

EVERLAN FAGUNDES

**FITORREGULADORES NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE, ASPECTOS FISIOLÓGICOS E
NUTRICIONAIS EM VIDEIRAS *Vitis vinifera*.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em
Produção Vegetal do Centro de Ciências
Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa
Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau
de doutor em Produção Vegetal

Orientadora: Prof. Dra. Aike Anneliese Kretzschmar

LAGES, SC

2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Fagundes, Everlan
Fitorreguladores no crescimento, produtividade, aspectos
fisiológicos e nutricionais em videiras *Vitis vinifera*. / Everlan
Fagundes. -- 2020.
124 p.

Orientadora: Aike Anneliese Kretschmar
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal, Lages, 2020.

1. Reguladores de crescimento. 2. Crescimento vegetativo. 3.
Nutrição mineral. I. Kretschmar, Aike Anneliese . II. Universidade
do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

EVERLAN FAGUNDES

**FITORREGULADORES NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE, ASPECTOS FISIOLÓGICOS E
NUTRICIONAIS EM VIDEIRAS *Vitis vinifera*.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Orientadora: _____

Prof. Dra. Aike Anneliese Kretzschmar
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Membro Interno: _____

Dr^a Francine Regianini Nerbass
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro Interno: _____

Dr^a Alberto Ramos da Luz
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro Externo: _____

Dr. André Luiz Kulkamp de Souza
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI
Videira-SC

Membro Externo: _____

Dr. André Amarildo Sezerino
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI
Caçador-SC

Lages, julho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por iluminar meus passos todos os dias não me deixando desistir.

À minha orientadora, prof^a. Dr^a. Aike Anneliese Kretzschmar, pela confiança, oportunidades e experiências transmitidas;

A Vinícola Santa Augusta, por ceder a área de estudo e ao Engenheiro Agrônomo Alessandro César Paviani pelas ajudas constantes, conselhos durante a realização da pesquisa e por confiar em meu trabalho.

A Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, aos professores e demais colaboradores, pela infraestrutura e qualidade de ensino;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

Aos pesquisadores da Epagri, Doutores Anderson Fernando Wamser, Juracy Caldeira Lins Junior, Leandro Hahn, Maraisa Crestani Hawerth, Marcelo Couto e Marcus Vinicius Kvitschal pela ajuda em todas as etapas da pesquisa;

Aos Pesquisadores Dr^a. Bianca Schveitzer e João Peterson Pereira Gardin pela disponibilidade dos Laboratórios para realização de análises e pela disponibilidade de sempre para tirar dúvidas;

Aos Pesquisador Doutores Fernando José Hawerth, André Amarildo Sezerino e Janaína Pereira dos Santos pelo incentivo, orientações e amizade.

Ao pesquisador José Luiz Petri que foi muitas vezes orientador e companheiro na realização dos trabalhos de campo e de laboratório, incentivador e o exemplo que tento sempre seguir, sem ele esse estudo não seria possível;

As amigas Adrielen Tamiris Canossa, Jéssica Lövk e Gabriela Baú, por estarem sempre dispostas a me ajudar no trabalho.

A toda equipe do IFSC – São Lourenço do Oeste pela oportunidade, carinho e toda a experiência transmitida.

A minha namorada, Mônica, pelo apoio e incentivo constante. Pelo auxílio nas avaliações de experimento. Pelo amor, carinho, cuidados diários e por estimular o meu crescimento pessoal e profissional.

À minha família, que sempre acreditou nos meus sonhos, em especial aos meus pais, Laudeny e Irene, pelo apoio, carinho e incentivo. Vocês foram a melhor equipe de pesquisa e são os maiores responsáveis por essa conquista. Ao meu irmão Eliezer, também pelo apoio.

A todos que de alguma forma contribuíram com a realização desse trabalho.

FAGUNDES, Everlan. **FITORREGULADORES NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE, ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS EM VIDEIRAS *Vitis vinifera***. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, CAV-UDESC, Lages, SC, 2020.

RESUMO

O manejo do dossel vegetativo em videiras é essencial em condições que favorecem o crescimento vegetativo. O uso de reguladores de crescimento pode reduzir o crescimento das plantas, reduzir o trabalho de poda e facilitar o manejo, sem deixar de lado o aspecto nutricional e a qualidade é essencial. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes reguladores de crescimento sobre o desenvolvimento vegetativo, produtivo e características físico-químicas e minerais da uva ‘Cabernet Sauvignon’. O experimento foi realizado em vinhedo localizado no município de Videira, Santa Catarina, nas safras de 2016/2017 a 2018/19. Foram utilizadas plantas do cultivar Cabernet Sauvignon, *Vitis vinifera* L., com 6 anos, enxertadas sobre os porta-enxertos ‘VR 043-43’. Foram testados os reguladores de crescimento Proexadiona cálcica (PCa), Trinexapaque-etílico (TE), e a combinação de Etefon e ácido naftaleno acético (ANA) em diferentes épocas, concentrações e número de aplicações, durante 3 ciclos. Em condições que proporcionam alto vigor, como as que o vinhedo se encontra, as plantas de videira não reduzem satisfatoriamente o vigor com a aplicação dos fitorreguladores nas concentrações e número de aplicações estudadas. O índice Ravaz observado no vinhedo foi baixo e as aplicações dos reguladores proporcionaram uma redução ainda maior nos dois últimos anos quando o PCa e TE foram aplicados no pleno florescimento. Os mesmos tratamentos reduziram a massa média dos cachos pela redução da altura e massa média das bagas, o que pode ter contribuído para a descompactação do cacho e o aumento do teor de antocianinas, polifenóis em tratamentos com PCa. Não houve aumento no teor de sólidos solúveis pelo tratamento com os diferentes reguladores de crescimento em comparação com o tratamento testemunha, alguns tratamentos como o PCa, em concentrações acima de 28g, e o TE na plena floração apresentaram menor conteúdo de sólidos solúveis em 2017/18 e 2018/19. O ETH 100 ml + ANA 33 ml aplicado no despoite aumentou de antocianinas. As concentrações dos nutrientes N, P e Mg foram aumentadas pela aplicação de Etefon 100 ml + ANA 3,3 ml no despoite, PCa 28 g na brotação (+ 3 a cada 10 dias) e PCa 84 g no pleno florescimento, respectivamente, em anos isolados. Nenhum dos reguladores de crescimento testados reduziu a extração de nutrientes pelas bagas em videiras ‘Cabernet Sauvignon’.

Palavras-chave: Reguladores de crescimento, Crescimento vegetativo, Nutrição mineral.

FAGUNDES, Everlan. **PLANT GROWTH REGULATORS ON GROWTH, PRODUCTIVITY, PHYSIOLOGICAL AND NUTRICIONAL ASPECTS OF GRAPEVINES *Vitis vinifera***. Thesis (Doctorate in Plant Production) - Center for Agricultural Sciences, Santa Catarina State University, CAV-UDESC, Lages, SC, 2020.

ABSTRACT

The management of the vegetative canopy in vines is essential in conditions that favor vegetative growth. Using plant growth regulators to reduce excessive plant growth, reducing pruning labor and facilitating the management, without neglecting the nutritional aspect and quality is essential. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effectiveness of different plant growth regulators on the vegetative, productive development and physical-chemical and mineral characteristics of the grapevine 'Cabernet Sauvignon'. The experiment was carried out in a vineyard located in the municipality of Videira, Santa Catarina, in the 2016/2017 to 2018/19 seasons. Plants from the cultivar 'Cabernet Sauvignon', *Vitis vinifera* L., at the age of 6, grafted onto the rootstocks 'VR 043-43'. We tested the growth regulators Prohexadione calcium (PCa), Trinexapaque-ethyl (TE), and the combination of Etefon and naphthalene acetic acid (ANA) at different times, concentrations and number of applications, during 3 cycles. Under conditions that provide high vigor, such as those found in the vineyard, grapevines do not satisfactorily reduce vigor with the application of plant growth regulators in the concentrations and number of applications studied. The Ravaz index observed in the vineyard was low and the applications of the growth regulators provided an even greater reduction in the last two years with PCa and TE applied in full bloom. The same treatments reduced the average mass of the clusters by reducing the height and average mass of the berries, which may have contributed to the reduction on cluster compactness and increased the content of anthocyanins, polyphenols with PCa treatments. There was no increase in the soluble solids content due to the treatment with the different growth regulators in comparison with the control treatment, some treatments such as PCa, in concentrations above 28g, and the TE at full bloom showed a lower soluble solids content in 2017/18 and 2018/19. The ETH 100 ml + ANA 33 ml applied at the shoot tipping period increased anthocyanins. The concentrations of nutrients N, P and Mg were increased by the application of Etefon 100 ml + ANA 3.3 ml in the shoot tipping period, PCa 28 g at sprouting (+ 3 every 10 days) and PCa 84 g at full bloom, respectively, in isolated years. None of the tested plant growth regulators reduced the extraction of nutrients from 'Cabernet Sauvignon' berries.

Key words: Phytohormones, Vegetative growth, Mineral nutrition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Ciclo do desenvolvimento reprodutivo de videira em 2 anos, mostrando os diferentes estágios de floração e as duas fases características do desenvolvimento da uva. O início e o final dos estágios de fenologia e colheita podem variar significativamente dependendo da região, clima, cultivar e manejo. As fases pré e pós-veraison são referidas como a fase de formação da baga e a fase de maturação da baga.....26
- Figura 2** – Desenvolvimento reprodutivo da videira: (A) posição dos cachos nas varas das variedades Sultana e Riesling - o primeiro cacho de Sultana (S) e o último cacho de Riesling (R) estão no sexto nó (N6) de uma vara de segundo ano, contando a partir da base de vara; (RL), vara Riesling com folhas; (B) gema latente na base de um ramo lateral que se desenvolveu a partir de uma gema axilar na base de uma folha; (C) aproximação da gema latente; (D) corte longitudinal de uma gema latente de Sultana mostrando gemas latentes primária (PB), secundária (SB) e terciária (TB); (E) secção transversal de uma gema latente primária de Sultana mostrando uma inflorescência imatura (IF) à esquerda e um meristema apical de um ramo (SAM) à direita.....27
- Figura 3** – Curva duplo-sigmóide de crescimento de bagas Cabernet Sauvignon ao longo de 3 anos.30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Comprimento médio dos sarmentos (cm) (CMS), número médio de entrenós (NME), comprimento médio de entrenós (CME) e massa de sarmentos na poda (kg^{-1}) (MSP) do cultivar Cabernet Sauvignon tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.....66
- Tabela 2** - Área foliar (cm^2) (AF), Área foliar total (m^2) (AFT), comprimento da folha (cm) (CF) e altura da folha (cm) (AF) do cultivar Cabernet Sauvignon tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.....67
- Tabela 3** - Massa fresca foliar (g) (MFF), teor relativo de clorofila (CLOR), índice Ravaz (RAVAZ) e índice de fertilidade (FERT) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19..... 68
- Tabela 4** – Variáveis produtivas do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.....70
- Tabela 5** - Taxa de fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (FOTO), condutância para H_2O ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (COND), taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (TRAN) e conteúdo de CO_2 intercelular ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) (CCO) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 e 2017/18.....71
- Tabela 6** – Massa média dos cachos (g) (MMC), número de bagas por cacho (NBC), diâmetro (DB) e altura da baga (cm) (AB) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19..... 86
- Tabela 7** – Altura de cacho (cm) (AC), comprimento do cacho (cm) (CC), massa fresca e seca da rãquis (g) (MF) e (MS), índice de compactação (IC), da videira do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19..... 87
- Tabela 8** – Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) (SS), acidez total (meq L^{-1}) (AT) e pH do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19..... 88
- Tabela 9** – Antocianinas, polifenóis e atividade antioxidante (DPPH) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2017/18 e 2018/19..... 89
- Tabela 10** – Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mg kg^{-1} , do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19..... 103
- Tabela 11** – Relações N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19..... 105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA	21
2.2 DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA	22
2.2.1 Ciclo vegetativo.....	22
2.2.2 Ciclo reprodutivo.....	24
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO.....	32
2.4 CONTROLE DO CRESCIMENTO VEGETATIVO	35
2.5 REGULADORES DE CRESCIMENTO	38
2.5.1 Inibidores da biossíntese de giberelinas	39
2.5.2 Compostos relacionados a auxinas.....	41
2.5.3 Compostos relacionados ao etileno	42
2.6 NUTRIÇÃO DA VIDEIRA	42
2.6.1 Efeito dos reguladores de crescimento na nutrição da videira	44
3 ARTIGO – REGULADORES DE CRESCIMENTO NO MANEJO DO DOSSEL DE VIDEIRAS ‘CABERNET SAUVIGNON’ EM VIDEIRA-SC	61
3.1 INTRODUÇÃO.....	61
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.4 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
4 ARTIGO 2 – REGULADORES DE CRESCIMENTO NA QUALIDADE DAS UVAS ‘CABERNET SAUVIGNON’ NO MUNICÍPIO DE VIDEIRA-SC.....	81

4.1 INTRODUÇÃO	82
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	82
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
4.4 CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
5 ARTIGO 3 – FITORREGULADORES NA NUTRIÇÃO DA VIDEIRAS	
‘CABERNET SAUVIGNON’ CULTIVADAS EM VIDEIRA-SC.....	99
5.1 INTRODUÇÃO	99
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS	100
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
5.4 CONCLUSÃO	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
APÊNDICES.....	113

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de vinhos, no Brasil, é uma atividade recente se comparada a de países europeus. O Brasil está entre os 20 maiores produtores mundiais, sendo que a área cultivada com videiras no País, no ano de 2017 foi de 72 mil hectares com produção de 1.444,6 mil toneladas. Em Santa Catarina, a área plantada com videiras é de 4,2 mil hectares, com uma produção em torno de 61,2 mil toneladas de uva (EPAGRI, 2018).

