A. C.; LEANDRO, W. M.; ROCHA, A. O.; SANTANA, J. das G.; ANDRADE, J. W. de S. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. **Bioscience Journal**, Goiânia, v. 23, n. 4, p. 50-60, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6925>>.

ROZANE, D. E.; PAULA, B. V. de; MELO, G., W. B. de; SANTOS, E. M. H. dos; TRENTIN, E.; MARCHEZAN, C.; SILVA, L. O. S. da; TASSINARI, A.; DOTTO, L.; OLIVEIRA, F. N. de; NATALE, W.; BALDI, E.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G. Compositional Nutrient Diagnosis (CND) applied to grapevines grown in subtropical climate region. **Horticulturae**, v. 6, n. 3, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/horticulturae6030056>>.

SALDANHA, E. C. M.; SILVA JÚNIOR, M. L. da; OKUMURA, R. S.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para a cultura do coqueiro híbrido no estado do Pará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 99-109, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n411rc>>.

SALDANHA, E. C. M.; SILVA JUNIOR, M. L. da; LINS, P. M. P.; FARIAS, S. C. C.; WADT, P. G. S. Nutritional diagnosis in hybrid coconut cultivated in Northeastern Brazil through Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017728>>.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ROJAS, E. P.; VITORINO, A. C. T. Beaufils ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region of Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 171-181, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100018>>.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/2333709>>.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SILVA, G. G. C. da; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V.; V. H.; LEITE, F. P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 755-761, 2005.

SILVA, J. T. A. da; CARVALHO, J. G. de. Estabelecimento de normas DRIS para bananeira 'Prata Anã' (AAB) sob irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 43-51, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100006>>.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA – 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/883657>>.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PAIOLI-PIRES, E. J. Normas DRIS e níveis críticos de nutrientes para videira 'Niagara Rosada' cultivada na região de Jundiá-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 247-255, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-409/13>>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

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.

TERRA, M. M.; GUILHERME, M. A. S.; SANTOS, W. R. dos; PAIOLI-PIRES, E. J.; POMMER, C. V.; BOTELHO, R. V. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de Jales, SP, usando o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 309-314, 2003. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200032>>.

TIECHER, T. L.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T.; FERREIRA, P. A. A.; NICOLOSO, F. T.; SORIANI, H. H.; ROSSATO, L. V.; MIMMO, T.; CESCO, S.; LOURENZI, C. R.; GIACHINI, A. J.; BRUNETTO, G. Effects of zinc addition to a copper-contaminated vineyard soil on sorption of Zn by soil and plant physiological responses. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 129, p. 109-119, 2016. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.016>>.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação e Diagnóstico da Composição Nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 63-72, 2007.

VILLASEÑOR, D.; PRADO, R. de M.; SILVA, G. P. da; CARILLO, M.; DURANGO, W. DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 18, p. 2785-2796, 2020. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>>.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v. 6, p. 149-188, 1987.

4 CAPÍTULO II – DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DA VIDEIRA PELOS MÉTODOS DRIS, M-DRIS E CND

RESUMO

A produtividade e a qualidade da uva (*Vitis vinifera* L.) são influenciados pelo estado nutricional da planta. O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), o DRIS modificado (M-DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND) são métodos de diagnose nutricional que permitem a avaliação do estado nutricional da planta, a partir da interação entre os nutrientes. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o estado nutricional de diferentes lavouras de uva no Vale do Submédio São Francisco pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND, comparar esses diagnósticos nutricionais e identificar deficiências e excessos de nutrientes. O trabalho foi realizado em três cultivares de uva produzidas na região (BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp), cultivadas em três ambientes distintos, nas fazendas PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA). Foram selecionadas 20 lavouras e coletada a folha composta oposta ao primeiro cacho a partir da base do ramo para a determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B. Foram estabelecidas normas DRIS, M-DRIS e CND. Assim, calculou-se os respectivos índices DRIS, M-DRIS e CND dos nutrientes e o Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm) de cada lavoura. Os resultados foram interpretados pelo Potencial de Resposta à Adubação (PRA). Os métodos de diagnose nutricional apresentaram alta porcentagem de concordância, sugerindo que a utilização de qualquer um deles poderá ser recomendado para a região. No entanto, o Mg apresentou a menor porcentagem de concordância entre os métodos DRIS versus CND e M-DRIS versus CND, sendo 50% e 60%, respectivamente. O diagnóstico nutricional realizado pelo DRIS identificou deficiência de Mn e excesso de Ca nas lavouras, mostrando desbalanço nutricional em 73% dos nutrientes. A produtividade das videiras se correlacionou negativamente com o IBNm, sugerindo que produtividade das uvas tem sido influenciada pelo desbalanço nutricional. Os programas de fertilização utilizados nas lavouras precisam ser monitorados e readequados para otimizar a produtividade das videiras.

Palavras-chave: Estado nutricional. Faixas de suficiência. Semiárido. Uva de mesa.

GRAPE NUTRITIONAL DIAGNOSIS BY DRIS, M-DRIS, AND CND METHODS

ABSTRACT

Yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) are influenced by the nutritional status of the plant. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), modified DRIS (M-DRIS), and Compositional Nutrient Diagnosis (CND) are modern methods of nutritional diagnosis that allows the assessment of the nutritional status of the plant from the interaction between nutrients. Thus, the objective of the study was to assess the nutritional status of different vineyards in Submédio São Francisco Valley by DRIS, M-DRIS and CND methods, to compare these nutritional diagnoses and to identify nutrient deficiencies and excesses. The work was carried out on three grape cultivars produced in the region (BRS Vitória, Sweet Jubilee and Sugar Crisp), grown in three different environments, on the PL (Petrolina / PE), JZ (Juazeiro / BA) and CN (Casa Nova / BA) farms). Twenty samples were selected and it was collected the whole leaf opposite to the first bunch, counting from the base of the branch, to determine the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B. DRIS, M-DRIS and CND norms were established. Thus, the respective DRIS, M-DRIS and CND nutrient indices and the Average Nutritional Balance Index (IBNm) of each vineyard were calculated. The results were interpreted by Response Potential to Fertilization (PRA). The nutritional diagnosis methods showed high percentage of agreement, suggesting that the use of any of them may be recommended for the region. However, Mg showed the lowest percentage of agreement between DRIS versus CND and M-DRIS versus CND methods, being 50% and 60%, respectively. The nutritional diagnosis carried out by DRIS identified Mn deficiency and excess Ca in vineyards, showing nutritional imbalance in 73% of nutrients. The productivity of the vines correlated negatively with the IBNm, suggesting that the productivity of the grapes has been influenced by nutritional imbalance. Fertilization programs used in vineyards need to be monitored and readapted to optimize the vine yield.

Keywords: Nutritional status. Sufficiency ranges. Semiarid. Table grape.

4.1 Introdução

A videira (*Vitis* sp.) é uma cultura altamente rentável e versátil, podendo ser cultivada para a produção de uva de mesa, vinho, suco e uva passa (KELLER, 2020). No Brasil, a maior parte da uva produzida e exportada é destinada ao consumo *in natura* (MELLO, 2019). O Vale do Submédio São Francisco, na região Semiárida do Brasil, destaca-se pelo cultivo de uva de mesa e contribuiu com quase a totalidade das exportações brasileiras (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2020).

A produtividade e a qualidade da uva são influenciadas pelo estado nutricional da planta. O excesso ou a falta de nutrientes impactam sobre essas variáveis. Por exemplo, o fornecimento inadequado de nutrientes antes do florescimento pode causar o abortamento de inflorescências, reduzindo o número de cachos por planta. Se ocorrer no início do desenvolvimento do fruto, sua composição química é modificada, limitando o crescimento da baga (KELLER, 2020). Para corrigir deficiências nutricionais se utiliza fertilizantes. Os custos com esses fertilizantes são elevados, equivalendo a 34% dos gastos com insumos e 19% do custo total de manutenção do vinhedo com 3 anos de produção (ARAUJO; CORREIA, 2007).

Assim, o acompanhamento do estado nutricional é muito importante. O manejo nutricional pode ser feito por meio da avaliação do solo e da planta. Quando se prioriza a planta para monitorar o estado nutricional, pode-se utilizar alguns métodos de diagnose nutricional, como: Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), DRIS modificado (M-DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND) (WADT et al., 2013; BRUNETTO et al., 2020; PARENT et al., 2020).

O DRIS fornece índices dos nutrientes, a partir de relações binárias das razões entre nutrientes da população amostrada, comparadas àquelas de uma população de referência (população de alta produtividade) (BEAUFILS, 1973). O método permite o agrupamento dos nutrientes numa ordem de limitação, para o adequado desenvolvimento da cultura. Quanto mais próximo de zero for o índice DRIS de um nutriente, mais equilibrado ele está na planta. O M-DRIS (HALLMARK et al., 1987) é semelhante, porém considera o teor dos nutrientes na matéria seca em seus cálculos.

O CND (PARENT; DAFIR, 1992) é um método que aplica a análise de componente principal a população amostrada. São geradas variáveis multinutrientes, cujos valores são ponderados pela média geométrica da composição nutricional. Assim, os nutrientes são

avaliados em conjunto, onde a variação individual afeta os valores relativos do conjunto de nutrientes (BRUNETTO et al., 2020).

Os métodos DRIS, M-DRIS e CND fornecem, individualmente, o Índice do Balanço Nutricional (IBN), que é o somatório em módulo dos índices DRIS, M-DRIS e CND. O IBN permite a visualização do equilíbrio nutricional da lavoura. Quanto menor for o seu valor, maior é o equilíbrio nutricional. Teixeira et al. (2015) e Saldanha et al. (2017) observaram correlação negativa entre o IBN e a produtividade, desde que não haja a atuação de outros fatores limitantes não relacionados diretamente com a nutrição, como verificado por Villasenõr et al. (2020) na cultura da banana.

A partir do Índice do Balanço Nutricional médio (IBNm), que corresponde ao IBN dividido pelo número de nutrientes avaliados, é possível interpretar os resultados pelo Potencial de Resposta à Adubação (PRA) (WADT, 1996). A partir do IBNm e do PRA pode-se identificar deficiências e excessos nutricionais.

Nossa hipótese é que os diferentes diagnósticos nutricionais realizados pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND tendem a ser coincidentes porque as relações duais entre os nutrientes ou a geração de multinutrientes consideram o valor relativo no conjunto dos dados. Adicionalmente, as deficiências e excessos nas lavouras de uva são reflexo da falta de padrões regionais, mais adaptados as condições edafoclimáticas da região.

Assim, o objetivo desse estudo foi estabelecer normas CND e M-DRIS, avaliar o estado nutricional de diferentes lavouras de uva no Vale do Submédio São Francisco pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND, comparar esses diagnósticos nutricionais e identificar deficiências e excessos de nutrientes.

4.2 Material e métodos

4.2.1. Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três fazendas comerciais pertencentes à empresa CN localizadas nos municípios de Casa Nova/BA (CN), Juazeiro/BA (JZ) e Petrolina/PE (PL), no período de novembro de 2019 a novembro de 2020. O clima da região é classificado como tropical semiárido do tipo Bsh na classificação de Köppen (ALVAREZ et al., 2013). As áreas das fazendas comerciais possuem temperaturas elevadas na maior parte do ano, sendo outubro e novembro os meses mais quentes. A temperatura média no Vale do Submédio São Francisco

é de 26,7 °C, a precipitação anual média é de 505 mm e a umidade relativa anual média é de 60,7% (LEÃO; SILVA, 2014) (Figura 1). Os solos das três fazendas foram classificados como Neossolo Quartzarênico, de caráter distrófico e textura arenosa (PL e CN) e Neossolo Flúvico, de caráter eutrófico (JACOMINE et al. 1973; JACOMINE et al., 1976; JACOMINE et al., 1979).

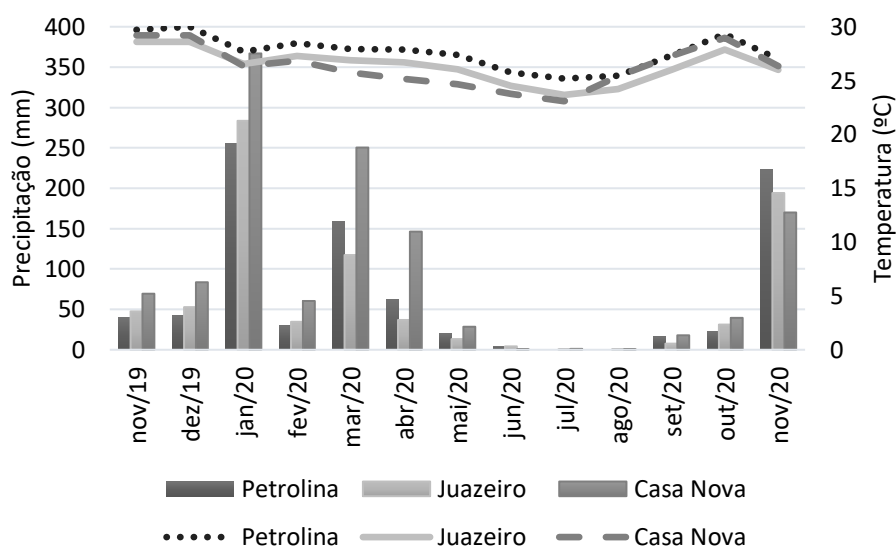


Figura 1 – Precipitação pluviométrica e temperatura mensais médias de Petrolina (PE), Juazeiro (BA) e Casa Nova (BA) durante o período de avaliação das safras das lavouras de videira. Fonte: Agritempo (2020)

4.2.2. Manejo nutricional das lavouras de videira

Foram coletadas folhas das plantas e mensurada a produtividade das lavouras com safra no primeiro e no segundo semestre do ano de 2020. Todas foram lavouras de primeiro cultivo anual. Não foram coletadas folhas de lavouras em segundo cultivo anual. Sete lavouras tiveram suas colheitas no primeiro semestre do ano e treze no segundo semestre. Quatro lavouras foram coletadas na fazenda JZ, nove na fazenda PL e sete na fazenda CN.