A viticultura em Santa Catarina concentra-se principalmente em pequenas propriedades e proporciona alta rentabilidade, permitindo a sustentabilidade (PROTAS; CAMARGO, 2011). Em 2018, Santa Catarina ocupou a quarta colocação na produção de uvas entre os estados produtores do Brasil, com produção localizada principalmente na Região do Vale do Rio do Peixe e produtividade média de 14,3 t de uva ha⁻¹ (EPAGRI, 2018).

Apesar do predomínio na produção de vinhos de mesa e sucos, tem havido incremento na produção de vinhos finos nas regiões de altitude, ligado à tendência de aumento de consumo de vinhos finos no Brasil, assim como o aumento na produção de vinhos espumantes (EPAGRI, 2018).

As condições de solo e clima catarinense favorecem o crescimento vegetativo das videiras, ocasionado principalmente pela alta disponibilidade de água, elevadas concentrações de matéria orgânica no solo (> 3%) e utilização de porta-enxerto vigoroso (BORGHEZAN et al., 2011; ZALAMENA et al., 2013). Práticas como a remoção de folhas, desbrota e despontes sucessivos são realizados com o objetivo de propiciar o equilíbrio entre a parte vegetativa e a produtiva da videira visando a melhoria da qualidade da uva, entretanto, exigem mão de obra dos produtores, que é escassa e de custo elevado.

Outro fator importante é o sistema de condução espaldeira, comumente observado em nossa região para produção de uvas finas, que não é indicado para variedades muito vigorosas ou para condições que favoreçam crescimento vegetativo em excesso (MIELE; MANDELLI, 2014). Segundo Borghezani et al. (2011), em condições de crescimento excessivo da parte aérea existe a necessidade de ajuste no manejo do dossel para atingir o equilíbrio entre o crescimento vegetativo e produção de uva. Esse crescimento vigoroso da parte aérea afeta negativamente a qualidade dos frutos devido à redução em alguns dos componentes dependentes de luz, bem como o controle de doenças é dificultado pela redução na distribuição da luz no interior da copa (PRIVÉ et al., 2004; DOKOOZLIAN; KLIEWER, 1995; HAWERROTH; PETRI, 2014).

O balanço entre a produtividade e o vigor da videira é geralmente expresso pela relação produção por massa da poda (Índice de Ravaz), (HOWELL, 2001; LAKSO; SACKS, 2009) e é importante a determinação deste parâmetro para facilitar decisões no manejo do vinhedo. Em regiões de altitude, essa relação encontra-se fora dos padrões ideais, indicando sombreamento excessivo e atraso na maturação dos cachos (JACKSON, 2008).

O controle do desenvolvimento vegetativo de plantas frutíferas decíduas tem sido uma grande preocupação dos produtores por muitos anos. Para contornar o problema do vigor excessivo, o uso de reguladores vegetais pode ser uma alternativa para restringir o desenvolvimento vegetativo, melhorar a composição das uvas, e consequentemente dos vinhos (ZALAMENA, 2013).

A elongação de sarmentos está relacionada à atividade de giberelinas (OWENS; STOVER, 1999). Por essa razão, vários trabalhos foram desenvolvidos visando a redução do crescimento de sarmentos pelo uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas (UNRATH, 1999; RADEMACHER, 2000; MILLER, 2002; HAWERROTH et al., 2012; HAWERROTH; PETRI, 2014; FAGUNDES et al., 2017). A Proexadiona cálcica e o Trinexapaque-etílico são substâncias cuja ação baseia-se em bloquear uma ou mais etapas das vias da biossíntese de giberelinas ativas.

Outras substâncias são o Etefon e o ácido naftaleno acético (ANA). O etefon, quando aplicado em tecidos vegetais, é degradado formando etileno podendo reduzir o crescimento de sarmentos. Segundo Wertheim e Webster (2005), a formação de etileno nos tecidos, possivelmente, induz a diminuição da disponibilidade de auxinas nas regiões terminais dos sarmentos, desencadeando a redução do crescimento dos mesmos. Enquanto o ANA é um regulador de crescimento do grupo das auxinas utilizado também no controle do crescimento, principalmente em cortes de poda e nos rebrotamentos de porta-enxerto de macieira (PETRI et al., 2016).

De modo geral, os reguladores vegetais agem de forma direta, na absorção radicular e, indireta, quando causam efeito sobre o aumento ou a redução da demanda por vários compostos, incluindo os minerais (TROMP, 1989). Alguns autores comentam que a absorção de nutrientes minerais não é afetada pela aplicação de giberelinas e auxinas em fruteiras de clima temperado (STAHLY e BENSON, 1976; ATKINSON e CRISPS, 1982). Por outro lado, para Himelrick et al. (1976), Steenkamp e De Villiers (1979), Albuquerque (1998) e Albuquerque et al. (2000), os reguladores vegetais que inibem a síntese das giberelinas e o crescimento dos sarmentos têm influenciado a concentração de nutrientes em diversas culturas perenes. Além da concentração de nutrientes, a quantidade de nutrientes extraídos do solo e acumulados pela videira pode ser

afetada por diversos fatores como cultivar e porta-enxerto avaliados, tipo de solo e condições de clima em que está estabelecido o vinhedo (ALBUQUERQUE et al., 2004), porém, pouco se sabe sobre o efeito dos reguladores de crescimento sobre esses parâmetros.

Tanto os inibidores da síntese de giberelinas quanto o Etefon e o ANA apresentam efeitos em diversas culturas e seu foco tem aumentado em culturas como as videiras. Desta forma, busca-se reguladores de crescimento que tenham um efeito na redução do crescimento vegetativo excessivo, sobretudo da parte aérea, possibilitando a translocação e utilização de fotoassimilados pelas folhas e frutos, aumentando a produção e a qualidade das uvas. No Brasil, existe a carência de trabalhos relativos à utilização desses reguladores no manejo da videira, sendo necessário o estudo sobre épocas, concentrações e número de aplicações visando maior eficácia no controle do crescimento vegetativo, eficiência produtiva e qualitativa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar diferentes concentrações, número e épocas de aplicação de reguladores de crescimento no controle do crescimento vegetativo, produtividade e qualidade de videira.

Quantificar o teor de nutrientes de minerais nas bagas em resposta ao uso de reguladores de crescimento.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência dos reguladores de crescimento na produção da videira ‘C. sauvignon’.
- Verificar o efeito de diferentes concentrações e número de aplicações dos reguladores de crescimento sob o crescimento vegetativo em videiras ‘C. sauvignon’;
- Avaliação do efeito dos reguladores de crescimento na área foliar dos sarmentos de videira;
- Determinar os efeitos da aplicação exógena dos reguladores de crescimento na concentração de antocianinas, polifenóis, açúcares, acidez e atividade antioxidante nas uvas;
- Avaliar a extração de macronutrientes nas bagas em resposta ao uso de reguladores vegetais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

As espécies do gênero *Vitis* não são muito bem definidas por causa da variação morfológica extrema entre e dentro das populações de vinhas silvestres (CURRLE et al., 1983; HARDIE, 2000; MULLINS et al., 1992). Isto implica que todas as espécies de *Vitis* são parentes próximos que compartilham um ancestral comum relativamente recente e que a evolução ainda está em ação, lançando novas variantes o tempo todo.

Os membros da Família Vitaceae são chamados coletivamente de videiras. A família contém aproximadamente 1000 espécies atribuídas a 17 gêneros que são tipicamente arbustos ou lianas lenhosas que sobem por meio de suas gavinhas opostas a folhas. Embora a maioria das espécies desta família resida nos trópicos ou subtropicais, uma única espécie das zonas temperadas tornou-se a principal fruta cultivadas em quase 90 países para produção de vinho e suco ou como uvas frescas de mesa ou uvas secas (passas). Geralmente possuem raízes fibrosas e bem ramificadas, que podem crescer até vários metros de comprimento.

As folhas são alternadas, exceto durante a fase juvenil de plantas cultivadas a partir de sementes, e podem ser simples ou compostas. As frutas geralmente têm polpa abundante com uma a quatro sementes. Todas as uvas cultivadas pertencem ao gênero *Muscadinia* ($2n$ 40 cromossomos) ou ao gênero *Vitis* ($2n$ 38 cromossomos). As principais características morfológicas dos dois gêneros incluem o seguinte: folhas simples; gavinhas simples ou bifurcadas; flores geralmente unissexuais - isto é, macho (estame) ou feminino (pistilo); pétalas de flores fundidas que se separam na base, formando uma caliptra; frutos em forma de bagas macias e com polpa abundante. Os membros do gênero *Muscadinia* geralmente têm folhas glabras (sem pelos), gavinhas simples, nós sem diafragmas e madeira dura (CURRLE et al., 1983; MULLINS et al., 1992; OLMO, 1986). Por não se ramificarem a partir de estacas dormentes, elas geralmente são propagadas por rebentos, embora elas se originem facilmente de estacas verdes (KELLER, 2015).

O gênero *Vitis* ocorre predominantemente nas zonas climáticas temperadas e subtropicais do Hemisfério Norte (MULLINS et al., 1992; WAN et al., 2008). Todos os membros deste gênero são trepadeiras perenes ou arbustos com brotos com gavinhas. O gênero é frequentemente dividido em dois grandes grupos: o Americano e o Eurasiano.

As espécies dominantes dos dois grupos diferem grandemente em suas características agrônomicas úteis, o que as torna parceiros de reprodução atraentes (ALLEWELDT;

POSSINGHAM, 1988). O grupo Americano, por causa de sua resistência às doenças e pragas da videira norte-americana, membros desse grupo também estão sendo usados como porta-enxertos ou cruzando parceiros em programas de reprodução (ALLEWELDT; POSSINGHAM, 1988; THIS et al., 2006).

A espécie *Vitis labrusca* L. é vigorosa e trepadeira. Esta espécie difere de todas as outras porque normalmente tem gavinhas contínuas, isto é, uma gavinha em cada nó. Alguns de seus cultivares (por exemplo, Concord e Niágara) são comercialmente cultivadas para suco, geleia e produção de vinho. *Vitis vinifera* L., é a espécie mais conhecida do grupo Eurasiano, pois deu origem à maioria das uvas cultivadas hoje, alguns de seus cultivares mais famosas são a Cabernet Sauvignon e a Merlot (KELLER, 2015).

2.2 DESENVOLVIMENTO DA VIDEIRA

Em regiões de clima temperado, onde as condições de inverno impedem a permanência das folhas, as videiras têm um ciclo descontínuo com períodos alternados de crescimento e dormência. Nestas condições, segundo Keller (2015), o tempo de crescimento ativo geralmente ocorre de setembro/outubro a abril/maio. Embora não ocorra crescimento visível durante a dormência, o metabolismo não para completamente, mas altas concentrações do ácido abscísico (ABA) mantêm uma atividade mínima necessária para a sobrevivência das gemas e dos tecidos lenhosos. Embora a divisão das células meristemáticas nos brotos e no câmbio esteja bloqueada, a duplicação do cromossomo e a síntese proteica recomeçam durante os últimos estágios de dormência, preparando-se para a ativação do crescimento quando a temperatura e a umidade do solo se tornam favoráveis durante a primavera. O ciclo anual de crescimento de videiras maduras e prontas para frutificar é frequentemente dividido em um ciclo vegetativo e reprodutivo.

2.2.1 Ciclo vegetativo

A distribuição de açúcares na ausência de fluxo no floema pode permitir que as gemas retomem o crescimento no meristema apical, produzam auxina para o crescimento (ou libertem-se dos reservatórios de armazenagem) e quebrem-se. Consequentemente, a ascensão da água conduzida pela pressão exercida pela raiz pode estimular o inchaço dos brotos. A taxa máxima de escoamento da água ocorre alguns dias antes da brotação e geralmente para 10 a 14 dias

depois (ALLEWELDT, 1965), embora a pressão da raiz ocasionalmente permaneça ativa por mais de um mês após a brotação (REUTHER E REICHARDT, 1963).

Os sarmentos novos tornam-se rapidamente dependentes da distribuição de açúcar e nutrientes pelo floema remobilizados dos órgãos permanentes da videira. A divisão celular e a produção de auxina nas gemas, começando nos primórdios basais (mais próximos da base) das gemas distais (mais próximas da ponta), começa 1 a 3 semanas antes da brotação, que marca o início do crescimento vegetativo (KELLER, 2015).

Temperaturas quentes durante a diferenciação de vasos, podem aumentar o suprimento de reservas de nutrientes remobilizadas para o câmbio, resultando em vasos mais largos e mais eficazes no fornecimento de água para os brotos em desenvolvimento (FONTI et al., 2007); este efeito de temperatura pode ser uma variável motriz do vigor sazonal da parte aérea. Como a reativação do câmbio ocorre bem antes das novas folhas começarem a fornecer assimilados, as necessidades de energia e carbono das células em divisão devem ser atendidas pela remobilização do amido armazenado e suprimento de açúcar da estrutura permanente da videira. Esta decomposição do amido pode ser induzida por giberelina, cuja produção é estimulada pela auxina das gemas e do ápice dos sarmentos (YAMAGUCHI, 2008).

Em climas frios e temperados, temperaturas médias diárias acima de 8 a 10 °C induzem a brotação e crescimento dos sarmentos, mas o requerimento necessário de temperatura base depende da espécie. A proporção de gemas que brotam e o crescimento subsequente de brotos aumenta consideravelmente à medida que a temperatura da raiz aumenta até um máximo próximo de 30 °C (KLIEWER, 1975).

A indução da brotação é seguida por um período de crescimento muito rápido, com novas folhas aparecendo em poucos dias e sarmentos da videira normalmente crescem para cima, embora haja considerável variação dos hábitos de crescimento entre cultivares. À medida que as novas folhas se tornam fotossinteticamente ativas, crescem mais folhas, de modo proporcional à biomassa presente (TURGEON, 2010).

Segundo Hidalgo (1993), no processo de crescimento dos sarmentos da videira, ocorre primeiramente o um surto de crescimento que se deve à reservas mobilizadas, sendo o movimento dos assimilados essencialmente em direção à ponta dos sarmentos, dependente de carboidratos e compostos nitrogenados armazenados em ramos e principalmente raízes. Já a segunda etapa do crescimento é dependente dos órgãos verdes (principalmente as folhas), que transformam a seiva bruta em elaborada, proporcionando o crescimento dos brotos (KLIEWER, 1981; SCARPARE, 2007). As reservas são esgotadas e atingem um mínimo em torno da floração, tornando as videiras vulneráveis ao estresse nessa época (HOLZAPFEL et al., 2010).

É por isso que as videiras com baixo status de reserva de carboidratos podem fixar poucos frutos se a fotossíntese se tornar limitante durante a floração (KELLER; KOBLET, 1994; ROGIERS et al., 2011).

As reservas de nitrogênio, além dos carboidratos, são muito importantes para o crescimento e especialmente a clorofila foliar se correlacionam intimamente com a quantidade de reservas de nitrogênio armazenadas nas partes perenes da videira (KELLER; KOBLET, 1995; KELLER, 2015). O crescimento dos sarmentos vai depender das condições ambientais e nutricionais da planta, quando favoráveis não haverá paralização do crescimento. O crescimento de sarmentos visa à maximização da interceptação de luz pela planta, com aumento potencial para a fotossíntese. Enquanto certa quantidade de desenvolvimento vegetativo é necessária para manter o vigor, providenciar uma adequada área foliar, o desenvolvimento e a manutenção de ramos vigorosos e improdutivos são desnecessários e antieconômicos (HAWERROTH; PETRI, 2011).

Pouco antes ou enquanto as uvas começam a maturação, as brotações começam a formar uma periderme, tornando-se, assim, varas e mudando de verde para amarelado ou marrom avermelhado. Essa maturação da parte aérea ocorre acropetalmente, da base em direção à ponta, e é acompanhada pelo reabastecimento de reservas de armazenamento em preparação para a estação de crescimento seguinte (LOHNERTZ et al., 1989).

Este processo é retardado pela oferta abundante de água e nutrientes, o que também estimula o crescimento contínuo da parte aérea, além do estágio de mudança de cor das bagas. Isso pode causar problemas pois o crescimento da parte aérea pode competir com os cachos em maturação e armazenamento de reserva para suprimento de fotoassimilados. Os sarmentos da videira continuam a crescer enquanto as condições ambientais o permitirem e quando o crescimento não é mais possível, a ponta do broto com o meristema apical morre (KELLER, 2015).

O ciclo de crescimento da parte aérea é completado com a senescência foliar associada à reciclagem de nutrientes das folhas para as partes permanentes da videira (LOHNERTZ et al., 1989; KELLER, 2015), abscisão de folhas e, finalmente, desidratação e aclimação a frio de todas as partes lenhosas no outono.

2.2.2 Ciclo reprodutivo

O ciclo reprodutivo é muito semelhante nas diferentes espécies de *Vitis* e começa com a formação de flores, que podem ser divididas em três processos separados: iniciação de

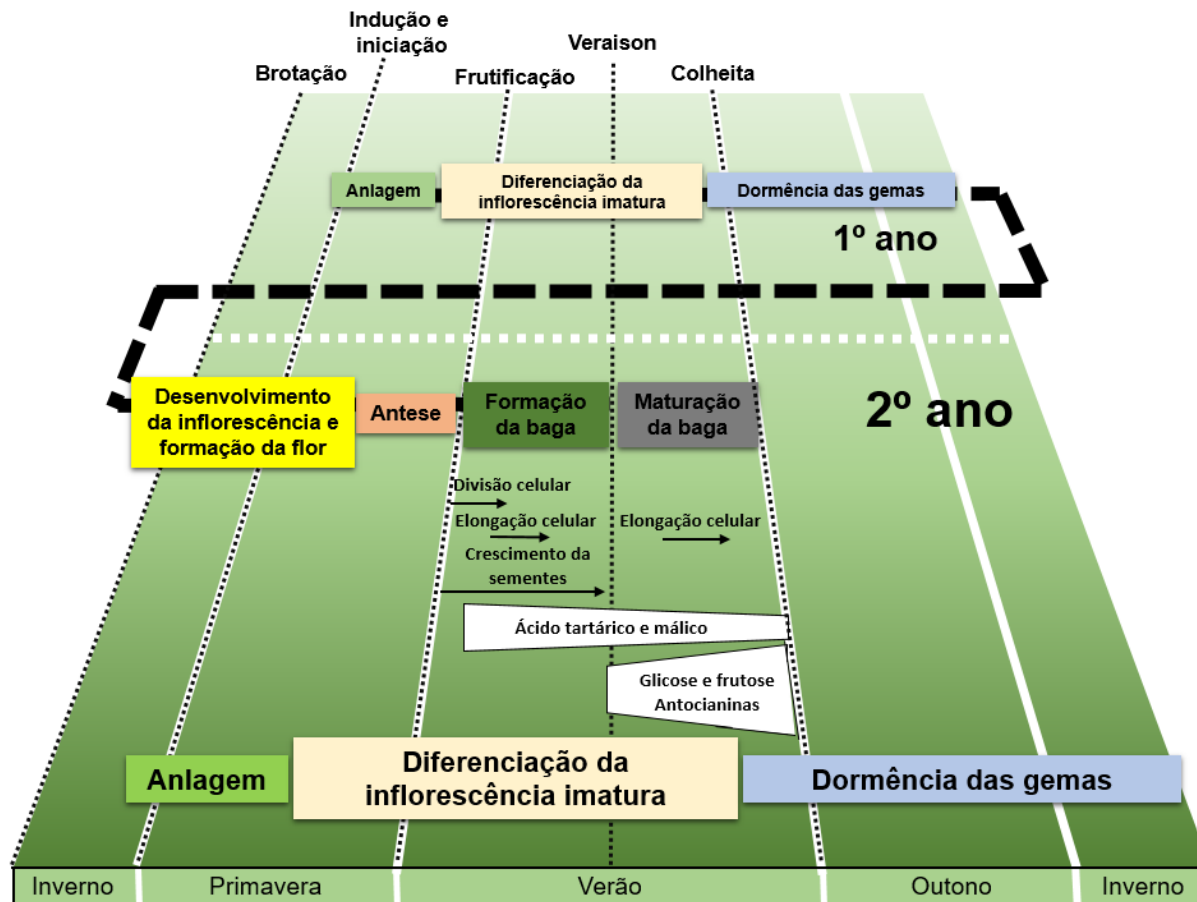
inflorescência (ou indução), iniciação de flores e diferenciação de flores (Figura 1). Na família Vitaceae, a floração é iniciada pela formação de meristemas laterais, também chamados de primórdios ou anlagem independentes desde a primavera até o início do verão (ALLEWELDT E ILTER, 1969; CARMONA et al., 2008; SRINIVASAN; MULLINS, 1981). O primórdio é formado primeiramente nos brotos na base do ramo, aparecendo progressivamente nos brotos em direção à ponta do broto e pode diferenciar, dependendo de vários fatores, em gavinhas ou inflorescências.

As giberelinas atuam antagonisticamente às citocininas e favorecem a formação de gavinhas ao inibir o processo de ramificação, de modo que a fertilidade da gema pode diminuir (WEYAND; SCHULTZ, 2006). Esse papel inibitório parece acontecer apenas nas videiras mesmo as giberelinas estando envolvidas no estabelecimento de primórdios florais em muitas outras plantas (KELLER, 2015).

A opinião comumente aceita sobre inflorescência e diferenciação de flores é que a formação de meristemas de inflorescência e de meristemas de flores são separados sazonalmente, assim as gemas formadas no primeiro ano dão origem a gemas frutíferas no segundo ano (CARMONA et al., 2008; SRINIVASAN E MULLINS, 1981). O número de inflorescências é menor na base do ramo e aumenta gradualmente nas gemas mais altas antes de diminuir gradualmente novamente além das posições das gemas 10 a 12 (HUGLIN; SCHNEIDER, 1998).

Na primavera, cada brotação dá origem a um caule com folhas alternadas, opostas às inflorescências em sua parte basal e às gavinhas na parte média e apical (Figura 2A). Cada folha do ramo carrega uma gema axilar. O primeiro broto formado na axila da folha produz uma brotação lateral que se desenvolve durante a estação (Figura 2B). Na axila da brotação lateral, um broto latente será formado no qual todo o processo de iniciação floral e estágios iniciais do desenvolvimento da inflorescência ocorrem (Figura 2C).

Figura 1 – Ciclo do desenvolvimento reprodutivo de videira em 2 anos, mostrando os diferentes estágios de floração e as duas fases características do desenvolvimento da uva. O início e o final dos estágios de fenologia e colheita podem variar significativamente dependendo da região, clima, cultivar e manejo. As fases pré e pós-veraison são referidas como a fase de formação da baga e a fase de maturação da baga.



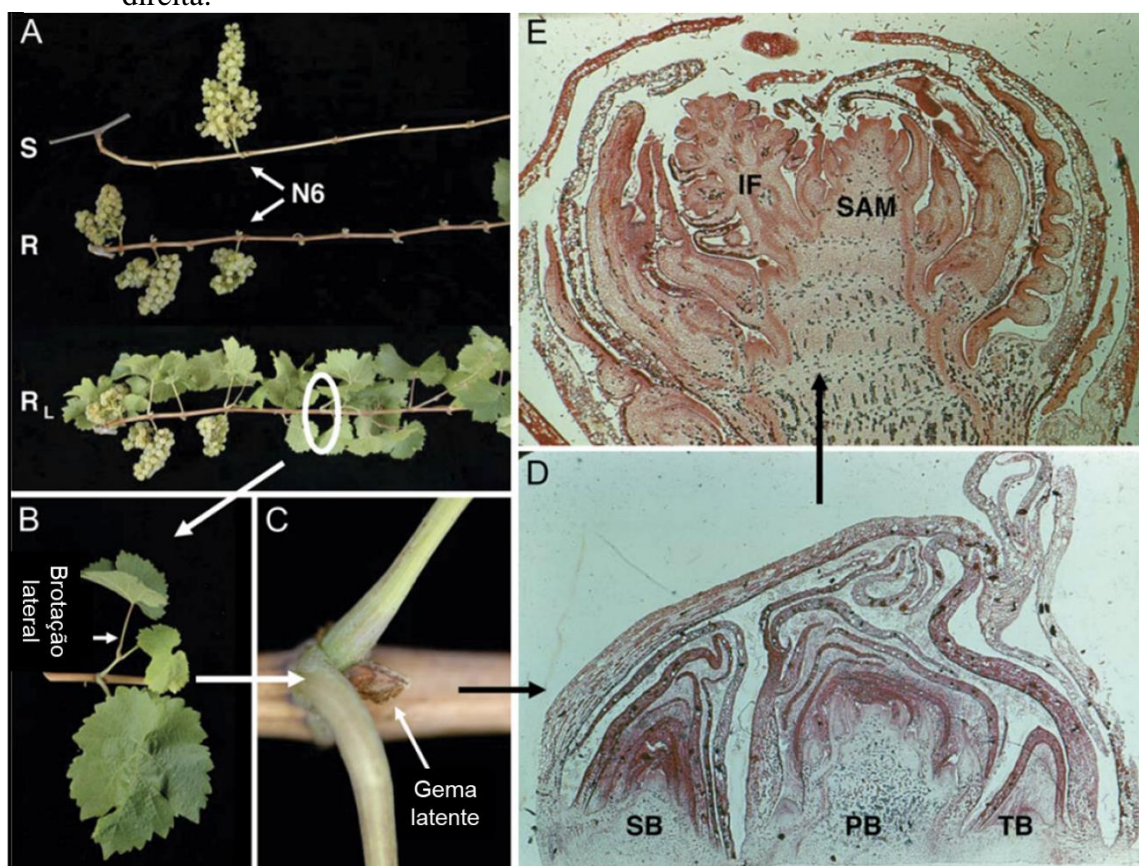
Fonte: (ADAPTADO DE CARMONA et al., 2008).

A gema latente composta é formada por três gemas latentes separadas (Figura 2D) e o meristema apical da parte aérea dos botões primários e secundários do broto composto latente proliferam para reproduzir as fases reconhecidas em plantas juvenis e adultas. Para a gema latente primária, o meristema apical da parte aérea produz primeiro três a quatro primórdios foliares antes de iniciar a alternância de primórdios foliares com meristemas laterais. Os primeiros dois a três meristemas laterais têm o potencial de se diferenciar como inflorescências, enquanto os seguintes meristemas laterais produzidos começarão a diferenciação como gavinhas (PRATT, 1971; SRINIVASAN; MULLINS, 1976; SRINIVASAN; MULLINS, 1981).

Os meristemas de inflorescência proliferam para dar origem a meristemas de sarmentos de inflorescência adicionais com uma filotaxia em espiral que formará uma estrutura racêmica imatura (Figura 2E). No final do verão, essas gemas estão dormentes e a gema latente primária,

se frutífera, contém um ramo comprimido com meristemas de inflorescência e primórdios de gavinhas e folhas. Nem todas as gemas latentes de uma vara são frutíferas (CARMONA et al., 2008).