As plantas passaram por um período de repouso que variou de acordo com o período de comercialização futura da safra, após a colheita anterior. Foi realizada a poda de formação, apenas nas lavouras de 1 ano de plantio. Foi realizada a amostragem e análise do solo para direcionar a correção e as adubações de fundação e cobertura 15 dias antes da poda de produção (Tabela 1). O solo foi amostrado na camada de 0,0-0,30 m de profundidade, sendo coletadas duas amostras simples por planta, sendo um ponto na linha de plantio e outro na entrelinha, cerca de 15 cm de distância da planta. Foram coletadas 60 amostras simples para formar uma

composta em cada lavoura (Tabela 1) e os atributos químicos foram determinados de acordo com metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,30 m de profundidade das áreas das lavouras nas fazendas comerciais PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) após a poda de formação das videiras

Atributos	PL	JZ	CN
pH (H ₂ O)	6,61	6,95	6,57
Ca ²⁺ (cmol _c dm ³)	5,78	10,48	6,46
Mg ²⁺ (cmol _c dm ³)	1,67	2,51	2,58
Relação Ca ²⁺ :Mg ²⁺	3,46	4,17	2,50
K ⁺ (cmol _c dm ³)	0,30	0,52	0,38
Na ⁺ (cmol _c dm ³)	0,07	0,11	0,09
P (mg dm ⁻³)	95,80	197,08	227,03
Fe ²⁺ (mg dm ⁻³)	49,96	145,13	79,45
Cu ²⁺ (mg dm ⁻³)	1,44	2,03	3,71
Mn ²⁺ (mg dm ⁻³)	28,74	104,28	71,87
Zn ²⁺ (mg dm ⁻³)	33,39	119,48	75,24
B (mg dm ⁻³)	1,31	1,38	2,19
CTC (cmol _c dm ³)	8,18	14,15	10,11
V (%)	94,37	96,86	93,63
PST (%)	0,96	0,70	1,00
MO (g kg ⁻¹)	10,31	25,28	18,10

CTC – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – porcentagem de sódio trocável; MO -matéria orgânica.

Nessa safra de 2020 especificamente, não foi necessário realizar calagem em nenhuma das fazendas. Nesse mesmo período, realizou-se adubação de fundação com P (superfosfato simples), Ca (lithothamnium) e Mg (óxido de Mg). Além disso, também foi realizada adubação orgânica com esterco caprino (10 L/planta).

Após 15 dias da coleta do solo, foi realizada a poda de produção, utilizado cianamida hidrogenada (CH₂N₂) para quebra de dormência das gemas. Após a poda de produção, foi realizada adubação de cobertura semanalmente, com utilização de todos os macronutrientes, além de Fe, Cu, Zn, Mn e B (fertirrigação). As fontes utilizadas dos nutrientes foram: sulfatos de Mg e K; nitrato de Mg; cloretos de K e Ca; fosfato monoamônico (MAP); ureia; sulfatos de Fe, Zn e Cu; cloreto de Mn; e ácido bórico.

As fontes de nutrientes utilizadas nas três fazendas comerciais são basicamente as mesmas, contudo as doses aplicadas variaram entre as fazendas e entre as lavouras, em função do resultado da análise do solo. Na fazenda PL foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 26 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 47 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 17 kg ha⁻¹ Fe₂SO₄; 7 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 52 kg ha⁻¹ CaNO₃; 4 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 36 kg ha⁻¹ de MAP; 25 kg ha⁻¹ de ureia. Na fazenda CN foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 50 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 35 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 6 kg ha⁻¹ Fe₂SO₄; 6 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 50 kg ha⁻¹ CaNO₃; 1 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 63 kg ha⁻¹ de CaCl₂; 30 kg ha⁻¹ de MAP; 30 kg ha⁻¹ de ureia. Na fazenda JZ foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 25 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 43 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 2 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 28 kg ha⁻¹ CaNO₃; 2 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 22 kg ha⁻¹ de KCl; 12 kg ha⁻¹ de MAP; 20 kg ha⁻¹ de ureia.

Aos 30 dias após a poda de produção, realizou-se a amostragem das folhas para direcionar a adubação foliar, quando necessária. Nessa safra de 2020 especificamente, não foi necessário realizar adubação foliar. As três fazendas comerciais onde os dados foram coletados utilizaram o mesmo manejo nutricional, de acordo com Terra (2003) e Teixeira et al. (2017), com algumas adaptações.

4.2.3. Amostragem das folhas das lavouras de videiras e determinação dos nutrientes

O trabalho foi composto por um banco de dados de 20 amostras. As lavouras amostradas possuíam uma área média de 1,85 ha, com as cultivares BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp enxertadas sobre porta-enxerto SO4. As lavouras que compuseram o banco de dados tinham videiras de idades variando entre um e quatro anos.

As folhas (limbo e pecíolo) foram coletadas no período de plena floração. Foi coletada a folha oposta ao primeiro cacho a partir da base do ramo (ALBUQUERQUE et al., 2009). Foram coletadas duas folhas por planta em 30 plantas escolhidas aleatoriamente em cada lavoura, totalizando 60 folhas por lavoura. Portanto, cada amostra composta foi obtida de 30 plantas e 60 folhas. As folhas foram lavadas, secas, moídas e digeridas. Em seguida os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B foram dosados de acordo com metodologia proposta por Silva, 2009. N foi submetido a digestão nitroperclórica e determinado pelo método Kjeldahl; K e Na foram determinados por fotometria de chama; Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrometria de absorção atômica; S pelo método da turbidimetria; P foi extraído for Resina Trocadora de Ânions e determinado por espectrofotometria UV-Vis.

Tabela 2 – Concentrações médias, desvio-padrões (s) e coeficientes de variação (CV) dos nutrientes na folha da videira das áreas das lavouras nas fazendas comerciais PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) no período de floração

Nutriente	Média	s	CV (%)
N (g ha ⁻¹)	32,77	3,47	10,58
P (g ha ⁻¹)	4,57	1,68	36,70
K (g ha ⁻¹)	13,13	3,98	30,33
Ca (g ha ⁻¹)	16,39	6,98	42,60
Mg (g ha ⁻¹)	3,15	0,75	23,95
S (g ha ⁻¹)	3,04	0,69	22,75
Fe (g ha ⁻¹)	227,97	247,65	108,64
Cu (g ha ⁻¹)	48,05	86,30	179,59
Mn (g ha ⁻¹)	272,20	180,51	66,32
Zn (g ha ⁻¹)	133,55	77,05	57,69
B (g ha ⁻¹)	57,78	22,42	38,80
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	15,98	5,21	32,58

4.2.4. Determinação das normas DRIS, M-DRIS e CND

As normas DRIS, M-DRIS e CND foram obtidas a partir de um banco de dados. Nesse banco separou-se as plantas em duas populações: alta e baixa produtividade. A seleção da população de alta produtividade foi baseada na média da produtividade + 0,5 do desvio padrão (URANO et al., 2007). A produtividade limite entre as duas populações foi de 18,89 Mg ha⁻¹. As normas DRIS, M-DRIS e CND foram obtidas segundo Walworth e Sumner (1987) e Khiari et al. (2001) (Tabelas 3, 4 e 5).

Tabela 3 – Médias (Md), desvios-padrões (s), coeficientes de variação (CV), coeficientes de assimetria (Assim) e de curtose (Curt) das relações entre nutrientes selecionadas como normas DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Relação	Md	s	CV	Assim	Curt	Relação	Md	s	CV	Assim	Curt
N/P	6,25	1,476	23,60	1,304	1,778	Ca/S	4,11	0,948	23,07	0,423	-1,866
K/N	0,36	0,165	45,45	-1,171	-0,819	Ca/Fe	0,14	0,099	69,87	-0,014	-0,579
Ca/N	0,42	0,126	30,27	0,884	-0,157	Ca/Cu	0,52	0,350	67,11	-0,654	-1,353
N/Mg	10,48	1,443	13,77	-0,461	-0,604	Ca/Mn	0,04	0,019	43,40	0,041	-1,830
N/S	10,14	1,432	14,12	-1,404	2,075	Ca/Zn	0,10	0,045	42,99	0,150	0,264
N/Fe	0,34	0,231	68,50	-0,112	-1,437	B/Ca	4,06	2,685	66,22	1,317	1,686
N/Cu	1,47	1,152	78,63	-0,068	-1,933	Mg/S	0,98	0,184	18,73	-0,094	-0,739
N/Mn	0,10	0,026	25,92	0,082	-1,876	Mg/Fe	0,03	0,020	64,16	-0,522	-1,814
N/Zn	0,26	0,107	41,14	-0,348	-1,946	Mg/Cu	0,14	0,102	74,78	-0,248	-1,894
B/N	1,53	0,688	45,05	-0,078	0,520	Mg/Mn	0,01	0,004	36,22	0,880	1,207
K/P	2,22	1,001	45,10	-0,892	-0,149	Mg/Zn	0,02	0,010	39,18	0,163	-1,269
Ca/P	2,60	1,043	40,18	1,469	1,081	B/Mg	16,21	8,043	49,62	0,309	0,655
Mg/P	0,62	0,233	37,64	2,068	5,000	S/Fe	0,04	0,026	73,60	0,064	-1,707
S/P	0,63	0,169	26,84	0,365	-0,701	S/Cu	0,14	0,112	79,64	0,109	-1,669
Fe/P	41,21	44,107	107,03	1,301	-0,036	S/Mn	0,01	0,003	25,06	-0,497	-0,595
P/Cu	0,23	0,182	77,73	-0,309	-2,406	S/Zn	0,03	0,010	37,74	-0,913	-1,080
Mn/P	65,32	22,844	34,97	0,440	-0,661	B/S	15,53	7,880	50,74	0,597	1,122
Zn/P	31,73	24,738	77,96	1,724	2,792	Fe/Cu	9,26	16,165	174,64	2,576	6,728
B/P	10,05	6,038	60,09	0,339	-1,571	Fe/Mn	0,77	0,883	113,99	1,135	-0,905
K/Ca	0,99	0,571	57,95	-0,397	-1,511	Fe/Zn	2,28	2,994	131,53	1,357	0,222
K/Mg	3,84	1,860	48,47	-0,946	-1,053	B/Fe	0,62	0,543	87,99	0,540	-1,107
K/S	3,60	1,645	45,73	-0,767	-1,098	Mn/Cu	17,07	16,436	96,27	0,566	-1,605
K/Fe	0,13	0,125	96,93	0,456	-2,458	Zn/Cu	6,55	6,161	94,10	1,137	1,625
K/Cu	0,56	0,596	106,14	0,484	-2,360	B/Cu	2,44	2,736	112,24	1,186	0,064
K/Mn	0,03	0,013	39,78	-0,444	-0,960	Zn/Mn	0,48	0,339	70,39	2,297	5,637
K/Zn	0,09	0,055	57,91	-0,249	-1,440	B/Mn	0,15	0,065	43,53	-0,012	1,968
B/K	5,85	4,655	79,54	1,006	-0,291	B/Zn	0,35	0,153	43,30	0,266	-0,540
Ca/Mg	4,30	1,241	28,88	0,935	-0,505						

Tabela 4 – Médias (Md), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de assimetria (Assim) dos teores dos nutrientes selecionados como normas M-DRIS para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Variável	Md	s	CV	Assim
N	32,22	2,7558	8,55	0,3278
P	5,40	1,3587	25,17	0,2836
K	11,55	5,1772	44,83	-1,0981
Ca	13,24	3,5244	26,62	0,3927
Mg	3,12	0,4643	14,88	0,8423
S	3,21	0,3483	10,84	1,1492
Fe	238,12	278,8554	117,11	1,3697
Cu	98,98	136,7268	138,14	1,2837
Mn	335,15	90,4342	26,98	0,4428
Zn	147,25	71,4841	48,55	1,2311
B	48,60	21,9138	45,09	0,2243

Tabela 5 – Médias (Md), desvio-padrões (s), coeficientes de variação (CV) e coeficientes de assimetria (Assim) das variáveis multinutrientes (Vi) e da média geométrica (G), selecionados como normas CND para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Vi	Md	s	CV	Assim
G	10218,1	14548,83	142,383	1,996376
VN	-0,39784	0,085064	-21,3817	0,196502
VP	-0,6514	0,259396	-39,8214	-0,39254
VK	-0,56393	0,621523	-110,213	-1,19151
VCa	-0,53215	0,26422	-49,6511	0,220715
VMg	-0,71961	0,143925	-20,0002	0,707029
VS	-0,71527	0,10456	-14,6182	0,961578
VFe	-1,11216	1,09485	-98,4434	0,915242
VCu	-1,26583	1,422552	-112,381	0,934034
VMn	-1,00371	0,269486	-26,849	0,09134
VZn	-1,1138	0,436956	-39,231	0,929421
VB	-1,25517	0,54947	-43,7764	-1,25176

4.2.5 Índices DRIS

A partir da determinação das normas DRIS, os índices DRIS foram calculados conforme descrito por Beaufils (1973). As funções DRIS das relações entre os nutrientes foram calculadas segundo Jones (1981):

$$f(A/B) = \left(\frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k$$

Onde: $f(A/B)$ – função da razão entre os nutrientes A e B da amostra; (A/B) – razão entre as concentrações dos nutrientes A e B da amostra; (a/b) – razão entre as concentrações dos nutrientes a e b da população de referência (normas); $s(a/b)$ – desvio padrão entre os nutrientes a e b da população de referência (normas); k – constante de sensibilidade de valor igual a 10.

Após o cálculo das funções das relações duais foi determinado o índice DRIS de cada nutriente:

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A)}{n + m}$$

Onde: Índice A – índice DRIS do nutriente A; $\sum_{i=1}^n f(A/Bi)$ – somatório das funções da relação entre os nutrientes A e B; $\sum_{i=1}^m f(Bi/A)$ – somatório das funções da relação entre os nutrientes B e A; n – número de funções com o nutriente A no numerador da relação; m – número de funções com o nutriente A no denominador da relação.

4.2.6 Índices M-DRIS

As funções M-DRIS (HALLMARK et al., 1987) dos teores dos nutrientes foram calculadas segundo Jones (1981), nas quais são considerados os teores dos nutrientes na amostra e na população de referência (normas):

$$f(A) = \left(\frac{A - a}{s(a)} \right) k$$

Onde: $f(A)$ – função da concentração dos nutrientes A e B; A – concentração do nutriente da amostra; a – concentração do nutriente da população de referência (norma); $s(a)$ – desvio-padrão da concentração do nutriente da população de referência (norma); k – constante de sensibilidade de valor igual a 10.

Os índices M-DRIS foram calculados de acordo com as funções intermediárias das relações duais dos nutrientes:

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A) + f(A)}{n + m + 1}$$

Onde: Índice A – índice M-DRIS do nutriente A; $\sum_{i=1}^n f(A/Bi)$ – somatório das funções da relação entre os nutrientes A e B; $\sum_{i=1}^m f(Bi/A)$ – somatório das funções da relação entre os

nutrientes B e A; $f(A)$ – função do teor do nutriente A; n – quantidade de funções com o nutriente A no numerador da relação; m – quantidade de funções com o nutriente A no denominador da relação.