Figura 2 – Desenvolvimento reprodutivo da videira: (A) posição dos cachos nas varas das variedades Sultana e Riesling - o primeiro cacho de Sultana (S) e o último cacho de Riesling (R) estão no sexto nó (N6) de uma vara de segundo ano, contando a partir da base de vara; (RL), vara Riesling com folhas; (B) gema latente na base de um ramo lateral que se desenvolveu a partir de uma gema axilar na base de uma folha; (C) aproximação da gema latente; (D) corte longitudinal de uma gema latente de Sultana mostrando gemas latentes primária (PB), secundária (SB) e terciária (TB); (E) secção transversal de uma gema latente primária de Sultana mostrando uma inflorescência imatura (IF) à esquerda e um meristema apical de um ramo (SAM) à direita.



Fonte: (BARNARD; THOMAS, 1933; CARMONA et al., 2008).

No ano seguinte, quando as condições ambientais são permissivas, o crescimento das gemas é retomado e o meristema apical das brotações produz mais primórdios foliares e de gavinhas. O meristema apical das brotações de *V. vinifera*, produz dois nós consecutivos contendo primórdios foliares e meristemas laterais, os quais se alternam com um nó contendo um primórdio foliar solitário (CARMONA et al., 2008).

Quando as gemas são reativadas, os meristemas do ramo da inflorescência produzem meristemas adicionais que dão origem a agrupamentos de três ou quatro meristemas de flores ou primórdios florais durante o período de crescimento de gema que precede a quebra da dormência dos brotos por vários dias até semanas. As inflorescências da videira são racemos formados por muitos ramos que prefiguram a forma cônica dos cachos de uva. Este processo é denominado iniciação floral e, dentro de cada um desses agrupamentos, os primórdios florais são iniciados “de cima para baixo”; isto é, a flor terminal é iniciada primeiro e a flor basal por último. O desenvolvimento das flores ocorre quando a gema entumece e os internódios começam a se alongar (KELLER, 2015).

A fertilidade das gemas está ligada ao vigor da parte aérea. Os sarmentos fracos produzem gemas menos férteis que os sarmentos mais vigorosos (HUGLIN; SCHNEIDER, 1998). O grau de fertilidade do ramo pode estar associado também à produção de auxina; mais auxina parece levar a mais inflorescências por ramo (COSTANTINI et al., 2007). Além disso, as condições ambientais modulam intensamente o número de primórdios. Condições quentes e ensolaradas com disponibilidade adequada de água e nutrientes, juntamente com uma área foliar ampla e fotossinteticamente ativa, são cruciais para maximizar o número de primórdios. Além disso, a direção de crescimento da parte aérea também pode influenciar na fertilidade da gema, pelo menos em alguns cultivares: brotos de crescimento vertical produzem brotos com mais primórdios de inflorescência do que brotos horizontais ou descendentes (ALLEWELDT; ILTER, 1969).

As flores de videira estão organizadas em quatro verticilos e o padrão espiralado de desenvolvimento de flores segue uma direção basipetal. Os meristemas florais formam, sequencialmente, primórdios sépalas, pétalas e estames, primórdios comuns que logo se dividem para formar primórdios separados e, finalmente, os primórdios mais internos do carpelo (SRINIVASAN E MULLINS, 1981).

Resumidamente, os tecidos da baga derivam da parede do ovário e compreendem, de fora para dentro, a epiderme ou exocarpo, o mesocarpo com as células parenquimais externa e interna e a epiderme interna ou endocarpo. O exocarpo da baga deriva do exocarpo do ovário e, na maturidade, é composto pela epiderme formada por uma única camada de células epidérmicas e a hipoderme composta por 10 camadas celulares abaixo das células epidérmicas. As células diferenciadas com exocarpo acumulam polifenóis em seus vacúolos, que são importantes componentes do vinho. Além disso, os vacúolos das células epidérmicas também contêm antocianinas responsáveis pela cor vermelha ou preta nas bagas (CARMONA et al., 2008).

A taxa e duração da divisão celular no pericarpo da baga são controladas pelas sementes (isto é, os embriões) de modo que as bagas contendo mais sementes se tornarão maiores do que bagas com menos sementes (COOMBE, 1960; GILLASPY et al., 1993). As células do mesocarpo param sua divisão 3 ou 4 semanas após a antese (as células mais internas param de se dividir em 2 semanas), enquanto as células da casca podem continuar a se dividir por até 5 a 6 semanas após a antese (PRATT, 1971; KELLER, 2015).

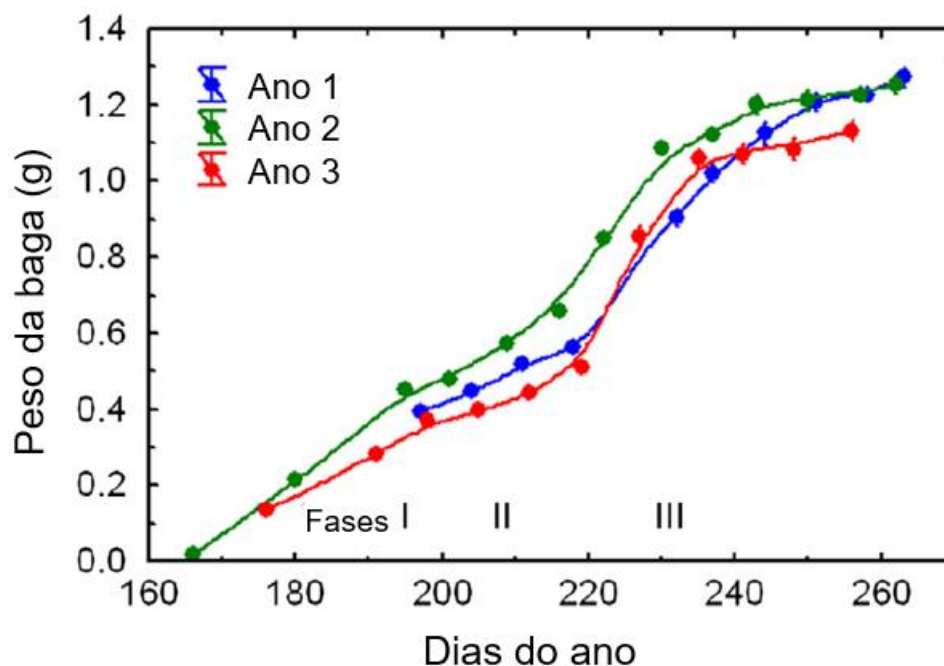
Além disso, a giberelina também pode ser produzida e liberada por sementes estimuladas com auxina (GIACOMELLI et al., 2013). A auxina reativa a divisão celular e a giberelina induz a expansão celular (SERRANI et al., 2007). Assim, o conjunto de frutos é dependente tanto de auxina quanto de giberelina: esses dois hormônios induzem o pistilo a se desenvolver no fruto e a diferenciar um exocarpo (casca) e um mesocarpo (polpa). Embora a auxina induza a produção de giberelina, a síntese de auxina pode ser estimulada por giberelinas derivadas do pólen. Portanto, a interação entre a auxina e a giberelina desempenha um papel fundamental no compromisso do ovário em iniciar o desenvolvimento e o crescimento dos frutos (GILLASPY et al., 1993; RUAN et al., 2012).

O desenvolvimento das bagas segue uma curva de crescimento duplo sigmóide com duas fases de crescimento ativo separadas por uma fase lenta em torno do veraison (Figura 3) (COOMBE; HALE, 1973). A primeira, conhecida como fase verde, é caracterizada pela divisão e diferenciação celular, não apenas para a fruta em si, mas também rápido aumento no tamanho das sementes e pericarpo. A divisão celular é completada antes que a baga entre em uma fase de crescimento lento ou sem acúmulo de peso fresco (DELOIRE et al., 2001). Embora as células em divisão geralmente permaneçam pequenas e possuam pequenos vacúolos, a divisão celular é acompanhada e seguida por expansão celular (GILLASPY et al., 1993; PRATT, 1971). À medida que as células se expandem, a parede celular torna-se mais fina e o vacúolo torna-se predominante. Portanto, a grande maioria do ganho de volume de bagas em crescimento deve-se à expansão celular e aumento no volume de vacúolos, especialmente no mesocarpo, que é estimulado pela auxina produzida por sementes (KELLER, 2015).

O primeiro estágio (I) é caracterizado pelo aumento rápido no tamanho das sementes e do pericarpo. A primeira parte do desenvolvimento de sementes é a formação de embriões (embriogênese) e crescimento do endosperma, mas há pouco crescimento do embrião (EBADI et al., 1996; NITSCH et al., 1960). As sementes e as bagas são verdes, duras e acumulam ácidos orgânicos (principalmente tartarato e malato) e pequena quantidade de açúcar. Os hormônios de crescimento auxina, citocinina e giberelina produzidos pelos embriões e liberados no

pericarpo atingem altas concentrações inicialmente e depois diminuem (IWAHORI et al., 1968; BÖTTCHER et al., 2013).

Figura 3 – Curva duplo-sigmóide de crescimento de bagas Cabernet Sauvignon ao longo de 3 anos.



Fonte: (KELLER, 2015).

A auxina e a giberelina também são exportadas no floema para o pedicelo e pedúnculo, onde a giberelina induz o alongamento celular e a auxina induz a produção e diferenciação dos feixes vasculares para garantir que a capacidade de transporte do sistema vascular não limite o crescimento da baba em desenvolvimento. A concentração de ABA na baba é alta durante o desenvolvimento inicial, mas diminui à medida que a baba se expande (DAVIES; BOETTCHER, 2009; OWEN et al., 2009). Esta fase dura de 6 a 9 semanas e termina quando as células da epiderme param de se dividir, nessa fase a baba atinge próximo a metade do seu tamanho máximo e peso fresco (STAUDT et al., 1986).

A divisão celular parece estar principalmente sob controle genético enquanto a expansão celular é predominantemente impulsionada por fatores ambientais, assim, bagas de o mesmo cultivar cultivadas sob diferentes condições devem ter tamanhos de células diferentes. Isso significa que o tamanho da fruta pode variar devido a variações no número de células e no tamanho da célula (KELLER, 2015).

Na fase de crescimento lento (II), a semente entra em seu estágio de maturação, o embrião cresce rapidamente e, 10 a 15 dias antes da mudança de cor das bagas, as sementes atingem o peso fresco, conteúdo de tanino e tamanho final (PRATT, 1971; RISTIC; ILAND,

2005). As paredes celulares do tegumento médio engrossam e tornam-se lignificadas (CADOT et al., 2006). Embora o pericarpo cresça apenas de maneira insignificante, a concentração da auxina atinge um breve pico especialmente pronunciado nas sementes, onde pode regular a maturação do embrião (GILLASPY et al., 1993). É possível que a auxina sirva para prevenir a maturação dos frutos antes que as sementes estejam completamente desenvolvidas (PATTISON et al., 2014).

O influxo de ABA e sua produção na própria baga aumentam no final desta fase, suprimindo o crescimento adicional de embriões, bloqueando a produção de giberelina nas sementes (DAVIES; BÖTTCHER, 2009). Ao mesmo tempo, pode haver um aumento passageiro na concentração de etileno (CHERVIN et al., 2008), e um aumento notável e persistente dos brassinosteróides (PILATI et al., 2007; SYMONS et al., 2006), uma classe de hormônios promotores de crescimento provavelmente produzidos na epiderme. Juntos, ABA, etileno e brassinosteróides podem desencadear as mudanças químicas da parede celular que levam ao amolecimento e expansão das bagas. A duração dessa fase varia, em grande parte, do cultivar e é importante na determinação do tempo de maturação da fruta; cultivares de maturação tardia parecem ter uma longa fase de crescimento lento (ALLEWELDT; HIFNY, 1972).

O período de maturação (III), que dura de 5 a 10 semanas. Seu início, que tipicamente ocorre ao longo de um período de 7 a 10 dias, é denominado *veraison* (mudança de cor) e é marcado por amolecimento de bagas e um aumento no teor de açúcar, seguido por uma rápida mudança na cor da casca, de verde para vermelho, roxo ou azul em cultivares de pele escura, e para mais ou menos amarelo em alguns cultivares brancos. A diminuição na firmeza das bagas decorre principalmente da desestruturação da parede celular do mesocarpo (HUANG; HUANG, 2001). Embora as paredes das células permaneçam funcionalmente intactas, elas se tornam mais abertas, mais hidratadas, menos flexíveis e mais fracas (BRUMMELL, 2006).

O volume da baga diminui progressivamente a medida que ocorre a maturação das bagas. Já seu tamanho pode estabilizar ou diminuir devido à perda de água por evaporação durante os estágios posteriores de maturação. O crescimento das bagas termina na mudança de cor (STAUDT et al., 1986), um processo caracterizado pelo início do amolecimento e da coloração das bagas (em bagas coloridas) que marcam visivelmente as grandes alterações fisiológicas e metabólicas que ocorrem durante a maturação das bagas. Pigmentos vermelhos, roxos ou azuis chamados antocianinas se acumulam no exocarpo, e açúcares (glicose e frutose) se acumulam em todo o pericarpo enquanto os ácidos orgânicos (malato) e clorofila são

degradadas, alterações desencadeadas pela interação de açúcares e ABA (DAVIES; BÖTTCHER, 2009; JIA et al., 2011; MULLINS, 1976).

O ABA atua em um ciclo de retroalimentação positiva com açúcares, em que os açúcares estimulam a produção de ABA e o ABA promove o acúmulo de açúcar (JIA et al., 2011). Ao contrário dos frutos climatéricos, o hormônio etileno não desempenha um papel fundamental na maturação da uva, e a respiração da baga diminui durante esse período (COOMBE; HALE, 1973). As sementes mudam de verde para amarelo e finalmente marrom devido à oxidação dos taninos nas células do parênquima do tegumento externo, tornando-se duras e dessecadas (CADOT et al., 2006; HUGLIN; SCHNEIDER, 1998; RISTIC; ILAND, 2005). Reservas, como amido, proteínas e lipídios, e nutrientes minerais são acumulados no endosperma até que as sementes se tornem dormentes (CADOT et al., 2006). Assim, o peso fresco da semente declina enquanto o peso seco atinge um patamar ou continua a aumentar até que a baga atinja seu tamanho e peso máximos (PASTOR DEL RIO; KENNEDY, 2006; STAUDT et al., 1986).

O comprimento de cada estágio de crescimento dos frutos e o tamanho final das bagas dependem do cultivar, mas são fortemente modificados por porta-enxertos e condições ambientais. As condições ótimas para o rápido desenvolvimento da baga são semelhantes às aquelas que governam as outras fases do desenvolvimento reprodutivo: alta intensidade de luz, temperatura quente, umidade adequada do solo e disponibilidade de nutrientes. A colheita de uvas ocorre normalmente quando elas completam seu ciclo reprodutivo (KELLER, 2015). Nas condições do meio-oeste catarinense, tanto de clima quanto de solo, as variedades tardias como a Cabernet Sauvignon dificilmente chegam aos estádios finais de maturação o que reduz a qualidade do vinho.

2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

O desenvolvimento vegetativo da videira pode ser influenciado por vários fatores, podendo ser dividido em fatores genéticos, fatores edafoclimáticos e de manejo de plantas (WEBSTER, 2005). Entre os genéticos são consideradas as características do cultivar-copa e do porta-enxerto. O ambiente, especialmente as condições de solo e clima, tem grande influência sobre o vigor e a duração do crescimento da parte aérea. Da mesma forma, intervenções fitotécnicas, como sistemas de manejo adotados, incluindo poda e condução, nutrição, irrigação e raleio, impactam sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas (HAWERROTH; PETRI, 2011).

A luz e a temperatura têm participação direta nos processos metabólicos, assim como para fotossíntese, e interferem na assimilação de CO₂. A temperatura afeta diretamente o metabolismo celular, a acumulação de carbono, assim como os demais processos bioquímicos da planta. A disponibilidade hídrica é essencial para processos metabólicos, assim como para realização de fotossíntese para produção de fotoassimilados que favorecerão o desenvolvimento da planta (TAIZ et al., 2017).

Altas temperaturas estimulam a produção de auxina, que por sua vez promove o alongamento da célula. A temperatura tem um forte efeito sobre a fotossíntese e a respiração. Temperaturas diurnas quentes (25 a 30°C) promovem a fixação fotossintética de CO₂, enquanto temperaturas noturnas um pouco mais baixas (15 a 20 °C) limitam a perda respiratória de CO₂. Consequentemente, é provável que uma diferença suficiente (mas não excessiva) entre as temperaturas diurna e noturna, em vez de simplesmente uma temperatura média diária quente, promova o crescimento, um fenômeno denominado crescimento termoperiódico (WENT, 1944). Além de sua influência nas taxas de crescimento, um aumento na temperatura também acelera o desenvolvimento fenológico (ALLEWELDT et al., 1984; WEBB et al., 2007; KELLER, 2015).

Sarmentos de videiras pequenos e jovens geralmente crescem mais vigorosamente do que os grandes e velhos. Esse declínio está relacionado ao aumento do custo mecânico de manutenção da estrutura permanente de uma vinha mais antiga, do sistema hidráulico de transporte de água e do maior número de gemas que resultam em mais sarmentos. O aumento da umidade do solo e a disponibilidade de nutrientes (especialmente nitrogênio) também favorecem o alto vigor (devido à maior disponibilidade de recursos), assim como o aumento da severidade da poda, porque as plantas em geral tentam restabelecer uma relação raiz / sarmentos (BUTTROSE; MULLINS, 1968; POORTER; NAGEL, 2000; KELLER, 2015).

O dossel de videiras após podas mecânicas ou mínimas, se desenvolve mais cedo, mais rapidamente e cresce mais do que a das videiras podadas drasticamente, por exemplo, após a poda manual, porque um número maior de gemas leva a mais sarmentos crescendo simultaneamente na primavera, usando maior quantidade de reservas acumuladas na estação de crescimento anterior (WINKLER, 1929; WEYAND E SCHULTZ, 2006). Por outro lado, a presença de frutos tende a deprimir o crescimento vegetativo dos sarmentos especialmente os laterais, e as raízes, de modo que a produção total de biomassa por planta permanece aproximadamente constante (EIBACH E ALLEWELDT, 1985; PALLAS ET AL., 2008; KELLER, 2015).

A direção do crescimento também afeta a taxa de crescimento (CURRLE et al., 1983; KLIWER et al., 1989); sarmentos de crescimento vertical, como aqueles em um sistema de espaldeira geralmente crescem mais vigorosamente do que os sarmentos forçados a crescer horizontalmente, fenômeno denominado gravitropismo (WAREING; NASR, 1961). O efeito está associado às variações nos vasos do xilema, cujo número e diâmetro parecem ser adaptados para otimizar o suprimento de água e nutrientes para a parte aérea (LOVISOLO; SCHUBERT, 2000).

O tempo de crescimento rápido da parte aérea coincide com o crescimento secundário (aumento no diâmetro) da parte aérea, cordão, tronco e raízes. Esse crescimento secundário termina quando a diminuição da duração do dia após o verão leva à paralisação da divisão celular no câmbio, bem antes que a temperatura se torne muito baixa para limitar a divisão celular (DRUART et al., 2007).

A regulação hormonal, que ocorre em resposta ao ambiente e/ou ao próprio estágio de desenvolvimento da planta e consiste numa troca e equilíbrio entre estimuladores (ácido giberélico) e inibidores (ácido abscísico) endógenos, também influenciam no desenvolvimento. Quando os estimuladores superaram o efeito dos inibidores ocorre a extensão dos entrenós, enquanto que a diminuição dos promotores, com ou sem aumento de inibidores está relacionada com a paralisação do crescimento (MONACO NETO, 2012; COSTA, 2015).

O encurtamento da duração do dia também diminui a produção de giberelinas na região de alongamento da parte aérea, de modo que as taxas de crescimento diminuem (COOKE et al., 2012). O fotoperíodo também influi no crescimento da videira por favorecer a síntese de giberelinas através de dias longos, sendo as giberelinas relacionadas com o crescimento vegetativo (TAIZ et al., 2017). As giberelinas induzem a divisão e o alongamento celular, promovendo o crescimento dos órgãos vegetais pelo aumento do tamanho das células já existentes ou recentemente divididas (THOMAS et al., 2005; DAVIES, 2010). Segundo Taiz et al. (2017), pode-se verificar a influência da giberelina no alongamento do caule pela indução através da aplicação exógena de GA3, também observada por Botelho et al. (2004b), que verificaram um aumento progressivo dos sarmentos de videira. Em sarmentos com crescimento excessivo foi verificado o dobro de quantidade de GAs ativas, em comparação aos sarmentos de crescimento normal (CAMILI, 2007).

As giberelinas atuam no meristema intercalar, situado próximo a base dos entrenós e promovem um acentuado alongamento internodal, sendo então conhecidas como determinadoras de altura de plantas (DAVIES, 2010; TAIZ et al., 2017). O crescimento de brotos axilares e expansão das folhas também é promovido pela ação de giberelinas. Da mesma

forma, é importante na regulação do crescimento secundário, agindo na proliferação cambial e diferenciação de fibras de xilema (DAYAN et al., 2012).

Segundo Kerbauy (2012), não só giberelinas atuam no alongamento dos caules, as auxinas também agem, porém de modo diferente. Enquanto as GAs atuam sob células meristemáticas e jovens, preferencialmente, as auxinas atuam sob as células mais velhas. Para que haja alongamento, é necessário que as microfibrilas encontrem-se dispostas de modo perpendicular à direção de crescimento. Considerando isso, células novas, assim orientadas, sofrem a ação de GAs, que mantém a disposição dessas microfibrilas. Já as auxinas são capazes de reorientar os feixes de microfibrilas, permitindo alongamento de células mais velhas por reorientação da posição oblíqua/longitudinal para transversal.

A água é essencial para os processos metabólicos da planta e conhecida como o fator mais limitante, principalmente no período inicial de crescimento. A água contribui diretamente no alongamento celular, pela pressão de turgor além de afetar de forma direta e indireta a fotossíntese. (KERBAUY, 2012; TAIZ et al., 2017; MARGOTI, 2016). A redução do suprimento de água ou o aumento do número de brotações por videira retidos na poda são frequentemente ferramentas poderosas para diminuir o vigor (KELLER, 2015).

O nitrogênio na videira, quando em excesso, pode formar vegetação em excesso somada ao aumento do comprimento dos entrenós e maior expansão foliar, apresentando um período de crescimento prolongado, causando desbalanço entre a parte produtiva e vegetativa das plantas (SANTOS, 2012; ZALAMENA et al., 2013).

Plantas sombreadas por coberturas plásticas ou telas podem tanto ter seu crescimento de sarmentos e folhas estimulado como, também, ter seu ciclo fenológico atrasado (LAMBERS et al., 1998). Em contrapartida, a cobertura pode provocar estresse hídrico às plantas ao evitar a precipitação pluviométrica na linha de cultivo e, assim, reduzir o crescimento vegetativo (GU et al., 2004; SOUZA et al., 2005) e antecipar a maturação (SMART; COOMBE, 1983) e o ciclo fenológico. No caso da videira, um estresse hídrico moderado pode ainda adicionar qualidade enológica à uva, pois aumenta os níveis de açúcares nas bagas (JACKSON; LOMBARD, 1993; MOTA et al., 2008).

2.4 CONTROLE DO CRESCIMENTO VEGETATIVO

Na terminologia vitícola, a taxa de crescimento ou o alongamento da parte aérea, ao longo do tempo, é referido como vigor. A videira é considerada uma planta vigorosa, dessa forma, em condições de clima e nutrição favoráveis ao crescimento e desenvolvimento

vegetativo da cultura pode ocorrer vigor excessivo (VILLAR et al., 2011; MIELE; MANDELLI, 2012). O controle do vigor excessivo das videiras é vantajoso, pois garantem adequada formação de flores e frutificação além da maior penetração de luz na copa o que contribui para melhoria da qualidade das bagas pois enquanto durar o alongamento dos sarmentos em taxas rápidas, o acúmulo de carboidratos é retardado ou prejudicado (KLIEWER, 1981).

Ainda que alguns autores afirmem que o maior vigor pode proporcionar aumento na produtividade nos vinhedos (LEÃO et al., 2011), porém em vinhedos destinadas à elaboração de vinhos finos, nos quais se prioriza a qualidade da uva, o vigor pode não ser uma característica desejável, pois a produtividade e vigor da planta são inversamente proporcionais (MIELE; MANDELLI, 2012). O estabelecimento de uma relação fonte-dreno adequada, é considerado um dos maiores entraves para obtenção de uma boa produção (SANTOS, 2012).

O equilíbrio vegetativo-produtivo da videira é geralmente expresso pela relação produção pela massa de sarmentos podados (Índice de Ravaz) ou pela relação área foliar (cm^2) e a massa dos frutos (g) (HOWELL, 2001; LAKSO; SACKS, 2009). Recomenda-se que a relação área foliar/produção permaneça em torno de 7 a 14 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (0,7 a 1,4 $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$) (INTRIERI; FILIPETTI, 2000; HOWELL, 2001) e o índice de Ravaz entre 5 a 10 (KLIEWER; DOKOOZLIAN, 2005).

A relação área foliar/produção está relacionada com a capacidade da planta em completar a maturação das uvas, pois foca na relação entre fonte e dreno de energia e carbono orgânico na planta (JACKSON, 2008). Já a determinação da área foliar permite inferir na atividade fotossintética, nas condições de luminosidade no dossel, no balanço hídrico das plantas e correlaciona-las com as práticas culturais realizadas no vinhedo (BESLIC et al., 2010).

Em regiões de altitude, é comum observar índices de Ravaz variando entre 1,4 e 2,1 e relação área foliar total e produção por planta de 3,7 a 8,4 $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$ (BORGHEZAN et al., 2011). Brighenti et al., (2010) também encontraram relação área foliar total e produção por planta de 4,5 $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$ indicando desequilíbrio na distribuição de fotoassimilados que foram principalmente direcionados às partes vegetativas. Esse desequilíbrio observado através desses índices demonstra a necessidade de ajuste do manejo do dossel para aumento da produção e qualidade da uva.

O crescimento vigoroso da parte aérea pode também afetar negativamente a fertilidade de gemas e a qualidade dos frutos devido à redução em alguns dos componentes dependentes de luz nos frutos (BOTELHO et al., 2004a), o desenvolvimento e fecundação das inflorescências (CAMILI, 2007; ZALAMENA et al., 2013), o controle de doenças e pragas

(HAWERROTH; PETRI, 2014), desenvolvimento e maturação dos frutos e maior competição por fotoassimilados (DRY; LOVEYS, 1998; CAMILI, 2007).

O controle do desenvolvimento vegetativo da videira pode ser feito de várias formas como: porta-enxertos menos vigorosos, maior densidade de plantio, suprimento de água e nutrientes, consórcio com plantas de cobertura que compitam por nutrientes, aumento da carga de frutos, uso de fitoreguladores, etc (DRY; LOVEYS, 1998; BOTELHO et al., 2004a; HAWERROTH; PETRI, 2011; ZALAMENA, 2013).