4.2.7 Índices CND

As normas CND foram determinadas por meio da média aritmética e do desvio-padrão das variáveis multinutrientes na população de alta produtividade (KHIARI et al., 2001). Calculou-se as variáveis multinutrientes, a partir da determinação prévia do valor residual (R) e da média geométrica da concentração dos nutrientes no tecido foliar, de acordo com as seguintes equações (PARENT & DAFIR, 1992):

$$R = 1000 - \sum_{i=1}^d A_i$$

$$G = (N \times P \times K \dots \times R)^{\frac{1}{d+1}}$$

$$V_i = \ln\left(\frac{A_i}{G}\right)$$

Onde: R = valor residual; A_i – teor do nutriente (g kg^{-1}); G – média geométrica das concentrações dos nutrientes (Tabela 5); d – número de nutrientes na diagnose; V_i – variável multinutriente do nutriente A_i .

Os índices multinutrientes foram calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$IA = \frac{V_i - V_a}{s}$$

Onde: IA – índice CND do nutriente A; V_i – variável multinutriente da amostra; V_a – média da variável multinutriente da população de referência (Tabela 5); s – desvio-padrão do teor do nutriente da população de referência (Tabela 5).

4.2.8. Interpretação dos índices nutricionais

Para interpretar os índices nutricionais, inicialmente foi calculado o Índice do Balanço Nutricional médio (IBNm) para os métodos DRIS, M-DRIS e CND de acordo com a seguinte equação:

$$IBNm = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z |\text{índice } A_i|$$

Onde: IBNm - Índice do balanço nutricional médio; IA – índice DRIS, M-DRIS ou CNM do nutriente A; z - número de nutrientes na diagnose.

A interpretação dos índices DRIS, M-DRIS e CNM foi realizada com base no Potencial de Resposta à Adubação (PRA) (WADT, 2005), definindo-se cinco classes de PRA (Tabela 6). Esse método propõe comparações entre o módulo dos índices DRIS, M-DRIS e CNM de cada nutriente com o valor do IBNm da lavoura.

Tabela 6 – Critérios para a definição das classes de Potencial de Resposta à Adubação (PRA)

Estado nutricional	PRA	Critério
Deficiente e limitante	Positiva, com alta probabilidade (P)	1. Índice N < 0 2. Índice > IBNm 3. Índice N é o índice de menor valor
Provavelmente deficiente	Positiva ou nula, com baixa probabilidade (PZ)	1. Índice < 0 2. Índice N > IBNm
Equilibrado	Nula (Z)	1. Índice N ≤ IBNm
Provavelmente excessivo	Negativa, com baixa probabilidade (NP)	1. Índice N > 0 2. Índice N > IBNm
Excessivo	Negativa, com alta probabilidade (N)	1. Índice N > 0 2. Índice N > IBNm 3. Índice N é o índice de maior valor

Índice N – índice DRIS, M-DRIS ou CNM do nutriente. Fonte: Wadt (2005).

Para avaliar a concordância da interpretação dos diagnósticos do PRA obtidos pelos métodos DRIS, M-DRIS e CNM foi realizado o teste de razão de verossimilhança qui-quadrado (teste G), de acordo com a seguinte expressão:

$$G = 2 \sum_{i=1}^k f_o \ln \left(\frac{f_o}{f_e} \right)$$

Onde: G – teste de razão de verossimilhança qui-quadrado (teste G); fo – frequência observada; fe – frequência esperada; k – número de classes.

A concordância da interpretação dos diagnósticos nutricionais pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND foi comparada em cada lavoura de videira. Quando, para a mesma lavoura, os diagnósticos de um nutriente foram iguais (de acordo com o resultado da Tabela 6) para dois métodos distintos, os diagnósticos foram considerados concordantes. Dessa forma, foi calculada a porcentagem de concordância dos diagnósticos nutricionais entre os métodos.

4.3 Resultados e Discussão

Os diagnósticos nutricionais obtidos pelos métodos DRIS e M-DRIS apresentaram elevada porcentagem de concordância (96,36%). O CND apresentou porcentagem de concordância com o DRIS e M-DRIS de 77,27% e 78,18%, respectivamente (Tabela 7). Em 91% dos casos, a porcentagem de concordância do CND com o DRIS e M-DRIS foi acima de 70%. Politi et al. (2013) encontraram grau de concordância entre o DRIS e o CND acima de 70% em 98% dos casos. No entanto, os autores utilizaram a metodologia para calcular o grau de concordância entre os métodos, de acordo com Silva et al. (2004). Em nosso estudo, a forma de calcular a porcentagem de concordância foi levando-se em consideração a concordância das classes do PRA de cada lavoura, ao invés de apenas considerar o número de lavouras em cada classe. Dessa forma, a concordância entre os métodos tem mais acurácia (SILVA et al., 2005). O resultado da contagem de diagnósticos em uma certa classe do PRA não exatamente refere-se a mesma lavoura, o que pode influenciar a estimativa da porcentagem de concordância entre os métodos.

Tabela 7 – Porcentagem de concordância entre os diagnósticos nutricionais obtidos pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND para videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Nutriente	DRIS versus M-DRIS	DRIS versus CND	M-DRIS versus CND
N	100	80	80
P	100	90	90
K	100	85	85
Ca	100	75	75
Mg	90	50	60
S	95	80	80
Fe	100	85	85
Cu	95	80	75
Mn	100	80	80
Zn	95	80	75
B	85	65	75
Média	96,36	77,27	78,18

Os nutrientes que apresentaram menores porcentagens de concordância dos diagnósticos entre DRIS versus CND e M-DRIS versus CND foram Ca, Mg, Cu, Zn e B (Tabela 7). O teste de razão de verossimilhança qui-quadrado mostrou que os diagnósticos nutricionais dos métodos DRIS, M-DRIS e CND interpretados pelo PRA foram não significativos, exceto para M-DRIS e CND para Mg (Tabela 8). Portanto, os diagnósticos nutricionais foram concordantes, independente do método diagnóstico utilizado. O diagnóstico do CND para Mg tendeu a indicar provável deficiência (PZ), enquanto o M-DRIS indicou equilíbrio nutricional (Z) (Tabela 8).

O DRIS e o M-DRIS consideram que as relações duais são correlacionadas linearmente por serem métodos bivariados (PARENT et al., 2020). O DRIS não permite a exclusão de outliers nos seus cálculos, podendo fazer com que o aumento da concentração de um nutriente, resulte na redução do outro na relação dual. Além disso, os índices DRIS gerados são dependentes, podendo resultar em diagnósticos nutricionais menos criteriosos (BRUNETTO et al., 2020). O CND é um método multivariado que considera todo o sistema orgânico (nutrientes + componentes orgânicos não quantificados), permitindo a interpretação de que nem todas as variações da composição nutricional são devido a mudanças nas concentrações dos nutrientes, mas também ao acúmulo de macromoléculas orgânicas (PARENT; DAFIR, 1992). Ademais, o CND incorpora em seus cálculos razões logarítmicas centradas na média geométrica, que permite o ajuste de cada componente do sistema composicional em relação uns aos outros (PARENT et al., 2020).

Os micronutrientes tiveram mais diagnósticos nutricionais de deficiência do que os macronutrientes, independentemente do método de diagnose nutricional (Tabela 8). Dentre eles destaca-se o Mn, que foi o nutriente mais limitante por deficiência (p) em 35% das lavouras pelo método DRIS (Tabela 8). O P foi o macronutriente que apresentou mais diagnósticos de deficiência, de acordo com os métodos DRIS, M-DRIS e CND.

Tabela 8 – Interpretação dos Índices DRIS, M-DRIS e CND pelo método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) e frequência de concordância dos diagnósticos nutricionais entre os diferentes métodos pelo teste de razão de verossimilhança qui-quadrado (teste G) para a videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Método	PRA ⁽¹⁾					Teste (G)	
	p	pz	z	nz	n	M-DRIS	CND
Nitrogênio							
DRIS	0	1	15	4	0	0 ^{ns}	3,218 ^{ns}
M-DRIS	0	1	15	4	0	-	3,218 ^{ns}
CND	1	1	12	5	1	-	-
Fósforo							
DRIS	3	2	14	0	1	0 ^{ns}	3,278 ^{ns}
M-DRIS	3	2	14	0	1	-	3,278 ^{ns}
CND	5	0	14	0	1	-	-
Potássio							
DRIS	2	0	14	2	2	0 ^{ns}	4,735 ^{ns}
M-DRIS	2	0	14	2	2	-	4,735 ^{ns}
CND	1	1	15	3	0	-	-
Cálcio							
DRIS	0	2	8	4	6	0 ^{ns}	1,726 ^{ns}
M-DRIS	0	2	8	4	6	-	1,726 ^{ns}
CND	1	1	8	4	6	-	-
Magnésio							
DRIS	0	1	15	4	0	1,498 ^{ns}	5,707 ^{ns}
M-DRIS	0	0	15	5	0	-	9,436*
CND	0	4	10	4	2	-	-
Enxofre							
DRIS	1	1	16	2	0	0,370 ^{ns}	2,098 ^{ns}
M-DRIS	1	1	17	1	0	-	1,851 ^{ns}
CND	2	1	15	1	1	-	-
Ferro							
DRIS	2	1	14	1	2	0 ^{ns}	0,680 ^{ns}
M-DRIS	2	1	14	1	2	-	0,680 ^{ns}
CND	1	2	14	1	2	-	-
Cobre							
DRIS	1	4	13	0	2	0,377 ^{ns}	0,823 ^{ns}
M-DRIS	1	4	14	0	1	-	1,054 ^{ns}
CND	1	2	15	0	2	-	-
Manganês							
DRIS	7	3	7	1	2	0 ^{ns}	0,680 ^{ns}
M-DRIS	7	3	7	1	2	-	0,680 ^{ns}
CND	5	4	7	1	3	-	-
Zinco							
DRIS	3	6	7	3	1	0,417 ^{ns}	1,084 ^{ns}
M-DRIS	3	6	6	3	2	-	1,098 ^{ns}
CND	2	5	9	2	2	-	-
Boro							
DRIS	1	2	10	3	4	0 ^{ns}	2,955 ^{ns}
M-DRIS	1	2	10	3	4	-	2,955 ^{ns}
CND	1	1	12	5	1	-	-

⁽¹⁾p – positiva, com alta probabilidade de resposta; pz – positiva/nula, com baixa probabilidade de resposta; z – nula; nz – negativa/nula, com baixa probabilidade de resposta; n – negativa, com alta probabilidade de resposta; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

O DRIS foi escolhido como método diagnóstico nutricional para avaliar as lavouras das fazendas PL, CN e JZ, baseado nas concordâncias de diagnósticos apresentados pelos diferentes métodos (Tabelas 7 e 8). A fazenda PL apresentou os maiores desbalanços nutricionais, com a lavoura 9 tendo apresentado $IBNm = 54,34$ por deficiência de P e excesso de K (Tabela 9). Nessa fazenda, o diagnóstico de Mn mostrou deficiência em aproximadamente 60% das lavouras e o B foi diagnosticado em excesso em 33% das lavouras. Além disso, o Ca apresentou diagnóstico de excesso em 22% das lavouras (Tabela 9). A fazenda CN apresentou os maiores desbalanços nutricionais nas lavouras 14 e 15. Fe e Zn foram os nutrientes mais limitantes por deficiência e o Ca limitou o balanço nutricional por excesso em 28,5% das lavouras (Tabela 9). A fazenda JZ apresentou o maior $IBNm$ na lavoura 18 por deficiência de Mn e excesso de Ca. Nessa fazenda, o Ca foi diagnosticado em excesso em 50% das lavouras. Os macronutrientes nessa fazenda foram os principais responsáveis pelos desbalanços nutricionais. K, P e S por deficiência e P e Ca por excesso (Tabela 9). Portanto, constatou-se um excesso de Ca em todas as fazendas e uma acentuada deficiência de Mn na fazenda PL.

Politi et al. (2013), trabalhando com manga na região do Vale do São Francisco, constataram alta probabilidade de resposta à adubação com Zn, Cu e Fe pela constatação da deficiência desses micronutrientes. Os autores atribuíram a deficiência de Fe e Cu ao fato da adubação desses micronutrientes não ser prioritária no semiárido irrigado e ressaltaram, que na Flórida, a deficiência de Mn e Fe foram as que mais interferiram na redução de produtividade das lavouras de manga.

É importante ressaltar que a concentração dos nutrientes, principalmente dos micronutrientes, encontra-se acima do recomendado por Raij et al. (1997). Mn e Zn, por exemplo, apresentaram médias de $272,20 \text{ mg kg}^{-1}$ e $133,55 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2). O recomendado por Raij et al. (1997) são concentrações de $63-73 \text{ mg kg}^{-1}$ para Mn e $30-35 \text{ mg kg}^{-1}$ para Zn. Entretanto, quando se avalia os nutrientes de maneira bivariada, como é o caso do DRIS, constata-se o diagnóstico não de excesso, como preconizam Raij et al. (1997), mas de deficiência desses nutrientes. Assim, não é a concentração absoluta do nutriente que afeta seu estado nutricional na planta, mas sua interação com os outros nutrientes. Além disso, essa diferença de diagnóstico entre os valores propostos por Raij et al. (1997) para Mn e Zn e o diagnóstico do DRIS nesse estudo reforça a ideia da necessidade de basear a nutrição da videira em valores nutricionais regionais, pois as condições edafoclimáticas regionais influenciam na exigência nutricional da planta.