Em condição de equilíbrio e boa adaptação na região de cultivo, a paralização do crescimento deve ocorrer na mudança de cor (veraison). Neste momento, a planta transfere fotoassimilados essenciais para maturação dos cachos, consequentemente, resultando em bagas de melhor qualidade, com maior acúmulo de açúcares e produção de compostos fenólicos totais e antocianinas, resultando em vinhos com coloração e estrutura mais intensa (LEEUVEN et al., 2004; FALCÃO et al., 2008).

A poda pode suprimir total ou parcialmente certos órgãos da videira: sarmentos, e por vezes, gemas e cachos. Alguns dos objetivos da poda são: impulsionar a produção precoce das plantas, uniformizar a produção, melhorar a qualidade das uvas, distribuir os fotoassimilados de maneira mais uniforme pelos distintos órgãos vegetais e proporcionar uma forma mais adequada à planta. (REYNIER, 1995; SCARPARE, 2007).

A redução da frutificação, causada pelo vigor excessivo, favorece ainda mais o aumento do crescimento vegetativo, resultando em uma planta improdutiva, desuniforme e excessivamente vegetativa (CAMILI, 2007). O excesso de vigor pode causar também brotação desuniforme por retardar a senescência das folhas e o processo de endodormência dos sarmentos o que influencia nas fases de acúmulo e mobilização de reservas (ZALAMENA et al., 2013).

Produtos reguladores de crescimento têm sido testados ao longo de muitos anos usando inibidores distintos da biossíntese de GA e compostos análogos das auxinas e etileno (GREENE, 2010). A redução do comprimento da parte aérea pode facilitar no manejo da árvore como na poda, aplicação de defensivos agrícola, colheita de frutas e mais árvores podem ser cultivadas por unidade de área. Com isso, aumento no rendimento e qualidade dos frutos são frequentemente observados (RADEMACHER, 2015).

2.5 REGULADORES DE CRESCIMENTO

Os reguladores de crescimento podem ser definidos como compostos naturais ou sintéticos que afetam processos metabólicos ou de desenvolvimento em plantas superiores, na sua maioria em baixas dosagens. Grupo importante entre os reguladores de crescimento são os compostos que reduzem o alongamento da parte aérea, muitas vezes chamados de "controladores do crescimento" (RADEMACHER, 2015).

Os reguladores de crescimento, em sua maioria, afetam o equilíbrio dos hormônios vegetais nas plantas tratadas. Isto pode ser conseguido principalmente aplicando exogenamente hormônios de ocorrência natural ou os seus análogos sintéticos, inibindo a biossíntese de hormônios endógenos ou a sua translocação do local de produção para o local de ação e bloqueando os receptores hormonais. Os hormônios vegetais estão envolvidos em muitos processos, que permitem que as plantas reajam através de estímulos internos e externos. Os grupos "clássicos" de hormônios vegetais são as auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno (RADEMACHER, 2015).

O desempenho dos reguladores não depende apenas do ingrediente ativo. Condições adequadas para o composto penetrar na epiderme, nas membranas da planta e atingir seu alvo bioquímico além formulações apropriadas (por exemplo, solventes, surfactantes e condicionadores de água) devem ser fornecidas. As plantas também devem ser tratadas em seu estágio correto de desenvolvimento. Finalmente, as condições climáticas antes, durante e depois do tratamento podem ser críticas para que haja resposta a estes produtos. Vários outros processos também podem ser afetados pela aplicação dos reguladores, como floração, formação de frutos, maturação, queda de frutos, desfolha ou características de qualidade, havendo a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre a influência desses produtos em outras características da planta (RADEMACHER, 2015).

Uso de fitorreguladores para controle do vigor excessivo das plantas pode estar relacionado também à atividade de giberelinas (OWENS; STOVER, 1999). Assim, vários trabalhos foram desenvolvidos visando à redução do crescimento de sarmentos pelo uso de substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas (UNRATH, 1999; RADEMACHER, 2000; MILLER, 2002; LO GIUDICE et al., 2003; HAWERROTH; PETRI, 2011). Outras substâncias como o etileno também foram testadas em frutíferas de clima temperado (CLINE et al., 2017), porém poucos resultados estão disponíveis sobre seu efeito no controle do crescimento. Da mesma forma, a combinação de reguladores de crescimento é pouco abordada na redução de crescimento na literatura.

2.5.1 Inibidores da biossíntese de giberelinas

Os inibidores da biossíntese de GA, que reduzem o crescimento longitudinal da parte aérea, representam um dos grupos mais importante dos reguladores, tanto em termos de valor comercial quanto em termos de área tratada. Com auxílio deles, as árvores frutíferas podem ser mantidas mais compactas, reduzindo assim os custos de poda e obtendo uma melhor relação entre o crescimento vegetativo e, mantendo-as compactas, o que também reduz o espaço necessário para a produção e melhora da produtividade (RADEMACHER 2000; RADEMACHER 2015).

Os diferentes tipos de retardadores de crescimento conhecidos por interferirem em diferentes estágios da biossíntese de GA compreendem os seguintes (RADEMACHER, 2000):

- O cloreto de clormequate e o cloreto de mepiquat são compostos de amônio quaternário que inibem as ciclases envolvidas nos estágios iniciais do metabolismo do GA, o que leva à formação de ent-caureno;
- Compostos com um heterociclo contendo nitrogênio, monooxigenases dependentes do citocromo P450, que catalisam a oxidação do ent-caureno via ácido ent-caurenoico em GA12-aldeído. As pirimidinas ancimídol e flurprimídol e os triazóis paclobutrazol, uniconazol-P, tebuconazol e metconazol são os mais relevantes;
- Os estágios finais da biossíntese de GA são catalisados por dioxigenases, que requerem ácido 2-oxoglutarico como um co-substrato. Devido à sua relação estrutural com o ácido 2-oxoglutarico, o daminozide e as acilciclohexanodionas, Trinexapaque-etílico e Proexadiona cálcica inibem essas reações. No entanto, os dois últimos compostos são significativamente mais específicos e ativos.

Entre as substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas, o trinexapaque-etílico pode promover o encurtamento de entrenós, aumentar o número de folhas e frutos, promovendo incremento considerável na produção de frutíferas. Conhecida comercialmente como Moddus®, é um regulador vegetal amplamente utilizado como supressor vegetativo e promotor do acúmulo de sacarose no colmo da cana-de-açúcar (LEITE et al., 2009), redutor da altura e aumento de produtividade em trigo (MATYSIAK, 2006) e redutor do alongamento de sarmentos de *Hancornia speciosa* (CALDAS et al., 2009).

Já a Proexadiona cálcica (ácido Ca-3,5-dioxo-4-propionilciclo-hexanocarboxílico) regula os estágios finais da biossíntese de giberelinas por inibir a atividade da 3β-hidroxilação

que converte GA20 em GA1 (ILIAS; RAJAPAKSE, 2005; KIM et al., 2007). Segundo Rademacher, (2000), o que ocorre efetivamente é a redução de giberelinas biologicamente ativas (GA1), pelo aumento nos níveis de giberelinas inativas (GA20), uma vez que esse fitorregulador bloqueia a conversão da GA20 para GA1. Giberelinas ativas como a GA1 desempenham um papel importante no alongamento de sarmentos. Seu precursor imediato é a GA20, que é biologicamente inativa. A conversão da GA20 para GA1 é mediada pela enzima GA20-3 β -hidroxilase (RADEMACHER, 2009; FAGAN et al., 2015).

Segundo Greene (1999), a Proexadiona cálcica mostra-se eficaz no controle do crescimento vegetativo e tem potencial para aumentar a produtividade em macieiras, além de reduzir a necessidade de poda. As primeiras referências de videira com relação à Proexadiona cálcica são as obras de Lo Giudice et al. (2003), que observaram uma redução no crescimento dos sarmentos de videiras da espécie *Vitis vinifera*; contudo, essa redução no crescimento não eliminou a necessidade da realização do desponte.

De acordo com Miller (2002), a efetividade do Proexadiona cálcica no número de sarmentos podados é maior quando esse fitorregulador é aplicado em menor concentração e em múltiplas aplicações ao longo do ciclo, em comparação ao uso de uma única aplicação em maior concentração. Da mesma forma, Unrath (1999) e Greene (1999), avaliando o efeito do Proexadiona cálcica em uma única aplicação, observaram vigoroso recrescimento de sarmentos depois de cessado o efeito desse fitorregulador, sugerindo que devem ser efetuadas múltiplas aplicações a fim de minimizar novos ciclos de crescimento de sarmentos.

Vários fatores podem influenciar na eficácia da atividade de Proexadiona cálcica, como a biodisponibilidade do ingrediente ativo no tecido alvo, estágio fenológico da planta no momento da aplicação, número de tratamentos (RADEMACHER et al., 2004), idade e espécie da planta, vigor, a sensibilidade do cultivar, a concentração da calda e condições climáticas (EVANS et al., 1999). Villar et al. (2011) verificou que a aplicação da Proexadiona cálcica na plena florada causou redução no vigor e aumento na produtividade de plantas da videira Grano d'Oro (registrada como SCS421 Paulina). Resultado que não confere com o encontrado por Lo Giudice et al., (2004), que observaram que aplicações de Proexadiona cálcica no período da floração pode ter um efeito significativo na redução da produtividade.

Segundo Rademacher et al. (2006), a frutificação efetiva pode ser maximizada pelo uso de fitorreguladores como a Proexadiona cálcica, através do controle do crescimento vegetativo das plantas, favorecendo a formação de gemas floríferas.

De acordo com Rademacher (2009) e Hawerth; Petri (2014), o controle do crescimento vegetativo é mais efetivo alcançado quando o crescimento dos sarmentos está sob

controle desde o início do período de crescimento. Já Hawerroth et al. (2012), observou que, para macieiras, a época da máxima eficácia da Proexadiona cálcica muitas vezes corresponde ao final do florescimento. Giudice et al. (2004); Avizcuri-inac et al. (2013); Rufato et al. (2014), argumentam que a aplicação do PCa pode reduzir a produção e o rendimento de frutos quando aplicada em estágios iniciais de desenvolvimento até o pleno florescimento que pode estar relacionado ao abortamento das flores.

A aplicação de Proexadiona cálcica pode interferir no conteúdo de auxina no ápice dos sarmentos, reduzindo os efeitos da dominância apical, proporcionando melhor translocação dos fotoassimilados, o que favorece a maior frutificação, tamanho e qualidade dos frutos (RAMÍREZ et al., 2006). De acordo com Sabatini et al. (2003), a aplicação de Proexadiona cálcica pode aumentar a assimilação de CO₂, e consequentemente a atividade fotossintética das plantas tratadas em até 50%. Segundo Rufato et al. (2014) a aplicação da Proexadiona cálcica pode causar a redução da produtividade e a frutificação no cultivar Cabernet Sauvignon. Gardin et al. (2011) verificou cachos mais compridos com bagas menores, logo, menos compactos, resultando em menor massa média de cachos.

2.5.2 Compostos relacionados a auxinas

Auxinas estão envolvidas no alongamento e na divisão célula e em reações fototrópicas e gravitrópicas. As auxinas, quando em concentrações mais altas podem inibir essas reações e dar o efeito oposto. A dominância apical baseia-se no fato de que a auxina produzida no botão do ápice inibe o crescimento dos botões laterais. As auxinas também desempenham um papel na atração de assimilados. As auxinas sintéticas são frequentemente mais persistentes do que as que ocorrem naturalmente. A indução da formação de etileno está ligada a muitos efeitos causados pelas auxinas (ABELES et al., 1992).

O ácido naftaleno acético (ANA) foi um dos primeiros reguladores de crescimento do grupo das auxinas utilizados comercialmente. O ANA promove a síntese de etileno e, quando aplicado nas plantas, causa epinastia, que é um murchamento das folhas que persiste em torno de 24 horas. É utilizado no controle da queda prematura dos frutos de macieira, no raleio químico, no enraizamento de estacas e no controle do crescimento, principalmente em cortes de poda e nos rebrotamentos de porta-enxerto de macieira (PETRI et al., 2016). Conforme Tecchio et al. (2009), a aplicação de 100 mg L⁻¹ de ANA proporcionou redução da degrana e da incidência de podridões em uva ‘Niagara Rosada’.

2.5.3 Compostos relacionados ao etileno

O Etefon é um regulador vegetal do grupo químico do etileno, que em contato com o tecido vegetal induz a liberação deste hormônio vegetal (IQBAL et al., 2017), muito eficaz na década de 1960, mas seu uso no manejo de frutíferas era limitado porque também era um forte raleante de frutos (EDGERTON; GREENHALGH, 1969). O hormônio vegetal etileno está envolvido em muitos processos vegetais, como estimulação ou inibição do crescimento celular, indução do florescimento, promoção da senescência de tecidos e órgãos, amadurecimento de frutos e formação de camadas de abscisão que leva a folhas e frutos cair. O status do etileno na planta pode ser afetado de diferentes maneiras por diferentes reguladores de crescimento. Sozinho ou em combinação com outros reguladores de crescimento, ele possui muitos usos. Deve-se notar também que auxinas induzem a formação de etileno nas plantas tratadas, como parte de seu modo de ação (ABELES et al., 1992).

A aplicação de etefon pode reduzir o crescimento de sarmentos. O etefon, quando aplicado em tecidos vegetais, é degradado e forma etileno. Segundo Wertheim e Webster (2005), a formação de etileno nos tecidos, possivelmente, induz à diminuição da disponibilidade de auxinas nas regiões terminais dos sarmentos, desencadeando a redução do crescimento destes. Tendo em vista os efeitos do etefon na abscisão e no avanço da maturação dos frutos pelo aumento da síntese do etileno, o uso do Etefon visando ao controle do desenvolvimento vegetativo não tem se mostrado adequado. Para melhorar a eficácia do etefon (50 a 100 mg L⁻¹), ele foi utilizado em mistura de tanque com ácido naftaleno acético na cultura da macieira (10 a 20 mg L⁻¹) (PETRI et al., 2016).

2.6 NUTRIÇÃO DA VIDEIRA

De acordo com a FAO (2015), foram produzidos aproximadamente 2 bilhões de toneladas de alimentos em 1990 para atender uma população de 5 bilhões de habitantes. Até o ano de 2025 essa produção deverá dobrar. Aumentar a produção, mas, sobretudo a produtividade, passa obrigatoriamente pela utilização de tecnologias melhores no campo e maior utilização de insumos como corretivos e fertilizantes (NATALE; ROZANE, 2018).

A fim de atingir esses objetivos é preciso conhecer os fatores limitantes do desenvolvimento e da produtividade das plantas. Dessa forma, o aspecto nutricional é fundamental não apenas pelos efeitos diretos sobre a produtividade, mas, também, porque envolve a prática de adubação que representa um dos maiores custos da produção. É preciso

estabelecer critérios eficazes para a diagnose do estado nutricional dos pomares uma vez que, no caso das frutíferas, o estado nutricional das plantas tem relação direta com a qualidade dos frutos (NATALE; ROZANE, 2018).

Os nutrientes minerais exercem importantes funções nos processos fisiológicos e nos componentes estruturais da videira, desempenhando uma atividade bastante complexa. Também são de grande importância para a determinação da qualidade e valor nutricional dos frutos sendo preocupante não apenas para o viticultor, mas também para o enólogo, porque exerce grande influência no crescimento e produtividade das videiras, na nutrição da baga, no suco e na composição do mosto (PROFFITT; CAMPBELL-CLAUDE, 2012).

A correção do solo e a adubação, mesmo sendo práticas generalizadas entre os produtores, ainda são feitas, em muitos casos, de forma empírica, sem atentar para as reais necessidades em nutrientes da videira. Para realização da correção nutricional dos vinhedos, é importante saber a quantidade de nutrientes utilizados pelas plantas tanto para crescer, como para produzir cachos., levando em conta a quantidade desses nutrientes exportados em decorrência da colheita (ALBUQUERQUE et al., 2005).

Nota-se uma grande evolução nos métodos de determinação das exigências nutricionais dos vegetais, de maneira geral, no entanto, na fruticultura ainda há muitas dúvidas, visto a característica de perenidade da planta, o emprego da poda e o extenso sistema radicular que explora a camada abaixo da superficial que é analisada rotineiramente (NATALE; ROZANE, 2018).

A definição das quantidades de nutrientes requeridos pela videira, durante todo o seu desenvolvimento é um assunto bastante contraditório, pois existem uma série de fatores envolvidos nos processos de extração, translocação e mobilização de nutrientes. Com relação ao solo pode-se dizer que as características físicas, químicas e biológicas do mesmo podem interferir nas quantidades de nutrientes disponíveis às videiras. A capacidade de extração e translocação de nutrientes do porta-enxerto utilizado é outro fator de suma importância para estimar as quantidades de nutrientes requeridos pela cultura. Além disso, tem-se as características próprias do cultivar considerada: idade da cultura, vigor, potencial produtivo, finalidade da produção (mesa ou vinho), tipo de condução e muitos outros aspectos (ALBUQUERQUE, 2004).

2.6.1 Efeito dos reguladores de crescimento na nutrição da videira

Existe pouca informação disponível relacionada ao efeito de reguladores de crescimento sobre a nutrição das bagas. A análise dos nutrientes nos pecíolos do cultivar Itália mostrou que houve um efeito significativo dos reguladores sobre as concentrações de nutrientes (ALBUQUERQUE et al., 2000). Segundo Albuquerque (1998), é possível não só diminuir o ritmo de crescimento dos sarmentos, como também alterar a concentração de nutrientes em plantas de videira dos cultivares Thompson Seedless e Itália pelo uso de retardadores de crescimento.

De modo geral, os reguladores vegetais agem de forma direta, na absorção radicular e, indireta, quando causam efeito sobre o aumento ou a redução da demanda por vários compostos, incluindo os minerais (TROMP, 1989). De acordo com Van Steveninck (1976), constata-se que as substâncias reguladoras de crescimento influenciam vários fenômenos fisiológicos relacionados com a absorção mineral, como por exemplo: condutância da membrana e utilização metabólica de íons.

Alguns autores como Stahly e Benson, (1976) e Atkinson e Crisps, (1982) comentam que a absorção de nutrientes minerais não é afetada pela aplicação de giberelinas e auxinas em fruteiras de clima temperado, como a macieira e a pereira, não havendo alteração nos níveis de N, P, K, Ca e Mg das plantas. Entretanto, para Himelrick et al. (1976), Steenkamp e De Villiers (1979), Albuquerque (1998) e Albuquerque et al. (2000), os reguladores vegetais que inibem a síntese das giberelinas e o crescimento dos sarmentos têm influenciado a concentração de nutrientes em diversas culturas perenes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JR, M. E. Ethylene in plant biology. Academic press, 2012.

ALBUQUERQUE, T.C.S.; ALBUQUERQUE NETO, A.A.R.; DEON, M.D. **Exportação de nutrientes pelas videiras cvs. Itália e Benitaka cultivadas no Vale do Rio São Francisco.** In: X Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XII Congresso Latino-americano de Fisiologia Vegetal, Recife. Anais, 2005.

ALBUQUERQUE, T.C.S. **Absorção de macronutrientes pelas cultivares de videira Thompson Seedless e Itália sob efeito de diferentes retardadores de crescimento e porta-enxertos.** 69p. Tese (Doutorado) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

ALBUQUERQUE, T.C.S.; DECHEN, A.R.; CASTRO, P.R.C. Retardadores de crescimento e características nutricionais das cultivares de videira Thompson Seedless e Itália. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.45-53, 2000.

ALBUQUERQUE, T. C. S. Adubação mineral da videira. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: FEIRA NACIONAL DA AGRICULTURA IRRIGADA-FENAGRI, 2004, Petrolina. Minicursos: apostilas. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004.

ALBUQUERQUE, T. C. S.; MOUCO, M. A. do C.; ALBUQUERQUE, N.; A. A. Reguladores de crescimento vegetal na concentração de macronutrientes em videira Itália. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 553-561, 2008.

ALLEWELDT, G. Über den Einfluss der Temperatur auf die Blutung von Reben. *Vitis* 5, p.10, v.16, 1965.

ALLEWELDT, G.; HIFNY, H. A. A. Zur Stiellahme der Reben. II. Kausalanalytische Untersuchungen. **Vitis**, 1972.

ALLEWELDT, G.; ILTER, E. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Blütenbildung und Triebwachstum bei Reben. *Vitis*. v. 8, p.286-313. 1969.

ALLEWELDT, G.; DÜRING, H.; JUNG, K.-H. Zum Einfluss des Klimas auf Beerenentwicklung, ertrag und qualität bei Reben: Ergebnisse einer siebenjährigen Faktorenanalyse. **VITIS-Journal of Grapevine Research**, v. 23, n. 2, p. 127, 2016.

ALLEWELDT, G.; POSSINGHAM, J.V. Progress in grapevine breeding. **Theor. Appl. Genet.** v. 75, p. 669-673. 1988.

ATKINSON, D.; CRISPS, C.M. The effects of a number of plant growth regulators on fruit tree roots growth and mineral nutrition. **Journal of Science Food Agricultural**, v.34, p 265, 1982.

AVIZCURI-INAC, J. M. et al. Effect of cluster thinning and prohexadione calcium applications on phenolic composition and sensory properties of red wines. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 5, p. 1124-1137, 2013.

BARNARD C.; THOMAS, J.E. Fruit bud studies. The Sultana. IV. Methods of forecasting yield. **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**. Australia. v.11, p.151–159, 1933.

BESLIC, Z.; TODIC, S.; TESIC, D. Validation of non-destructive methodology of grapevine leaf area estimation on cv. Blaufränkisch (*Vitis vinifera* L.). **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 31, n. 1, p. 22-25, 2010.

BORGHEZAN, M. **Comportamento ecofisiológico da videira (*Vitis vinifera* L.) cultivada em São Joaquim, Santa Catarina: área foliar, crescimento vegetativo, composição da uva e qualidade sensorial dos vinhos**. 226p. Tese (Doutor em ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BORGHEZAN, M. et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 398-405, 2011.

BOTELHO, R. V. et al. Efeitos do paclobutrazol na fertilidade de gemas e no crescimento dos ramos de videiras cv. Rubi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n.2, p. 345-347, 2004a.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J.; TERRA, M. M. Efeitos do Cycocel na fertilidade de gemas e no crescimento dos ramos de videiras cv. Itália (*Vitis vinífera* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n.1, p.78-81, 2004b.

BÖTTCHER, C.; BOSS, P. K.; DAVIES, C. Increase in cytokinin levels during ripening in developing *Vitis vinifera* cv. Shiraz berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 64, n. 4, p. 527-531, 2013.

BRIGHENTI, A.F. et al. Desponte dos sarmentos da videira e seu efeito na qualidade dos frutos de 'Merlot' sobre porta-enxertos 'Paulsen 1103' e 'Couderc 3309'. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 32, n. 1, p. 19-26, 2010.

BRUMMELL, David A. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, v. 33, n. 2, p. 103-119, 2006.

BUTTROSE, M. S.; MULLINS, M. G. Proportional reduction in shoot growth of grapevines with root systems maintained at constant relative volumes by repeated pruning. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 21, n. 6, p. 1095-1102, 1968.

CADOT, Y.; MIÑANA-CASTELLÓ, M. T.; CHEVALIER, M. Anatomical, histological, and histochemical changes in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv Cabernet franc during fruit development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 24, p. 9206-9215, 2006.

CALDAS, L. S. et al. Growth-active gibberellins overcome the very slow shoot growth of *Hancornia speciosa*, an important fruit tree from the Brazilian "Cerrado". **Trees**, v. 23, n. 6, p. 1229, 2009.

CALIARI, V. Uva e Vinho. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2013-2014. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2014.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

CAMILI, E. C. **Ação de biorreguladores na brotação, produção e algumas características físico-químicas de uva cultivar Superior Seedless**. 206p. Tese (Doutor em agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

CARMONA, M. J. et al. A molecular genetic perspective of reproductive development in grapevine. **Journal of experimental botany**, v. 59, n. 10, p. 2579-2596, 2008.

CHERVIN, C. et al. Stimulation of the grape berry expansion by ethylene and effects on related gene transcripts, over the ripening phase. **Physiologia Plantarum**, v. 134, n. 3, p. 534-546, 2008.

COOKE, J. E.K.; ERIKSSON, M. E.; JUNTILA, O. The dynamic nature of bud dormancy in trees: environmental control and molecular mechanisms. **Plant, cell & environment**, v. 35, n. 10, p. 1707-1728, 2012.

COOMBE, B. G. Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins, and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. **Plant Physiol**, v. 35, p. 241-50, 1960.

COOMBE, B. G. Effects of growth retardants on *Vitis vinifera* L. **Nature**, v. 205, p. 305-306, 1965.

COOMBE, B. G.; HALE, C. R. The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substance treatments. **Plant physiology**, v. 51, n. 4, p. 629-634, 1973.

COSTA, T. V. da. **Desenvolvimento da videira ‘Niagara Rosada’ submetida a diferentes frequências de poda de produção em clima Cwa**. 104p. Tese (Doutor em ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CURRLE, O. et al. *Biologie der Rebe*. Neustadt an der Weinstrasse. Meininger, Germany. 1983.

DAVIES P.J. Plant hormones. **Biosynthesis, signal transduction, action!** Editora Kluwer Academic Publisher. 3^aed, p.718, 2010.

DAVIES, C.; BÖTTCHER, C. Hormonal control of grape berry ripening. In: Roubelakis-Angelakis, K.A. (Ed.), **Grapevine Molecular Physiology and Biotechnology**, second ed. Springer, Dordrecht, The Netherlands,, p.229-261, 2009.

DAYAN, J. et al. Leaf-induced gibberellins signaling is essential for internode elongation, cambial activity, and fiber differentiation in tobacco stems. **The Plant Cell**, vol. 24, p. 66-79, 2012.

DELOIRE, A.; OJEDA, H.; CARBONNEAU, A. Influence of water deficits on grape berry growth. **Vitis: Journal of Grapevine Research**, v. 40, n. 3, p. 141-145, 2001.

DECHEN, A.R. Acúmulo de nutrientes pela videira (*Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L.) cv. 'Niagara Rosada', durante um ciclo vegetativo. Piracicaba: USP-ESALQ, 1979. 133 p. Dissertação Mestrado.

DOKOOZLIAN, N. K.; KIEWER, W. M. The light environment within grapevine canopies. I. Description and seasonal changes during fruit development. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 46, n. 2, p. 209-218, 1995.

DRUART, N. et al. Environmental and hormonal regulation of the activity–dormancy cycle in the cambial meristem involves stage-specific modulation of transcriptional and metabolic networks. **The Plant Journal**, v. 50, n. 4, p. 557-573, 2007.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian journal of grape and wine research**, v. 4, n. 3, p. 140-148, 1998.

EBADI, A. et al. Seed development and abortion in *Vitis vinifera* L., cv. Chardonnay. **International Journal of Plant Sciences**, v. 157, n. 6, p. 703-712, 1996.