Tabela 9 – Produtividade, índices DRIS e Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm) das lavouras e hierarquização do estado nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Lavoura ⁽¹⁾	Índices DRIS												IBNm	Limitação da deficiência ao excesso
	Pd ⁽²⁾ Mg ha ⁻¹	IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IFe	ICu	IMn	IZn	IB		
1	22,74	-1,29	2,76	2,53	-4,92	-1,44	-2,87	9,89	10,40	-6,06	-5,55	-3,46	4,65	Mn>Zn>Ca>B>S>Mg>N>K>P>Fe>Cu
2	11,01	7,01	4,35	11,11	14,81	-0,12	0,22	0,81	-24,43	-45,76	15,63	16,37	12,79	Mn>Cu>Mg>S>Fe>P>N>K>Ca>Zn>B
3	18,63	-0,20	-10,33	-11,98	5,00	7,80	-0,88	-1,42	3,82	-8,68	12,63	4,22	6,09	K>P>Mn>Fe>S>N>Cu>B>Ca>Mg>Zn
4	17,87	-1,55	-7,59	1,04	20,16	-4,27	-6,65	0,01	0,50	-0,07	-1,74	0,16	3,98	P>S>Mg>Zn>N>Mn>Cu>Fe>B>K>Ca
5	18,41	23,51	-0,46	26,51	22,19	-11,66	0,13	-9,80	-3,45	-67,00	8,79	11,23	16,79	Mn>Mg>Fe>Cu>P>S>Zn>B>Ca>N>K
6	17,34	9,92	-7,70	-0,91	19,27	12,26	2,37	-0,24	-16,03	-48,01	10,12	18,93	13,25	Mn>Cu>P>K>Fe>S>N>Zn>Mg>B>Ca
7	10,78	11,02	-27,84	12,22	11,65	7,41	9,99	-10,11	-3,84	-11,46	-41,48	42,42	17,22	Zn>P>Mn>Fe>Cu>Mg>S>N>Ca>K>B
8	10,45	17,65	-0,49	5,25	-4,33	3,67	-5,10	-3,45	-1,86	-27,31	-4,03	19,98	8,46	Mn>S>Ca>Zn>Fe>Cu>P>Mg>K>N>B
9	14,93	46,19	-298,78	64,89	15,52	46,35	36,19	-0,07	0,66	33,06	25,79	30,20	54,34	P>Fe>Cu>Ca>Zn>B>Mn>S>N>Mg>K
10	14,31	2,68	3,10	2,81	-4,61	7,42	5,05	14,97	-1,39	-10,11	-13,88	-6,05	6,55	Zn>Mn>B>Ca>Cu>N>K>P>S>Mg>Fe
11	21,00	0,57	-2,72	7,10	-8,44	-2,30	-4,44	-7,40	-10,99	8,66	7,91	12,05	6,60	Cu>Ca>Fe>S>P>Mg>N>K>Zn>Mn>B
12	24,11	2,29	-0,07	7,03	-2,69	-3,28	5,16	-9,17	-8,85	7,58	-4,05	6,07	5,11	Fe>Cu>Zn>Mg>Ca>P>N>S>B>K>Mn
13	23,98	-6,88	-1,30	2,69	7,17	-4,67	4,84	-7,07	10,21	-1,22	0,99	-4,76	4,71	Fe>N>B>Mg>P>Mn>Zn>K>S>Ca>Cu
14	11,71	2,79	-7,08	9,43	47,29	-9,30	8,50	13,69	3,24	-44,59	-30,78	6,81	16,68	Mn>Zn>Mg>P>N>Cu>S>B>K>Fe>Ca
15	15,00	2,10	-8,93	5,54	23,19	18,72	8,88	11,56	-6,10	-23,48	-40,20	8,71	14,31	Zn>Mn>P>Cu>N>K>B>S>Fe>Mg>Ca
16	20,31	1,23	2,68	4,99	-3,58	5,06	-0,43	14,15	-6,24	1,51	-6,85	-12,53	5,39	B>Zn>Cu>Ca>S>N>Mn>P>K>Mg>Fe
17	19,93	4,27	8,98	-12,37	7,45	-1,18	-1,37	1,01	1,67	-1,79	-5,08	-1,59	4,25	K>Zn>Mn>B>Mg>S>Fe>Cu>N>Ca>P
18	11,42	16,19	2,99	12,11	36,02	0,00	-3,62	-0,28	-7,80	-52,75	-18,56	15,71	15,09	Mn>Zn>Cu>S>Fe>Mg>P>K>B>N>Ca
19	6,63	-1,55	-16,66	5,06	0,59	-7,19	-4,86	3,77	1,11	19,61	10,92	-10,80	7,46	P>B>Mg>S>N>Ca>Cu>Fe>K>Zn>Mn
20	9,07	-0,69	-1,54	6,53	14,26	8,30	-28,07	1,71	4,23	-3,58	-11,46	10,30	8,24	S>Zn>Mn>P>N>Fe>Cu>K>Mg>B>Ca

⁽¹⁾Lavouras das fazendas PL (1 a 9), CN (10 a 16) e JZ (17 a 20). ⁽²⁾Produtividade das lavouras.

Ca, B, Mg, K e N foram os nutrientes mais recorrentes nos diagnósticos de excesso, com destaque para Ca e B (Tabela 9). O excesso de N pode estar associado a utilização de várias fontes de fertilizantes, algumas bastante solúveis, utilizadas não somente para suprir a demanda de N, mas também de outros nutrientes. São utilizados ureia, MAP, CaNO_3 , MgNO_3 , KNO_3 e ainda fertilizantes líquidos para fertirrigação, contendo N. O mesmo acontece para Ca e K, que são aplicados semanalmente com fontes bastante solúveis (CaCl_2 , CaNO_3 , KCl , K_2SO_4).

Em algumas lavouras onde houve excesso de B, ocorreu deficiência de Mn (Tabela 9). O excesso de B pode provocar deficiência de Mn, pois são nutrientes antagônicos (CHATZISSAVVIDIS; ANTONOPOULOU, 2020). O excesso de B nas folhas de duas espécies de kiwi resultou em baixa concentração de Mn, de acordo com Sotiropoulos et al. (1999). Alguns trabalhos também mostraram o efeito do excesso de B no aumento da absorção de K (CHATZISSAVVIDIS; THERIOS, 2010). Isso não ocorreu nesse estudo.

Melo et al. (2018), trabalhando com diagnóstico nutricional de videira cultivada no Rio Grande do Sul utilizando DRIS, relataram deficiência de B, Mg e Ca e excesso de Zn, Cu e Mn. Resultados diferentes dos que foram constatados nesse estudo. Ao excesso desses nutrientes, os autores atribuíram as aplicações de fungicidas, que contêm esses micronutrientes em suas composições. Terra et al. (2003) também encontraram deficiência de N para a videira cultivada em São Paulo, quando a coleta da folha foi feita no período de florescimento. Os autores discutiram o diagnóstico nutricional do DRIS em função do tecido e da época amostrada.

A correlação entre a produtividade das lavouras das videiras e o IBNm foi negativa e significativa, sugerindo que o desbalanço nutricional tem sido fator preponderante para produtividade das videiras (Figura 2). É recomendável, reavaliar os programas de fertilização utilizados, visando as correções necessárias, seja por deficiência ou excesso.

O acompanhamento do estado nutricional da videira por métodos mais modernos de diagnose nutricional é importante porque consideram as interações entre os nutrientes na planta, resultando em diagnósticos nutricionais mais realistas (BRUNETTO et al., 2020). Segundo Deus et al. (2018), a composição nutricional deve ser avaliada de modo holístico, considerando as interações entre os nutrientes. Além disso, a videira é uma cultura perene, cujo desequilíbrio nutricional tem efeito cumulativo, sendo essencial o acompanhamento do balanço nutricional no início do seu ciclo (TERRA et al., 2003).

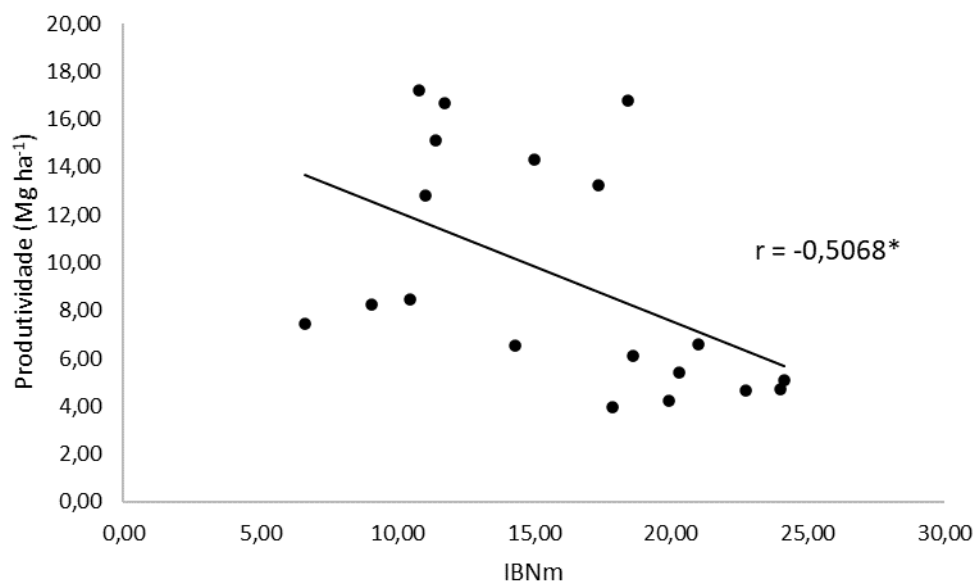


Figura 2 - Correlação de Pearson entre a produtividade e o Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) das lavouras de videiras. *Significativo a 5% de probabilidade.

4.4 Conclusões

Os diagnósticos nutricionais dos métodos DRIS, M-DRIS e CND apresentaram alta porcentagem de concordância, sugerindo a utilização de qualquer um deles para avaliar o estado nutricional de videiras na região do Vale do Submédio São Francisco.

Ca foi o nutriente que mais apresentou diagnóstico de excesso e Mn de eficiência pelo método DRIS.

A produtividade das videiras se correlacionou negativamente com o IBNm, sugerindo que produtividade das uvas tem sido influenciada pelo desbalanço nutricional.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>>. Acesso em: 28 dez 2020.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de; SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R. Nutrição e adubação. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. cap. 10, p. 431-480.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORT&FRUTI 2020**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>>.
- ARAUJO, J. L. P.; CORREIA, R. C. **Análise do custo de produção e rentabilidade do cultivo da uva fina de mesa sem sementes produzidas na região do Submédio São Francisco**. In: ENCONTRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL DO NORDESTE, 2., 2007, Cruz das Almas. Pobreza rural, intervenções e possibilidades de desenvolvimento sustentável. Cruz das Almas: Embrapa Cruz das Almas: UFRB: SOBER, 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36811/1/OPB1648.pdf>>.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132 p. (Soil Sci. Bulletin, 1).
- BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V de; KULMANN, M. S. de S.; TAINARI, A.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; ROZNE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; DE CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K. de; BEM, B. P. de. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00047-2>>.
- CHATZISSAVVIDIS, C.; ANTONOPOULOU, C. Boron toxicity in fruit crops: Agronomic and physiological implications. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00016-2>>.
- CHATZISSAVVIDIS, C.; THERIOS, I. Response of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars to six B concentrations: Growth performance, nutrient status and gas exchange parameters. **Scientia Horticulturae**, v. 127, n. 1, p. 29-38, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.008>>.

DEUS, J. A. L. de.; NEVES, J. C. L.; CORRÊA, M. C. de M.; PARENT, S. E.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Balance design for robust foliar nutrient diagnosis of “Prata” banana (*Musa spp.*). **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 15040, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1038/s41598-018-32328-y>>.

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; de MOOY, C. J.; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting and non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p. 1381-1390, 1987.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica: SUDENE-DRN, 1972-1973. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/331168>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de.; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1976. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335789>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. e; MONTENEGRO, J. O.; FORMIGA, R. A.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1977-1979. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335822>>.

JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/00103628109367194>>.

KELLER, M. **The science of grapevines**. London: Academic Press, 2020. 554 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/C2017-0-04744-4>>.

KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 4, p. 809-814, 2001.

LEÃO, P. C. de S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no Seminário brasileiro. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2014. 578-618 p. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1006644/1/CultivodefruteirasdeclimaCultivodefruteirasdeclimatemperadoemregi2014c.15p.578618.pdf>>.

MELO, G. W.; ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G. Identification of the critical levels, sufficiency ranges and potential response to nutrient fertilization in vineyards by the DRIS method. **Acta Horticulturae**, v. 1217, p. 423-430, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1217.55>>.

MELLO, L. M. R. de. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2018**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2019. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 210). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1113215>>.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of American Society of Horticulture Science**, v. 117, p. 239-242, 1992. Disponível em: <<https://doi.org/10.21273/JASHS.117.2.239>>.

PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; DEUS, J. A. L. de; NATALE, W. Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/C2018-0-04225-5>>.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S. da; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. da C.; PRADO, R. de M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 11-18, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100002>>.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. (Boletim técnico, 100) 285 p.

SALDANHA, E. C. M.; SILVA JUNIOR, M. L. da; LINS, P. M. P.; FARIAS, S. C. C.; WADT, P. G. S. Nutritional diagnosis in hybrid coconut cultivated in Northeastern Brazil through Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017728>>.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SILVA, G. G. C.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ, V. H. V.; LEITE, F. P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 755-761, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000500011>>.

SILVA, G. G. C.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ, V. H. V.; LEITE, F. P. Nutritional diagnosis for eucalypt by DRIS, M-DRIS, and CND. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 507-515, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000500008>>.

SOTIROPOULOS, T. E.; THERIOS, I. N.; DIMASSI, K. N. Calcium application as a means to improve tolerance of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* L.) to boron toxicity. **Scientia Horticulturae**, v. 81, n. 4, p. 443-449, 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00028-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00028-X)>.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Normas DRIS e níveis críticos de nutrientes para videira ‘Niagara Rosada’ cultivada na região de Jundiá-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 247-255, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-409/13>>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

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.

TERRA, M. M.; GUILHERME, M. A. S.; SANTOS, W. R. dos; PAIOLI-PIRES, E. J.; POMMER, C. V.; BOTELHO, R. V. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de Jales, SP, usando o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 309-314, 2003. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200032>>.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação e Diagnóstico da Composição Nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 63-72, 2007.

VILLASEÑOR, D.; PRADO, R. de M.; SILVA, G. P. da; CARILLO, M.; DURANGO, W. DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 18, p. 2785-2796, 2020. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>>.

WADT, P. G. S. **Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucaliptos**. 1996. 123 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 227-234, 2005.

WADT, P. G. S.; ANGHINONI, I.; GUINDANI, R. H. P.; LIMA, A. S. T. de; PUGA, AL. P.; SILVA, G. S. da; PRADO, R. de M. Padrões nutricionais para lavouras arrozeiras irrigadas por inundação pelos métodos da CND e Chance Matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 145-156, 2013. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100015>>.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v. 6, p. 149-188, 1987.

5 CAPÍTULO III – ESTADO NUTRICIONAL E QUALIDADE DA UVA

RESUMO

A produção de uva de mesa é bastante importante para a economia do Vale do Submédio São Francisco, sendo a maior parte da produção exportada para o mercado internacional. A qualidade do fruto é um fator essencial para as cultivares de uva. O Ca é o nutriente mais relacionado com a qualidade do fruto, principalmente a sua fração ligada as pectinas da parede celular (Ca-ligado). A avaliação da correlação entre estado nutricional e produtividade é bastante relatada na literatura. Contudo, os estudos não relacionam estado nutricional de fruteiras com critérios de qualidade do fruto. Portanto, esse estudo teve como objetivo avaliar a relação da concentração de Ca-ligado nas bagas com o estado nutricional da videira, a concentração de nutrientes no fruto, bem como com os critérios de qualidade do fruto. Além disso, o estudo avaliou a interação do Ca-ligado com a matéria seca do fruto e a concentração dos nutrientes no solo, folha e fruto. O solo, a folha e o fruto de 20 lavouras de videira (cvs. BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp) foram amostrados em três ambientes distintos nas Fazendas PL/Petrolina/PE, CN/Casa Nova/BA e JZ/Juazeiro/BA. As lavouras foram diagnosticadas nutricionalmente pelo método do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e seus índices foram utilizados no cálculo do Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm), juntamente com o Potencial de Resposta à Adubação. Os frutos foram avaliados quanto ao peso e diâmetro da baga, comprimento do cacho, sólidos solúveis, acidez titulável e firmeza da baga. O Ca-ligado apresentou correlação negativa com o IBNm, indicando que a nutrição das lavouras não foi o principal fator responsável pela maior concentração de Ca-ligado nos frutos. O Ca-ligado correlacionou-se positivamente com a AT e não apresentou correlação com a firmeza da baga. A análise de componentes principais mostrou que o Ca-ligado se correlacionou com a concentração de nutrientes no fruto e com a matéria seca do fruto, mas não com os nutrientes no solo e na folha. Esses resultados evidenciam a baixa mobilidade do Ca na planta e indicaram que apenas uma fração do Ca no fruto apresenta função estrutural na colheita. A nutrição do fruto é mais importante na concentração de Ca-ligado do que o equilíbrio nutricional realizado nas folhas, sugerindo que no manejo de nutrientes se priorize a nutrição do fruto e o acúmulo de matéria seca. A adaptação de um método diagnóstico de nutrientes, como o DRIS no fruto pode ser uma alternativa para futuros estudos nutricionais em videiras.

Palavras-chave: Balanço nutricional. Cálcio. DRIS. IBN.

NUTRIENT STATUS AND GRAPE QUALITY

ABSTRACT

The production of seedless table grapes is very important for the economy of Submédio São Francisco Valley, with most of it being exported. Fruit quality is an essential factor for table grape cultivars. Ca is the nutrient most related to fruit quality, specially Ca-pectin of cell wall (Ca-pectin). The assessment of the correlation between nutritional status and productivity is well studied. However, studies do not relate the nutritional status of fruit trees with fruit quality criteria. Thus, the study aimed to evaluate the relationship among the content of Ca-pectin in berries and nutritional status of vineyards, nutrients concentrations in fruit, and fruit quality criteria. Moreover, this study evaluated the interaction of Ca-pectin with fruit dry weight and soil, leaf and fruit nutrients concentrations. Soil, leaf and fruit of 20 vineyards (cvs. BRS Vitória, Sweet Jubilee and Sugar Crisp) were sampled, in three different production environments, at PL/Petrolina/PE, CN/Casa Nova/BA, and JZ/Juazeiro/BA farms. Orchards were nutritionally diagnosed by DRIS method, whose indices were used in the calculation of the Average Nutritional Balance Index (IBNm) and Response Potential to Fertilization. Fruit were evaluated for berry weight and diameter, bunch length, soluble solids, titratable acidity and berry firmness. Ca-pectin showed negative correlation with IBSm, indicating that orchard's nutrition was not the main factor responsible for the higher concentration of Ca-pectin in the fruits. Ca-pectin was positively correlated with titratable acidity and showed no correlation with berry firmness. Principal component analysis showed that Ca-pectin was correlated with nutrients concentration and fruit dry weight, but not with nutrients in the soil and leaf. These results show the low Ca mobility in the plant and indicated that only a fraction of Ca in the fruit has structural function in the harvest. Fruit nutrition is more important for Ca-pectin content than nutritional balance achieved in the leaves, suggesting that in nutrient management, fruit nutrition and accumulation of dry weight should be prioritized. The adaptation of a nutrient diagnose method, such as DRIS in the fruit, may be an alternative for future nutritional studies in grape.

Key words: Calcium. DRIS. NBI. Nutritional balance.

5.1 Introdução

A viticultura no Brasil concentra-se basicamente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. No Nordeste, é muito cultivada no Vale do Submédio São Francisco, no semiárido. A produção de uva de mesa tem grande importância para a economia da região, sendo muito exportada para a Europa e Estados Unidos. Na última década, o Vale do Submédio São Francisco foi responsável por quase 100% das exportações brasileiras de uva (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2020).

A qualidade do fruto é um fator muito importante para sua comercialização, especialmente para a exportação porque os mercados europeu e americano são muito exigentes. A qualidade do fruto depende de uma série de fatores como: genética, manejo fitossanitário, práticas culturais, condições edafoclimáticas, nutrição da planta e grau de maturação na colheita. Essa qualidade é estimada por parâmetros externos e internos. A cor e o tamanho da baga são alguns dos parâmetros externos, enquanto a acidez, o teor de açúcar e o tempo de prateleira são parâmetros internos (ZIOGAS et al., 2020).

Esses parâmetros externos e internos estão relacionados com a nutrição da videira (YU et al., 2020). Kanpure et al. (2016) constataram que a aplicação foliar combinada de P, Fe e Zn promoveram o aumento do volume, massa, produtividade, açúcares, acidez, ácido ascórbico e teor de pectina de frutos de goiabeira. Yu et al. (2020) observaram redução do rachamento das bagas com a aplicação de solução contendo Ca em uva.

O Ca destaca-se nos estudos de nutrição e qualidade do fruto. O Ca exerce diversas funções na planta, tais como: compõe a parede celular e a lamela média, atua como mensageiro secundário na regulação metabólica, atua como cofator de enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolipídios e mantém o equilíbrio de íons e ácidos orgânicos na célula (TAIZ et al., 2017). No fruto, encontra-se em diversas frações: Ca solúvel associado a compostos solúveis em água como ácidos orgânicos, cloretos e nitratos (Ca-solúvel); Ca trocável, ligado a pectina na parede celular e lamela média (Ca-ligado); e Ca fisiologicamente inativo, precipitado na forma de oxalato de Ca (Ca-inativo) (BONOMELLI et al., 2018).

O Ca tem funções importantes na formação, no desenvolvimento e na qualidade dos frutos (DONG et al., 2018). A deficiência de Ca resulta na redução do tempo de prateleira e na qualidade dos frutos armazenados (GULBAGCA et al., 2020). Ekinci (2018) observou o aumento da firmeza de frutos de pêssego na colheita e pós-colheita em plantas tratadas com aplicação foliar de Ca.

O Ca associado as pectinas preenchem a matriz da parede celular, formando ligações com os grupos carboxílicos do ácido poligalacturônico, principal constituinte dessas pectinas. Quando o fruto amadurece, a atividade de enzimas que degradam a parede celular aumenta, como é o caso da poligalacturonase. Essa enzima promove a quebra das cadeias de pectato de Ca (Ca-ligado) da parede celular, reduzindo a firmeza do fruto (GULBAGCA et al., 2020). Altas concentrações de Ca nos frutos inibe a atividade da enzima poligalacturonase, reduzindo o amaciamento dos frutos (YAMAMOTO et al., 2011).

Diversos estudos mostraram o efeito da aplicação de Ca e sua relação com o tempo de prateleira. Liu et al. (2017) constataram que a aplicação cloreto de Ca foi suficiente para manter a textura do damasco durante o seu armazenamento, devido ao retardo nas modificações da parede celular. Kurt et al. (2017) verificaram o aumento de Ca-ligado na videira após a aplicação de Ca em pré e pós-colheita. Ekinci (2018) observou a acumulação de pectina em pêssegos de plantas tratadas com aplicação foliar de Ca. Contudo, é importante avaliar a relação entre o equilíbrio nutricional e a concentração de Ca-ligado, porque o excesso ou a deficiência de Ca pode desbalancear relações como Ca/N, Ca/Mg e C/K, por exemplo, conforme alertado por Gulbagca et al. (2020).

A hipótese desse estudo é que o equilíbrio nutricional das lavouras de videiras pode influenciar a concentração de nutrientes e a matéria seca dos frutos, além de interferir na concentração de Ca-ligado nos frutos, refletindo na qualidade e longevidade das bagas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a relação da concentração de Ca-ligado nas bagas com o estado nutricional da videira, a concentração de nutrientes no fruto, bem como com os critérios de qualidade do fruto. Além disso, o estudo avaliou a interação do Ca-ligado com a matéria seca do fruto e a concentração dos nutrientes no solo, folha e fruto.

5.2 Material e métodos

5.2.1. Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três fazendas comerciais pertencentes à empresa CN localizadas nos municípios de Casa Nova/BA (CN), Juazeiro/BA (JZ) e Petrolina/PE (PL), no período de novembro de 2019 a novembro de 2020. O clima da região é classificado como tropical semiárido do tipo Bsh na classificação de Köeppen (ALVAREZ et al., 2013). As áreas das fazendas comerciais possuem temperaturas elevadas na maior parte do ano, sendo outubro e novembro os meses mais quentes. A temperatura média no Vale do Submédio São Francisco

é de 26,7 °C, a precipitação anual média é de 505 mm e a umidade relativa anual média é de 60,7% (LEÃO; SILVA, 2014) (Figura 1). Os solos das três fazendas foram classificados como Neossolo Quartzarênico, de caráter distrófico e textura arenosa (PL e CN) e Neossolo Flúvico, de caráter eutrófico (JACOMINE et al. 1973; JACOMINE et al., 1976; JACOMINE et al., 1979).

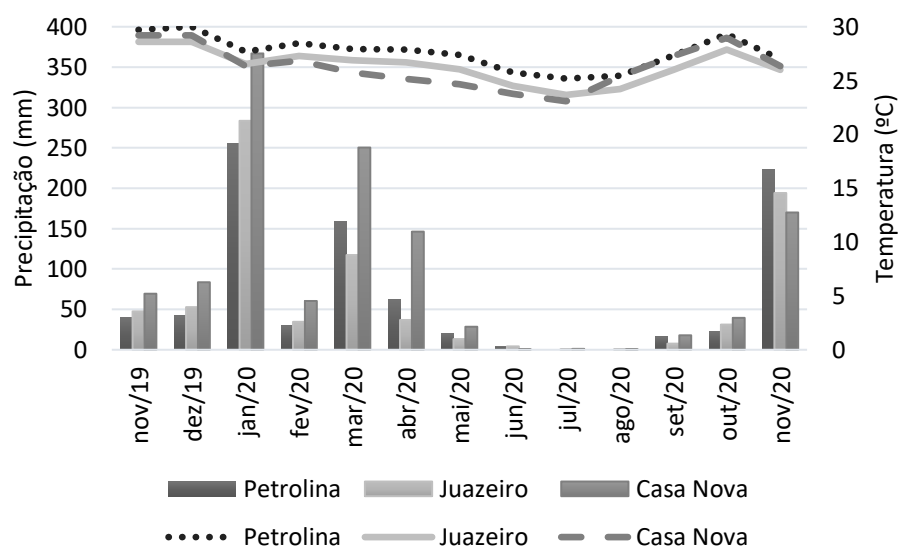


Figura 1 – Precipitação pluviométrica e temperatura mensais médias de Petrolina (PE), Juazeiro (BA) e Casa Nova (BA) durante o período de avaliação das safras das lavouras de videira. Fonte: Agritempo (2020).

5.2.2. Manejo nutricional das lavouras de videira

Foram coletadas folhas das plantas e mensurada a produtividade das lavouras com safra no primeiro e no segundo semestre do ano de 2020. Todas foram lavouras de primeiro cultivo anual. Não foram coletadas folhas de lavouras em segundo cultivo anual. Sete lavouras tiveram suas colheitas no primeiro semestre do ano e treze no segundo semestre. Quatro lavouras foram coletadas na fazenda JZ, nove na fazenda PL e sete na fazenda CN.

As plantas passaram por um período de repouso que variou de acordo com o período de comercialização futura da safra, após a colheita anterior. Foi realizada a poda de formação, apenas nas lavouras de 1 ano de plantio. Foi realizada a amostragem e análise do solo para direcionar a correção e as adubações de fundação e cobertura 15 dias antes da poda de produção. (Tabela 1). O solo foi amostrado na camada de 0,0-0,30 m de profundidade, sendo coletadas duas amostras simples por planta, sendo um ponto na linha de plantio e outro na entrelinha, cerca de 15 cm de distância da planta. Foram coletadas 60 amostras simples para formar uma

composta em cada lavoura (Tabela 1) e os atributos químicos foram determinados de acordo com metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na camada de 0,0-0,30 m de profundidade das áreas das lavouras nas fazendas comerciais PL (Petrolina/PE), JZ (Juazeiro/BA) e CN (Casa Nova/BA) após a poda de formação das videiras

Atributos	PL	JZ	CN
pH (H ₂ O)	6,61	6,95	6,57
Ca ²⁺ (cmol _c dm ³)	5,78	10,48	6,46
Mg ²⁺ (cmol _c dm ³)	1,67	2,51	2,58
Relação Ca ²⁺ :Mg ²⁺	3,46	4,17	2,50
K ⁺ (cmol _c dm ³)	0,30	0,52	0,38
Na ⁺ (cmol _c dm ³)	0,07	0,11	0,09
P (mg dm ⁻³)	95,80	197,08	227,03
Fe ²⁺ (mg dm ⁻³)	49,96	145,13	79,45
Cu ²⁺ (mg dm ⁻³)	1,44	2,03	3,71
Mn ²⁺ (mg dm ⁻³)	28,74	104,28	71,87
Zn ²⁺ (mg dm ⁻³)	33,39	119,48	75,24
B (mg dm ⁻³)	1,31	1,38	2,19
CTC (cmol _c dm ³)	8,18	14,15	10,11
V (%)	94,37	96,86	93,63
PST (%)	0,96	0,70	1,00
MO (g kg ⁻¹)	10,31	25,28	18,10

CTC – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – porcentagem de sódio trocável; MO -matéria orgânica.

Nessa safra de 2020 especificamente, não foi necessário realizar calagem em nenhuma das fazendas. Nesse mesmo período, realizou-se adubação de fundação com P (superfosfato simples), Ca (lithothamnium) e Mg (óxido de Mg). Além disso, também foi realizada adubação orgânica com esterco caprino (10 L/planta).

Após 15 dias da coleta do solo, foi realizada a poda de produção, utilizado cianamida hidrogenada (CH₂N₂) para quebra de dormência das gemas. Após a poda de produção, foi realizada adubação de cobertura semanalmente, com utilização de todos os macronutrientes, além de Fe, Cu, Zn, Mn e B (fertirrigação). As fontes utilizadas dos nutrientes foram: sulfatos de Mg e K; nitrato de Mg; cloretos de K e Ca; fosfato monoamônico (MAP); ureia; sulfatos de Fe, Zn e Cu; cloreto de Mn; e ácido bórico.

As fontes de nutrientes utilizadas nas três fazendas comerciais são basicamente as mesmas, contudo as doses aplicadas variaram entre as fazendas e entre as lavouras, em função do resultado da análise do solo. Na fazenda PL foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 26 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 47 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 17 kg ha⁻¹ Fe₂SO₄; 7 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 52 kg ha⁻¹ CaNO₃; 4 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 36 kg ha⁻¹ de MAP; 25 kg ha⁻¹ de ureia. Na fazenda CN foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 50 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 35 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 6 kg ha⁻¹ Fe₂SO₄; 6 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 50 kg ha⁻¹ CaNO₃; 1 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 63 kg ha⁻¹ de CaCl₂; 30 kg ha⁻¹ de MAP; 30 kg ha⁻¹ de ureia. Na fazenda JZ foram aplicadas, aproximadamente, as seguintes doses: 25 kg ha⁻¹ de Mg₂SO₄; 43 kg ha⁻¹ K₂SO₄; 2 kg ha⁻¹ Zn₂SO₄; 28 kg ha⁻¹ CaNO₃; 2 kg ha⁻¹ de H₃BO₃; 22 kg ha⁻¹ de KCl; 12 kg ha⁻¹ de MAP; 20 kg ha⁻¹ de ureia.

Aos 30 dias após a poda de produção, realizou-se a amostragem das folhas para direcionar a adubação foliar, quando necessária. Nessa safra de 2020 especificamente, não foi necessário realizar adubação foliar. As três fazendas comerciais onde os dados foram coletados utilizaram o mesmo manejo nutricional, de acordo com Terra (2003) e Teixeira et al. (2017), com algumas adaptações.

5.2.3. Amostragem das folhas das lavouras de videiras e determinação dos nutrientes

O trabalho foi composto por um banco de dados de 20 amostras. As lavouras amostradas possuíam uma área média de 1,85 ha, com as cultivares BRS Vitória, Sweet Jubilee e Sugar Crisp enxertadas sobre porta-enxerto SO4. As lavouras que compuseram o banco de dados tinham videiras de idades variando entre um e quatro anos.

As folhas (limbo e pecíolo) foram coletadas no período de plena floração. Foi coletada a folha oposta ao primeiro cacho a partir da base do ramo (ALBUQUERQUE et al., 2009). Foram coletadas duas folhas por planta em 30 plantas escolhidas aleatoriamente em cada lavoura, totalizando 60 folhas por lavoura. Portanto, cada amostra composta foi obtida de 30 plantas e 60 folhas. As folhas foram lavadas, secas, moídas e digeridas. Em seguida os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B foram dosados de acordo com metodologia proposta por Silva, 2009. N foi submetido a digestão nitroperclórica e determinado pelo método Kjeldahl; K e Na foram determinados por fotometria de chama; Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrometria de absorção atômica; S pelo método da turbidimetria; P foi extraído for Resina Trocadora de Ânions e determinado por espectrofotometria UV-Vis.

5.2.4. Diagnóstico nutricional das lavouras de videiras pelo DRIS

As normas DRIS foram obtidas a partir de um banco de dados. Nesse banco separou-se as plantas em duas populações: alta e baixa produtividade. A seleção da população de alta produtividade foi baseada na média da produtividade + 0,5 do desvio padrão (URANO et al., 2007). A produtividade limite entre as duas populações foi de 18,89 Mg ha⁻¹. As normas DRIS, foram obtidas segundo Walworth e Sumner (1987).

A partir da determinação das normas DRIS, os índices DRIS foram calculados conforme descrito por Beaufilet (1973), utilizando-se a função proposta por Jones (1981). Para interpretar os índices nutricionais, inicialmente foi calculado o Índice do Balanço Nutricional médio (IBNm) e, posteriormente os resultados foram utilizados para a classificação dos nutrientes nas classes do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) (WADT, 2005) (Tabela 2).

Tabela 2 - Produtividade, índices DRIS e Índice do Balanço Nutricional Médio (IBNm) das lavouras de videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

Lavoura ⁽¹⁾	Pd ⁽²⁾ Mg ha ⁻¹	Índices DRIS											
		IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IFe	ICu	IMn	IZn	IB	IBNm
1	22,74	-1,29	2,76	2,53	-4,92	-1,44	-2,87	9,89	10,40	-6,06	-5,55	-3,46	4,65
2	11,01	7,01	4,35	11,11	14,81	-0,12	0,22	0,81	-24,43	-45,76	15,63	16,37	12,79
3	18,63	-0,20	-10,33	-11,98	5,00	7,80	-0,88	-1,42	3,82	-8,68	12,63	4,22	6,09
4	17,87	-1,55	-7,59	1,04	20,16	-4,27	-6,65	0,01	0,50	-0,07	-1,74	0,16	3,98
5	18,41	23,51	-0,46	26,51	22,19	-11,66	0,13	-9,80	-3,45	-67,00	8,79	11,23	16,79
6	17,34	9,92	-7,70	-0,91	19,27	12,26	2,37	-0,24	-16,03	-48,01	10,12	18,93	13,25
7	10,78	11,02	-27,84	12,22	11,65	7,41	9,99	-10,11	-3,84	-11,46	-41,48	42,42	17,22
8	10,45	17,65	-0,49	5,25	-4,33	3,67	-5,10	-3,45	-1,86	-27,31	-4,03	19,98	8,46
9	14,93	46,19	-298,78	64,89	15,52	46,35	36,19	-0,07	0,66	33,06	25,79	30,20	54,34
10	14,31	2,68	3,10	2,81	-4,61	7,42	5,05	14,97	-1,39	-10,11	-13,88	-6,05	6,55
11	21,00	0,57	-2,72	7,10	-8,44	-2,30	-4,44	-7,40	-10,99	8,66	7,91	12,05	6,60
12	24,11	2,29	-0,07	7,03	-2,69	-3,28	5,16	-9,17	-8,85	7,58	-4,05	6,07	5,11
13	23,98	-6,88	-1,30	2,69	7,17	-4,67	4,84	-7,07	10,21	-1,22	0,99	-4,76	4,71
14	11,71	2,79	-7,08	9,43	47,29	-9,30	8,50	13,69	3,24	-44,59	-30,78	6,81	16,68
15	15,00	2,10	-8,93	5,54	23,19	18,72	8,88	11,56	-6,10	-23,48	-40,20	8,71	14,31
16	20,31	1,23	2,68	4,99	-3,58	5,06	-0,43	14,15	-6,24	1,51	-6,85	-12,53	5,39
17	19,93	4,27	8,98	-12,37	7,45	-1,18	-1,37	1,01	1,67	-1,79	-5,08	-1,59	4,25
18	11,42	16,19	2,99	12,11	36,02	0,00	-3,62	-0,28	-7,80	-52,75	-18,56	15,71	15,09
19	6,63	-1,55	-16,66	5,06	0,59	-7,19	-4,86	3,77	1,11	19,61	10,92	-10,80	7,46
20	9,07	-0,69	-1,54	6,53	14,26	8,30	-28,07	1,71	4,23	-3,58	-11,46	10,30	8,24

⁽¹⁾Lavouras das fazendas PL (1 a 9), CN (10 a 16) e JZ (17 a 20). ⁽²⁾Produtividade das lavouras.

5.2.5. Amostragem dos frutos e determinação dos nutrientes e dos critérios de qualidade

Os frutos foram coletados aleatoriamente nas lavouras na colheita, sendo avaliados logo após a colheita. As avaliações foram realizadas em três cachos e em dez bagas por cacho (DONG et al., 2018). Foram avaliadas: a concentração de Ca-ligado na baga (casca e polpa) (BONOMELLI et al., 2018); teores totais de nutrientes (SILVA, 2009); matéria seca (MS) (AOAC, 1984); acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e firmeza da baga nos sentidos longitudinal e transversal (FB) (LIU et al., 2009); diâmetro da baga (DB), comprimento do cacho (CC) e peso da baga (PB) (BONOMELLI et al., 2010). Também foi feita a determinação do SS/AT, variável relacionada ao sabor do fruto.

Foi realizada correlação de Spearman (ρ) (SPEARMAN, 1904) entre as seguintes variáveis: Ca-ligado e IBNm; Ca-ligado e as concentrações dos nutrientes no fruto; Ca-ligado e critérios de qualidade do fruto. Também foi realizada análise de componentes principais (PCA) (PEARSON, 1901) entre Ca-ligado, MS e as concentrações dos nutrientes no solo (SL), folha (F) e fruto (FT).

5.3 Resultados e Discussão

O Ca-ligado apresentou correlação positiva com o IBNm nas lavouras de videiras (Figura 2). Contudo, essa relação é na mesma direção, ou seja, uma planta mais equilibrada nutricionalmente, não necessariamente apresenta maior concentração de Ca-ligado no fruto do que uma lavoura menos equilibrada. Portanto, mesmo que a oferta de Ca seja elevada, a planta pode absorver e translocar o nutriente para outros órgãos, incluindo o fruto (KELLER, 2020), mas o Ca não necessariamente se associa a pectina, que poderia elevar a concentração de Ca-ligado.

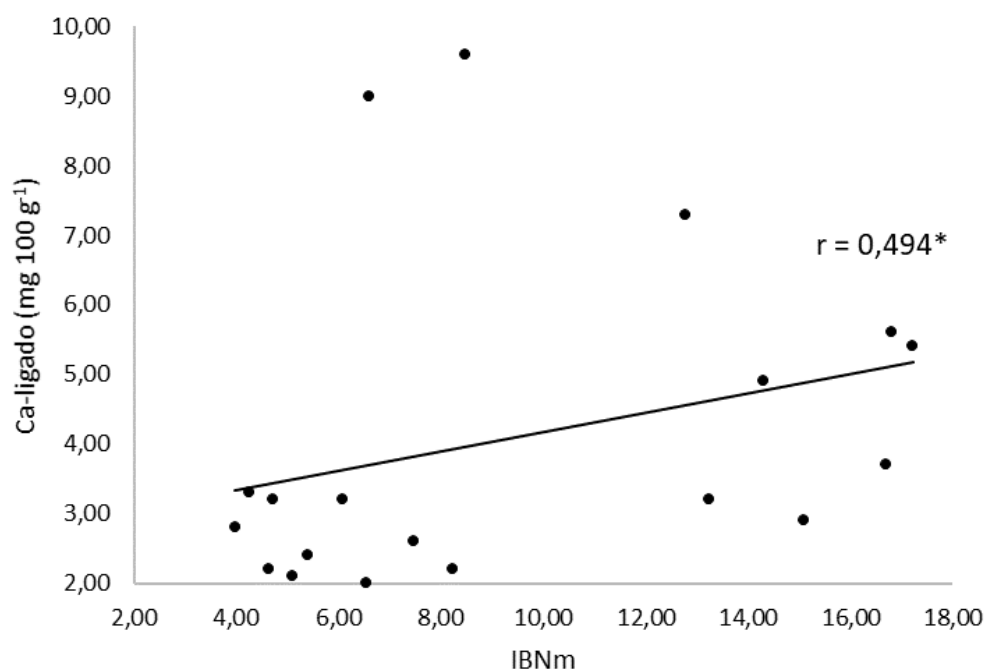


Figura 2 - Correlação de Spearman entre a concentração de Ca-ligado no fruto e o Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) das lavouras de videiras. *Significativo a 5% de probabilidade.

Madani et al. (2015) aplicaram doses crescentes de Ca (0, 4000 e 5400 mg L⁻¹) via foliar e observaram aumento da concentração de Ca na folha e no fruto do mamoeiro. Ekinici et al. (2018) estudaram o efeito da aplicação foliar de Ca, Mg e Mn, separadamente e em conjunto, na qualidade do fruto do pessegueiro. Os autores encontraram aumento da concentração de pectina e de ácido poligalacturônico no fruto. Esse aumento de ácido poligalacturônico foi de 414% em relação ao tratamento controle. O ácido poligalacturônico é um dos componentes principais da pectina (TAIZ et al., 2017). Além disso, a polpa do pêsego apresentou maior firmeza, que influencia no aumento da resistência da parede celular. Essa característica é regulada pelo Ca (EKINCI et al., 2018; BRUNETTO et al., 2020).

A absorção de Ca ocorre no ápice radicular (coifa) (TAIZ et al., 2017). Assim, sua taxa de absorção é maior nos meristemas apicais do que em regiões mais velhas da raiz. As células do tecido do meristema apical da raiz apresentam descontinuidades da banda de Caspary, que facilita a absorção de Ca e sua condução pelo xilema. Como o Ca é pouco móvel na planta, seu transporte para outros órgãos da planta, inclusive o fruto, ocorre pelo xilema (BONOMELLI; RUIZ, 2010). O xilema é importante na distribuição do Ca na planta até o início da maturação das bagas e pode ser muito importante em regiões quentes, onde a transpiração da folha e do

fruto é alta (KELLER, 2020), como é o caso do Vale do Submédio São Francisco. Dessa forma, quando a disponibilidade de Ca é adequada, não existem limitações para a absorção e translocação de Ca pela planta, que pode ter seu crescimento acelerado (BONOMELLI; RUIZ, 2010).

A correlação positiva entre a concentração de Ca-ligado e o IBNm sugere que nem sempre o equilíbrio nutricional resulta em maior concentração de Ca-ligado, bem como o equilíbrio nutricional nem sempre está relacionado com altas produtividades (BRUNETTO et al. 2020). Isso ocorre porque a concentração dos nutrientes nos tecidos pode não estar em formas ativas. Isso pode ocorrer quando a concentração do nutriente é maior do que a demanda da planta. O excesso de Ca nos tecidos, por exemplo, induz a planta utilizar mecanismos de controle da sua concentração celular. Alguns desses mecanismos são o armazenamento do Ca no vacúolo e nos idioblastos, células especializadas onde ocorre a precipitação do Ca com oxalato, formando cristais de oxalato de cálcio, chamados de ráfides. Os idioblastos estão presentes nas raízes, folhas, pecíolos e frutos (KELLER, 2020).

Em nosso estudo, 50% das lavouras apresentaram excesso de Ca nas folhas (Tabela 2). Isso pode ter se propagado para os frutos e facilitado a formação de oxalatos de Ca, em detrimento a formação dos pectatos de Ca, sugerindo que a obtenção de um índice de balanço nutricional no fruto seja mais adequado para avaliar essa correlação do que índice de balanço nutricional obtido na folha. Outrossim, o fracionamento das diferentes formas de Ca no fruto pode também elucidar melhor essa correlação nutricional com a concentração de Ca-ligado no fruto.

Não foi observada correlação entre a concentração de Ca-ligado e a concentração dos nutrientes nos frutos da videira (Tabela 3). A determinação dos nutrientes nos frutos ocorreu na fase de colheita, não em função do tempo, e alguns trabalhos mostraram que a concentração de Ca no fruto nessa fase não altera a concentração de Ca-ligado (MANGANARIS et al., 2007; MICHAILIDIS et al., 2017). Michailidis et al. (2017), ao comparar cerejeiras tratadas com CaCl_2 com o controle, não encontraram diferenças na concentração de Ca-ligado determinado na fase de colheita. Manganaris et al. (2007) também constataram esse mesmo comportamento em frutos de pêsego.

Além disso, é importante ressaltar que nem todo o Ca do fruto está localizado nas pectinas da parede celular, podendo estar armazenado no vacúolo e nos idioblastos (KELLER, 2020). Oliveira et al. (2006) obtiveram porcentagens de Ca-ligado e de Ca-total variando de 0,10 a 0,14 e de 0,09 a 0,11%, respectivamente, em frutos de pequi. É possível que essa

característica do Ca possa explicar o porquê de não haver correlação da concentração de Ca-ligado com a concentração de Ca no fruto. Alguns trabalhos na literatura mostraram que isso é devido ao pouco efeito da aplicação de Ca no aumento da concentração da pectina, quando avaliada na colheita (MANGANARIS et al., 2007; MICHAILIDIS et al., 2017). Portanto, são necessários trabalhos futuros para avaliar se essa baixa correlação na fase de colheita, também se expressaria nas avaliações de pós-colheita, porque o Ca armazenado no vacúolo e nos idioplastos pode ser fonte desse nutriente, passível de ser incorporada a parede celular durante o armazenamento dos frutos.

Bonomelli et al. (2018) validaram um método de fracionamento de Ca em frutos da cultivar Thompson Seedless e encontraram valores de 1,85 mg 100 g⁻¹ de Ca-ligado tanto na colheita, como na pós-colheita, bem como 0 e 0,17 mg 100 g⁻¹ de oxalato de Ca na colheita e na pós-colheita, respectivamente. Pesquisas futuras poderiam avaliar se é possível que essa concentração de oxalato de Ca disponibilize Ca para ser incorporado a parede celular do fruto.

Houve correlação positiva entre N e Mg (p<0,05), P e Mg (p<0,05), Fe e Ca (p<0,05), Fe e Mg (p<0,05), Fe e Cu (p<0,01), Mn e P (p<0,05) e Mn e Zn (p<0,01). Entre Mn e Cu (p<0,01), a correlação foi negativa (Tabela 3).

Tabela 3 – Correlação de Spearman da concentração de Ca-ligado com as concentrações totais dos nutrientes em frutos da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco

	Ca-ligado	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Ca-ligado	-	-0,029	0,205	-0,124	0,322	0,066	0,085	-0,003	0,268	-0,172	0,079	0,345
N	-	-	0,412	0,281	-0,069	0,484*	0,332	0,068	-0,165	0,363	0,092	0,052
P	-	-	-	0,123	-0,128	0,451*	0,203	-0,167	-0,428	0,465*	0,240	-0,286
K	-	-	-	-	-0,256	0,326	0,232	0,168	0,218	-0,252	-0,182	-0,201
Ca	-	-	-	-	-	0,001	-0,284	0,530*	0,273	-0,257	0,108	0,340
Mg	-	-	-	-	-	-	0,436	0,487*	0,062	0,114	-0,285	0,226
S	-	-	-	-	-	-	-	0,182	0,164	-0,092	-0,318	-0,009
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0,580**	-0,405	-0,204	0,283
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,833**	-0,419	0,223
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,487*	-0,170
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,105
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Significativo a $p < 0,05$. **Significativo a $p < 0,01$.

O Mg tem como uma de suas funções o papel de ativador enzimático, sendo cofator de muitas das enzimas fosforilativas, ligando o ADP ou ATP a molécula da enzima (LIMA et al., 2018). Essa função é muito importante também para o fruto, pois é necessária a transferência de energia para o processo de respiração (assim como o Fe), por exemplo, além da síntese de carboidratos, proteínas e lipídeos. O Mn pode substituir o Mg nas reações de transferências de grupos fosfatados. O Mg também influencia o metabolismo do N, pois o Mg é essencial para a síntese de proteína, ativação dos aminoácidos e as suas transferências para formar a cadeia polipeptídica (LIMA et al., 2018). Isso pode explicar a correlação positiva do Mg com P, Mn, N e Fe (Tabela 3).

Fe e Cu são nutrientes sinérgicos, pois algumas funções exercidas por proteínas compostas por Cu, podem também ser realizadas por proteínas compostas por Fe (YRUELA, 2009). Um exemplo disso é que na falta de Cu, a enzima Cu/Zn superóxido dismutase tem sua atividade reduzida e sua função é substituída pela superóxido dismutase dependente de Fe (DECHEN et al., 2018). As bagas funcionam como dreno de Cu e no momento da colheita, cerca de um terço da concentração de Cu está no cacho, devido a sua importância para o metabolismo antioxidativo e para outras funções, como por exemplo, a percepção da síntese de etileno e para o metabolismo da parede celular (PRADUBSUK; DAVENPORT, 2011; KELLER, 2020). Brown et al. (1995) mostraram que a aplicação conjunta de Fe e Ca no fruto resultou na redução da ocorrência de rachamento da cereja.

Assim como Cu e Zn, o Mn também faz parte da estrutura de enzimas antioxidativas, como a superóxido dismutase e a catalase (KELLER, 2020). Seus efeitos na qualidade dos frutos não são muito estudados. Ekinci (2018) mostrou que a adubação foliar com Mn promoveu o aumento na concentração do ácido poligalacturônico em frutos de pêssegos.

A concentração de Ca-ligado não apresentou correlação com a firmeza da baga, apesar do Ca ser o nutriente mais associado a qualidade do fruto e, em especial, a firmeza da polpa (Tabela 4). Entretanto, segundo Siddiqui e Bangerth (1995), a aplicação de Ca em pré-colheita nem sempre resulta em maior firmeza do fruto na colheita. Contudo, pode promover o prolongamento da firmeza da polpa durante o seu armazenamento. Os autores constataram que isso ocorreu após o armazenamento dos frutos de maçã nas plantas tratadas com aplicação de CaCl_2 , porque a concentração de pectina só foi alterada na pós-colheita.

Tabela 4 – Correlação de Spearman da concentração de Ca-ligado com peso da baga (PB), diâmetro da baga (DB), comprimento do cacho (CC), firmeza, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), razão SS/AT (SS/AT) e matéria seca (MS) de frutos de videiras cultivadas no Vale do Submédio São Francisco

	Ca-ligado	PB	DB	CC	Firmeza	AT	SS	SS/AT	MS
Ca-ligado	-	-0,478*	-0,179	-0,223	-0,248	0,507*	-0,202	-0,57**	0,411
PB	-	-	0,653**	0,414	0,527*	-0,385	0,063	0,46*	-0,652**
DB	-	-	-	0,329	0,570**	-0,193	0,186	0,28	-0,381
CC	-	-	-	-	0,412	-0,515*	-0,153	0,23	-0,378
Firmeza	-	-	-	-	-	-0,274	0,243	0,47*	-0,211
AT	-	-	-	-	-	-	0,252	-0,44*	0,595**
SS	-	-	-	-	-	-	-	0,66**	0,423
SS/AT	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,04
MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Significativo a $p < 0,05$. **Significativo a $p < 0,01$.

Jain et al. (2019) observaram efeito da aplicação de CaCl_2 em pós-colheita em frutos de *Ziziphus mauritiana* Lamk. e os efeitos foram mais observados no armazenamento dos frutos. Os autores constataram a redução do amaciamento dos frutos ao longo do tempo de armazenamento. Os autores atribuíram essa redução ao Ca, que preserva a integridade da parede celular e retarda a atividade de enzimas responsáveis pela degradação, como a poligalacturonase e a pectinametilesterase. Dessa forma, o efeito do Ca na firmeza do fruto foi constatado apenas no armazenamento do fruto.

Em frutos de damasco, Liu et al. (2017) constataram o aumento de diferentes formas de pectina (solúvel em água, solúvel em carbonato de sódio e solúvel em quelato) após tratamento com CaCl_2 , principalmente no tratamento de maior teor (3% de CaCl_2). Contudo, esse maior acúmulo de pectina no tratamento de 3% de CaCl_2 não resultou em maior firmeza do fruto, sendo o tratamento de 1% de CaCl_2 mais eficiente na manutenção da firmeza do fruto em pós-colheita.

Nesse estudo, a concentração de Ca-ligado pode não ter apresentado correlação com a firmeza da baga pela interferência de outros nutrientes, como excesso de B, K, Mg, N e do próprio Ca, como observado no diagnóstico nutricional das lavouras (Tabela 2). O excesso de K e N no fruto podem reduzir a qualidade do fruto, principalmente com relação a sua textura (BENAVIDES et al., 2002), enquanto o B apresenta sinergismo com o Ca, podendo substituí-lo na parede celular. Assim, outros fatores podem ter influenciado mais a firmeza da baga do que a concentração de Ca-ligado.

A concentração de Ca-ligado correlacionou-se positivamente com a acidez titulável (AT) (Tabela 4). Alguns autores relataram o aumento da AT com a aplicação de Ca, que pode interferir na concentração de Ca-ligado (MIRSHEKARI; MADANI, 2018; RANJBAR et al., 2018). Mirshekari e Madani (2018) observaram aumento da AT em frutos de mamão, após a aplicação de Ca. Ranjbar et al. (2018) discutiram que o aumento da AT em frutos tratados com Ca foi devido a diminuição da taxa de amaciamento do fruto, que influencia a ação da enzima glicolítica, resultando na preservação dos ácidos. O mesmo foi encontrado por Liu et al. (2017), em que os tratamentos com a aplicação de 1% e de 3% de CaCl_2 em pós-colheita resultaram no retardamento da diminuição da AT e, conseqüentemente, no atraso do aumento dos SS.

A razão SS/AT apresentou correlação negativa e significativa com a concentração de Ca-ligado, possivelmente pelo fato do Ca ter influência na AT, pela redução da oxidação dos ácidos. Assim, esse resultado sugere que, no momento da colheita, maiores concentrações de Ca-ligado resultam em valores elevados de AT e, por consequência, menores valores de SS. Como a AT faz parte do denominador da razão SS/AT, a relação entre SS/AT e Ca-ligado é negativa. Já na pós-colheita, Belge et al. (2017) constataram maiores razões SS/AT em frutos de cereja tratados com CaCl_2 , porque durante o armazenamento, a tendência é a redução da AT e o aumento de SS. Dessa forma, maiores concentrações de Ca no fruto sugerem a manutenção do sabor por mais tempo.

A razão SS/AT também se correlacionou com AT e SS, por serem componentes dessa medida de qualidade e sabor do fruto. Além disso, a razão SS/AT ainda apresentou correlação positiva com PB e com a firmeza. A acumulação de solutos e sólidos solúveis influencia no teor de água do fruto, o qual tem relação com o peso da baga (KELLER, 2020). Por sua vez, o teor de água da baga influencia na turgidez das células, que tornam o fruto mais ou menos firme, dependendo do seu grau de turgidez. Belge et al. (2017) observaram redução da desidratação de frutos tratados com 3% CaCl_2 e menor perda de massa, o que resultou em frutos mais firmes em pós-colheita.

A concentração de Ca-ligado correlacionou-se negativamente com o peso da baga (Tabela 4). Como não houve correlação entre a concentração de Ca-ligado e a concentração de Ca no fruto (Tabela 3), é possível que isso tenha influenciado no fato do Ca-ligado ter correlação negativa com o peso da baga. Isso porque o Ca está relacionado com a divisão e a expansão celular (TAIZ et al., 2017), resultando no aumento do peso do fruto. Muengkaew et al. (2018) encontraram aumento do peso, comprimento e largura de frutos de manga após a aplicação foliar de Ca e B. Bonomelli e Ruiz (2010) não encontraram diferença no peso do cacho de

plantas de videiras que receberam Ca, comparadas ao controle. Contudo, os autores constataram baixo conteúdo de matéria seca e atribuíram esse efeito ao aumento da concentração de Cl^- , que pode aumentar o fluxo de água para as bagas.

Contudo, a firmeza da baga apresentou correlação positiva com o peso e o diâmetro da baga (Tabela 4). Bonomelli e Ruiz (2010) observaram aumento do tamanho da baga e associaram ao conteúdo de água na baga, que provoca maior turgidez as células. O Vale do Submédio São Francisco é uma região de altas temperaturas durante a maior parte do ano e com elevada taxa de evaporação, cerca de 2600 a 3000 $mm\ ano^{-1}$ (TEIXEIRA, 2010). Esse alto valor de evaporação, estimula a transpiração da planta e o consumo de água, que pode ter influenciado a turgidez das células e, conseqüentemente, o diâmetro e o peso da baga. O diâmetro da baga pode ter influenciado o acúmulo de matéria seca, em concordância com Bonomelli e Ruiz (2010).

A análise de componentes principais mostrou que a concentração de Ca-ligado está bastante relacionada com a matéria seca (MS) do fruto (Figura 3), pois a maior estabilidade da parede celular, impede a perda de massa (MANDANI et al., 2015). Além disso, a concentração de Ca-ligado correlacionou-se com a concentração de B no fruto e um pouco menos com a concentração de B na folha. O B atua no acúmulo de carboidratos e interfere no metabolismo do Ca, promovendo sua absorção, seu transporte e determinando a razão de K e Ca na planta (MUENGKAEW et al., 2018). Esses mesmos autores constataram a redução do amaciamento da polpa em frutos de manga, após tratamento com aplicação foliar de Ca e B, concomitante com a redução da atividade da poligalacturonase e da pectinametilesterase. De maneira geral, em nosso estudo pode-se afirmar que a concentração de Ca-ligado correlacionou-se mais com as concentrações dos nutrientes no fruto (Tabela 3), correlacionou-se muito pouco com as concentrações dos nutrientes na folha (Tabela 2) e não correlacionou-se com as concentrações dos nutrientes no solo (Tabela 1).

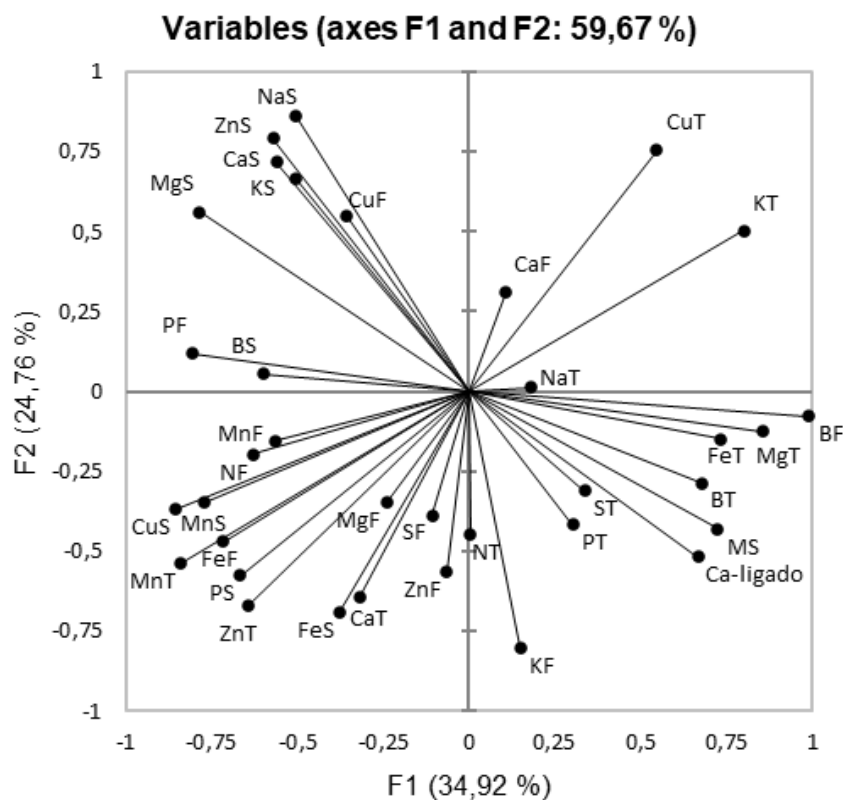


Figura 3 – Análise de componentes principais da concentração de Ca-ligado e da concentração dos nutrientes no solo, na folha e no fruto de lavouras de videira cultivadas no Vale do Submédio São Francisco. Concentrações no solo: Na (NaS), Cu (CuS), Zn (ZnS), Ca (CaS), Mg (MgS), K (KS), B (BS), P (PS), Mn (MnS), Fe (FeS); concentrações na folha: N (NF), Cu (CuF), Zn (ZnF), Ca (CaF), Mg (MgF), K (KF), B (BF), P (PF), Mn (MnF), Fe (FeF), S (SF); concentrações no fruto: Na (NaT), N (NT), Cu (CuT), Zn (ZnT), Ca (CaT), Mg (MgT), K (KT), B (BT), P (PT), Mn (MnT), Fe (FeT), S (ST); matéria seca (MS); Ca-ligado

A baixa correlação da concentração de Ca-ligado com os nutrientes no solo pode dever-se ao fato de que nem todos os nutrientes estão em equilíbrio no solo, que interfere na absorção dos nutrientes, evidenciando a importância de a análise foliar e ainda mais da análise dos frutos (BRUNETTO et al., 2020). Além disso, a concentração de Ca na folha não se correlacionou com a concentração de Ca no fruto, nem com a concentração de Ca-ligado (Figura 3). Isso evidencia a baixa mobilidade do Ca na planta e também ao fato de que apenas uma fração do Ca no fruto está ligada a pectina da parede celular, podendo estar outras frações (Ca solúvel e na forma de oxalato de Ca) (BONOMELLI et al., 2018). Além disso, as diferenças dos momentos de avaliação da folha (no florescimento) e do fruto (na colheita) podem ter influenciado na ausência de correlação das concentrações de Ca na folha, no fruto e de Ca-ligado.

A complexidade do metabolismo do Ca na planta e, em especial, no fruto, suas diversas frações, seu transporte, seus efeitos na qualidade da colheita e pós-colheita do fruto ainda não são completamente compreendidas. Além disso, os trabalhos da literatura não relacionam a concentração de Ca-ligado e a qualidade do fruto com o equilíbrio nutricional da planta. Estudos mais complexos precisam ser realizados, principalmente que envolvam essa integração de nutrientes (solo, folha e fruto com a concentração de Ca-ligado), visando maximizar a qualidade do fruto e a comercialização no pós-colheita.

5.4 Conclusões

O Ca-ligado apresentou correlação negativa com o IBNm, indicando que a nutrição das lavouras não foi o principal fator responsável pela maior concentração de Ca-ligado nos frutos. O Ca-ligado correlacionou-se positivamente com a acidez titulável e não apresentou correlação com a firmeza da baga. A análise de componentes principais mostrou que o Ca-ligado se correlacionou com a concentração de nutrientes no fruto e com a matéria seca, mas não com os nutrientes no solo e na folha. Esses resultados evidenciam a baixa mobilidade do Ca na planta e indicaram que apenas uma fração do Ca no fruto apresenta função estrutural na colheita. A nutrição do fruto é mais importante na concentração de Ca-ligado do que o equilíbrio nutricional realizado nas folhas, sugerindo que no manejo de nutrientes se priorize a nutrição do fruto e o acúmulo de matéria seca. A adaptação de um método diagnóstico de nutrientes, como o DRIS no fruto pode ser uma alternativa para futuros estudos nutricionais em videiras.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em:<<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>>. Acesso em: 28 dez 2020.

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R. Nutrição e adubação. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. cap. 10, p. 431-480.

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em:<<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORT&FRUTI 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p. Disponível em:<<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>>.

AOAC. **Officials methods of analysis**. 14. ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemist, 1984.

BEAUFILS, E. R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132 p. (Soil Sci. Bulletin, 1).

BELGE, B.; GOULAO, L. F.; COMABELLA, E.; GRAELL, J.; LARA, I. Refrigerated storage and calcium dips of ripe 'Celeste' sweet cherry fruit: Combined effects on cell wall metabolism. **Scientia Horticulturae**, v. 2019, p. 182-190, 2017. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.039>>.

BENAVIDES, A.; RECASENS, I.; CASERO, T.; SORIA, Y.; PUY, J. Multivariate analysis of quality and mineral parameters on Golden Smoothie apples treated before harvest with calcium and stored in controlled atmosphere. **Food Science and Technology International**, v. 8, n. 3, p. 139-146, 2002. Disponível em:<<https://doi.org/10.1106/108201302026164>>.

BONOMELLI, C.; ARIAAS, M. I.; VILLALOBOS, L. Adaptation and validation of a methodology for the measurement of calcium fractions in fruits. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 6, p. 735-744, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1435681>>.

BONOMELLI, C.; RUIZ, R. Effects of foliar and soil calcium application on yield and quality of table grape cv. 'Thompson Seedless'. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 3, p. 299-314, 2010. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/01904160903470364>>.

BROWN, G.; WILSON, S.; BOUCHER, W.; GRAHAM, B.; McGLASSON, B. Effects of copper-calcium sprays on fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium*). **Scientia Horticulturae**, v. 62, n. 1-2, p. 75-80, 1995. Disponível em:<[https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)00746-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)00746-3)>.

BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V de; KULMANN, M. S. de S.; TAINARI, A.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; ROZNE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; DE CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K. de; BEM, B. P. de. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00047-2>>.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R.; CARMELLO, Q. A. de C.; SANTOS, L. A.; SPERANDIO, M. V. L. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. (Eds.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2018. 670 p.

DONG, Y.; ZHANG, S.; WANG, Y. Compositional changes in cell wall polyuronides and enzyme activities associated with melting/mealy textural property during ripening following long-term storage of ‘Comice’ and ‘d’Anjou’ pears. **Postharvest Biology and Technology**, v. 135, p. 131-140, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.09.010>>.

EKINCI, N. Foliar spray nutrients effects fruit quality, polygalacturonic acid (pectin) content and storage life of peach in Turkey. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 16, n. 1, 749-759, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1601_749759>.

GULBAGCA, F.; BURHAN, H.; ELMUSA, F.; SEN, F. Calcium nutrition in fruit crops: Agronomic and physiological implications. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00014-9>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica: SUDENE-DRN, 1972-1973. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/331168>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1976. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335789>>.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. e; MONTENEGRO, J. O.; FORMIGA, R. A.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1977-1979. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335822>>.

JAIN, V.; CHAWLA, S.; CHOUDHARY, P.; JAIN, S. Post-harvest calcium chloride treatments influence fruit firmness, cell wall components and cell wall hydrolyzing enzymes of Ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) fruits during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, p. 4535-4545, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03934-z>>.

JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981.

KANPURE, R. N.; MANDLOI, D. S.; ANJANAWE, S. R.; KACHOULI, B. Growth, yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) augmented by foliar application of phosphorus and micronutrients. **Ecology, Environment and Conservation Paper**, v. 22, p. 7-11, 2016.

KELLER, M. **The science of grapevines**. London: Academic Press, 2020. 554 p. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/C2017-0-04744-4>>.

KURT, A.; TORUN, H.; COLAK, N.; SEILER, G.; HAYIRLIOGLU-AYAZ, S.; AYAZ, F. A.. Nutrient profiles of the hybrid grape cultivar 'Isabel' during berry maturation and ripening. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 8, p. 2468-2479, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jsfa.8061>>.

LEÃO, P. C. de S.; SILVA, D. J. Cultivo da videira no Seminário brasileiro. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. Lavras: UFLA, 2014. 578-618 p. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1006644/1/CultivodefruteirasdeclimaCultivodefruteirasdeclimatemperadoemregi2014c.15p.578618.pdf>>.

LIMA, E.; VITTI, G. C.; SANTOS, L. A.; CICARONE, F. Cálcio e magnésio. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 2 ed. Viçosa: SBSC, 2018.

LIU, H.; CHEN, F.; LAI, S.; TAO, J.; YANG, H.; JIAO, Z. Effects of calcium treatment and low temperature storage on cell wall polysaccharide nanostructures and quality of postharvest apricot (*Prunus armeniaca*). **Food Chemistry**, v. 225, p. 87-97, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.008>>.

LIU, H.; CHEN, F.; YANG, H.; YAO, Y.; GONG, X.; XIN, Y.; DING, C. Effect of calcium treatment on nanostructure of chelate-soluble pectin and physicochemical and textural properties of apricot fruits. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 1131–1140, 2009. Disponível: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.014>>.

MADANI, B.; WALL, M.; MIRSHEKARI, A.; BAH, A.; MOHAMED, M. T. M. Influence of calcium foliar fertilization on plant growth, nutrient concentrations, and fruit quality of papaya. **American Society for Horticultural Science**, v. 25, n. 4, p. 496-504, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.4.496>>.

MANGANARIS, G. A.; VASILAKAKIS, M.; DIAMANTIDIS, G.; MIGNANI, I. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of 4 peach fruits. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1385–1392, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.036>>.

MICHAILIDIS, M.; KARAGIANNIS, E.; TANOU, G.; KARAMANOLI, K.; LAZARIDOU, A.; MATSI, T.; MOLASSIOTIS, A. Metabolomic and physico-chemical approach unravel dynamic regulation of calcium in sweet cherry fruit physiology. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 116, p. 68-79, 2017. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.05.005>>.

MIRSHEKARI, A.; MANDANI, B. Effects of calcium spraying to the leaves and fruits on postharvest physiological characteristics of papaya fruits. **Acta Horticulturae**, v. 1208, p. 409-416, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1208.56>>.

MUENGKAEW, R.; WHANGCHAI, K.; CHAIPRASART, P. Application of calcium-boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 59, p. 537-546, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1007/s13580-018-0059-2>>.

OLIVEIRA, M. N. S. de; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S.; Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000300010>>.

PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 2, p. 559-572, 1901.

PRADUBSUK, S.; DAVENPORT, J. R. Seasonal distribution of micronutrients in mature 'Concord' grape: boron, iron, manganese, copper, and zinc. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 136, n. 1, p. 69-77, 2011. Disponível em:<<https://doi.org/10.21273/JASHS.136.1.69>>.

RANJBAR, S.; RAHEMI, M.; RAMEZANIAN, A. Comparison of nano-calcium and chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 57-67, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.035>>.

SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Differential effect of calcium and strontium on flesh firmness and properties of cell walls in apples. **Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 6, p. 949-953, 1995. Disponível em:<<https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515370>>.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, p. 72-101, 1904. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.2307/1412159>>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artemed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA – 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233). Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/883657>>.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

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.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação e Diagnóstico da Composição Nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 63-72, 2007.

YAMAMOTO, E. L. M.; FERREIRA, R. M. de A.; FERNANDES, P. L. de O.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 49-55, 2011. Disponível em:<<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/789/715>>.

YU, J.; ZHU, M.; BAI, M.; XU, Y.; FAN, S.; YANG, G. Effect of calcium on relieving berry cracking in grape (*Vitis vinifera* L.) ‘Xiangfei’. **PeerJ**, v. 8, 2020. Disponível em:<<http://doi.org/10.7717/peerj.9896>>.

YRUELA, I. 2009. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, v. 36, n. 5, p. 409-430, 2009. Disponível em:<<https://doi.org/10.1071/FP08288>>.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 227-234, 2005.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v. 6, p. 149-188, 1987.

ZIOGAS, V.; MICHAELIDIS, M.; KARAGIANNIS, E.; TANOU, G.; MOLASSIOTIS, A. Manipulating fruit quality through foliar nutrition. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. Elsevier, 2020. 776 p. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00029-0>>.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ampla variação das concentrações dos micronutrientes, principalmente, nas populações de alta e baixa produtividades, resultou em elevados coeficientes de variação. Assim, as relações duais entre os nutrientes que envolveram micronutrientes apresentaram altos coeficientes de variação e, das 55 relações selecionadas como normas DRIS, 11 não apresentaram distribuição normal. A maioria dessas relações envolveram Fe, Cu e Zn.

Os métodos DRIS, M-DRIS e CND apresentaram elevada porcentagem de concordância dos diagnósticos nutricionais, sendo de 50% e 60% apenas para o Mg entre os métodos DRIS x CND e M-DRIS x CND, respectivamente.

A avaliação do estado nutricional das lavouras de videira, pelo DRIS, permitiu o ordenamento dos nutrientes, da deficiência ao excesso. Mn, Zn e Cu foram os nutrientes que mais tiveram diagnósticos de deficiência, enquanto Ca, B, K, Mg e N tiveram diagnósticos de excesso.

A correlação entre a concentração de Ca-ligado no fruto e o IBNm foi negativa, indicando que plantas mais desequilibradas nutricionalmente apresentaram maior concentração de Ca-ligado. Além disso, não houve correlação da concentração de Ca no fruto com a concentração de Ca-ligado na colheita, evidenciando que o Ca no fruto está distribuído em várias frações, com apenas uma parte destinada a função estrutural.

A falta de correlação entre a concentração de Ca-ligado no fruto e as concentrações dos nutrientes no solo e na folha, inclusive do Ca, mostraram que o manejo nutricional é complexo e que nem sempre o equilíbrio nutricional e produtividade estão relacionados com maior qualidade do fruto, com ênfase para a concentração de Ca-ligado e suas funções no fruto.