EDGERTON, L.T.; GREENHALGH, W.S. Regulation of growth, flowering and fruit abscission with 2-chloroethanephosphonic acid. *J Amer Soc Hort Sci*, 1969.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. 2018. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2017_18.pdf. Acessado em: 9 de março, 2020.

EVANS, J. R. et al. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, prohexadione-calcium. **HortScience**, v.34, n.7, p. 1200-1201, 1999.

FAGAN, E. B. et al. **Fisiologia Vegetal: Reguladores vegetais**. 1. Ed. Organização Andrei Editora LTDA, São Paulo, p.300, 2015.

FAGUNDES, E. et al. Proexadiona cálcica e diferentes cargas de frutos no controle de desenvolvimento vegetativo e produção de macieiras ‘gala’ sob tela antigranizo. **14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-congrega URCAMP-2017**, p. 2286-2296, 2017.

FALCÃO, L.D. et al. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigación Agraria**, v.35, p.271-282, 2008.

FAO – Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture, 2015 – Année International des Sols. Des sols sains sont le fondement d’une production alimentaire saine. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4405f.pdf>. Acesso em: 09 set. 2019.

FREEMAN, B. M.; LEE, T. H.; TURKINGTON, C. R. Interaction of irrigation and pruning level on growth and yield of Shiraz vines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 30, n. 3, p. 218-223, 1979.

FREGONI, C.; PEZZUTO, S. Principes et premières approches de l’indice bioclimatique de qualité de Fregoni. **Progres Agricole et Viticole**, Montpellier, v. 18, p. 390-396, 2000.

FONTI, P.; SOLOMONOFF, N.; GARCÍA-GONZÁLEZ, I. Earlywood vessels of Castanea sativa record temperature before their formation. *New Phytologist*. v.173, p.562-570, 2007.

GARDIN, J. P. P. et al. Inibição de giberelina com aplicação de “prohexadione-ca” influencia nas características físicas das uvas Cabernet Sauvignon. **XII Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado**, Fraiburgo, SC. 2011.

GIACOMELLI, L. et al. Gibberellin metabolism in Vitis vinifera L. during bloom and fruit-set: functional characterization and evolution of grapevine gibberellin oxidases. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 14, p. 4403-4419, 2013.

GIL, G.; PSZCZOLKOWSKI, P. **Viticultura: Fundamentos para Optimizar Producción y Calidad**. Ediciones Universidad Católica de Chile: Santiago, Chile. p. 535, 2007.

GILLASPY, G; BEN-DAVID, H; GRUISSEM, W. Fruits: a developmental perspective. **The Plant Cell**, v. 5, n. 10, p. 1439, 1993.

GREENE, D.W. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with Prohexadione Calcium (BAS-125). **HortScience**, Alexandria, v.34, p.1209-1212, 1999.

GREENE, D. W. The development and use of plant bioregulators in tree fruit production. In: **XI International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production**. v. 884, p. 31-40, 2009.

GU, S. et al. Effects of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield and fruit composition of Sauvignon Blanc grapevines under partial rootzone drying and conventional irrigation in the San Joaquin Valley of California, USA. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Coventry, v.79, n.1, p.26-33, 2004.

HARDIE, W.J., 2000. Grapevine biology and adaptation to viticulture. *Aust. J. Grape Wine Res*, v. 6, p. 74-81, 2000.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, L. J. Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

HAWERROTH, F.J. et al. Épocas de aplicação de proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras ‘Imperial Gala’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 957-963, 2012.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. Crescimento vegetativo de macieiras ‘Fuji Suprema’ sob influência da época de aplicação de prohexadione cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 373-380, 2014.

HEDDEN, P; THOMAS, S.G. **The Gibberellins. Annual Plant Reviews**, P.470. 2016.

HIDALGO, L. **Tratado de viticultura general**. Madrid: Mundi-prensa, p.983, 1993.

HIMELRICK, D.G.; POLLARD, J.E.; ESTES, G.O. Effect of daminozide and NAA on Ca uptake and accumulation in “McIntosh” apple seedlings. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, p. 713-715, 1976.

HOLZAPFEL, B.P. et al. Dynamics of carbohydrate reserves in cultivated grapevines. **Hortic. Rev. (American Society of Horticulture Science)**. v.37, p.143-211, 2010.

HOWELL, G. S. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 52, n.3, p. 165-174, 2001.

HUANG, X. M.; HUANG, H. B. Early post-veraison growth in grapes: evidence for a two-step mode of berry enlargement. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 7, n. 3, p. 132-136, 2001.

HUGLIN, P.; SCHNEIDER, C. **Biologie et Ecologie de la Vigne**, second ed. Lavoisier, Paris, 1998.

ILIAS, I.; RAJAPAKSE, N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. **Scientia Horticulturae**, v.106, p.190-202, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <
<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: jan. 2019.

INTRIERI, C.; FILIPPETTI, I. Innovations and outlook in grapevine training systems and mechanization in North– Central Italy. In: American society for enology and viticulture annual meeting. Seattle, WA. Proceedings. Seattle: **The American Society for Enology and Viticulture**, v. 50, p. 170–184, 2000.

IQBAL, N. et al. Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with other phytohormones. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-9, 2017.

IWAHORI, S.; WEAVER, R. J.; POOL, R. M. Gibberellin-like activity in berries of seeded and seedless Tokay grapes. **Plant Physiology**, v. 43, n. 3, p. 333-337, 1968.

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principles and Applications**. 3rd ed. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press, p. 751. 2008.

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

JIA, H. F. et al. Absciscic acid plays an important role in the regulation of strawberry fruit ripening. **Plant physiology**, v. 157, n. 1, p. 188-199, 2011.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Academic Press, 2015.

KELLER, M.; KOBLET, W. Is carbon starvation rather than excessive nitrogen supply the cause of inflorescence necrosis in *Vitis vinifera* L. **Vitis**, v. 33, p.81-86, 1994.

KELLER, M.; KOBLET, W. Dry matter and leaf area partitioning, bud fertility and second-season growth of *Vitis vinifera* L.: responses to nitrogen supply and limiting irradiance. **Vitis**, v.34, p.77-83. 1995.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Editora Guanabara Koogan, 2ªed, p. 431, 2012.

KIM, H.Y. et al. Effect of prohexadione calcium on growth components and endogenous gibberellins contents of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.193, p.445-451, 2007.

KLIEWER, W.M. Effect of root temperature on budbreak, shoot growth, and fruit-set of 'Cabernet Sauvignon' grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**. v.26, p. 82-89. 1975.

KLIEWER, W.M. **Grapevine physiology**. How does a grapevine make sugar? Davis: University of California, Division of Agricultural Science, 1981.

KLIEWER, W. M.; BOWEN, P.; BENZ, M. Influence of shoot orientation on growth and yield development in Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 40, n. 4, p. 259-264, 1989.

KLIEWER, M.; DOKOOZLIAN, N.. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 56, p. 170-181, 2005.

KOBLET, W. Effectiveness of shoot topping and leaf removal as a means of improving quality. **Acta Horticulture**, v.2016, p.141-155, 1987.

KOBLET, W. et al. Influence of leaf removal, rootstock, and training system on yield and fruit composition of Pinot noir grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.45, p. 181-187, 1994.

LAKSO, A. N.; SACKS, G. L. **Vine balance: What is it and how does it change over the season?** In : Recent Advances in Grapevine Canopy Management. University of California, Davis, p. 21 – 25, 2009.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. Plant physiological ecology. New York: Springer-Verlag, p.540, 1998.

LEÃO, P. C. de S.; BRANDAO, E. O.; GONCALVES, N. P. da S. Produção e qualidade de uvas de mesa 'Sugraone' sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1526-1531, 2011.

LEITE, G. H. P. et al. Maturadores e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar variedade RB855453 em início de safra. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.781-787, 2009.

LO GIUDICE, D.; WOLF, T. K.; MARINI, R. P. Vegetative response of *Vitis vinifera* to prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v.38, p.1435- 1438, 2003.

LO GIUDICE, D.; WOLF, T. K.; ZOECKLEIN, B. W. Effects of Prohexadione-calcium on Grape Yield Components and Fruit and Wine Composition. **American Journal of Viticulture and Enology**, Davis, v.55, p.73-83, 2004.

LOHNERTZ, O.; SCHALLER, K.; MENGEL, K. Nährstoffdynamik in Reben. III. Mitteilung: Stickstoffkonzentration und Verlauf der Aufnahme in der Vegetation. Wein-Wiss. v.44, p.192-204, 1989.

MARGOTI, G. **Controle do crescimento, fenologia e curva de maturação do cacho da videira 'Merlot' em Campo Largo-PR**, 2016.

MATSYAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, Pozń, v. 46, n. 2, 2006.

MIELE, A.; MANDELLI, F. Manejo do dossel vegetativo e seu efeito nos componentes de produção da videira Merlot. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v.34, n.4, p. 964-973, 2012.

MILLER, S.S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, p. 11-28, 2002.

MONACO NETO, L. C. **Desenvolvimento de videira ‘Niagara Rosada’ podada em diferentes épocas**. 65p. Dissertação (Mestre em ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MOTA, C. S. et al. Comportamento vegetativo e produtivo de videiras' Cabernet Sauvignon' cultivadas sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 148-153, 2008.

MULLINS, M. G.; SRINIVASAN, C. Somatic embryos and plantlets from an ancient clone of the grapevine (cv. Cabernet-Sauvignon) by apomixis in vitro. **Journal of Experimental Botany**, v. 27, n. 5, p. 1022-1030, 1976.

MULLINS, M.G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L.E. Biology of the Grapevine. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK. 1992.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. Registro: Ed. UNESP, p. 124, 2018.

OLMO, H.P. The potential role of (vinifera 3 rotundifolia) hybrids in grape variety improvement. **Experientia**. v.42, p. 921-926. 1986.

OWEN, S. J. et al. Profiles of abscisic acid and its catabolites in developing Merlot grape (Vitis vinifera) berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 3, p. 277-284, 2009.

OWENS, C. L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to Prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v.34, p.1194-1196, 1999.

NITSCH, J. P. et al. Natural growth substances in Concord and Concord Seedless grapes in relation to berry development. **American Journal of Botany**, v. 47, n. 7, p. 566-576, 1960.

PASTOR DEL RIO, J. L.; KENNEDY, J. A. Development of proanthocyanidins in *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir grapes and extraction into wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 2, p. 125-132, 2006.

PATTISON, R. J.; CSUKASI, F.; CATALÁ, C. Mechanisms regulating auxin action during fruit development. **Physiologia plantarum**, v. 151, n. 1, p. 62-72, 2014.

PETRI, J.L. et al. Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. Florianópolis: Epagri, 141p. 2016.

PILATI, S. et al. Genome-wide transcriptional analysis of grapevine berry ripening reveals a set of genes similarly modulated during three seasons and the occurrence of an oxidative burst at veraison. **BMC genomics**, v. 8, n. 1, p. 428, 2007.

POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. **Functional Plant Biology**, v. 27, n. 12, p. 1191-1191, 2000.

PRATT, C. Reproductive anatomy in cultivated grapes: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.22, p.92–109, 1971.

PRIVÉ, J. P. et al. Preliminary results on the efficacy of apple trees fruit with the growth retardant Prohexadione–Calcium (Apogee) in the Eastern Canada. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.636, p.137-144, 2004.

PROFFITT, T.; CAMPBELL-CLAUSE, J. Managing grapevine nutrition and vineyard soil health. **Grape Wine Research Development Corporation (GWRDC)**, v. 32, 2012.

PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, UA A. **Vitivinicultura brasileira: panorama setorial em 2010**. Brasília, DF: Bento Gonçalves: IBRAVIN: Embrapa Uva e Vinho, p. 108, 2011.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.51, p.501-531, 2000.

RADEMACHER, W. Chemical Regulation of Shoot Growth in Fruit Trees. *Acta 524 Horticulturae*, v. 653, p. 29-32, 2004.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 727, p. 97-106, 2006.

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of plant growth regulation*, v. 34, n. 4, p. 845-872, 2015.

RAMÍREZ, H.; ALONSO, S.; BENAVIDES, A. Prohexadione-ca modifies growth and endogenous hormones in the shoot apex in apple trees. *Acta Horticulturae*, v. 727, p. 117, 2006.

REUTHERS, G.; REICHARDT, A. Temperatureinflüsse auf Blutung und Stoffwechsel bei *Vitis vinifera*. *Planta*. p. 59, 391, v.410, 1963.

REYNIER, A. **Manual de viticultura**. 5.ed. Madrid: Mundi-Prensa, p. 407, 1995.

RISTIC, R.; ILAND, P.G. Relationships between seed and berry development of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz: developmental changes in seed morphology and phenolic composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v.11, p.43-58, 2005.

ROGIERS, S.Y. et al. Soil temperature moderates grapevine carbohydrate reserves after bud break and conditions fruit set responses to photoassimilatory stress. *Functional Plant Biology*. v.38, p.899-909, 2011.

RUAN, Y. L. et al. Molecular regulation of seed and fruit set. *Trends in plant science*, v. 17, n. 11, p. 656-665, 2012.

RUFATO, L. et al. Effects of prohexadione-calcium on yield components and fruit composition of Cabernet Sauvignon in Southern Brazil. **37th OIV Congress**, Argentina, 2014.

SABATINI, E. M. et al. Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. *HortScience*, v. 68, n.3, p. 123-128, 2003.

SANTOS, C. M. G. **Fisiologia e metabolismo da videira cv. Syrah no Submédio do Vale do São Francisco sob três estratégias de irrigação.** 143 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Campus Botucatu, Botucatu, 2012.

SCARPARE, F. V. **Determinação de índices biometeorológicos da videira ‘Niagara Rosada’ (*Vitis labrusca* L.) podada em diferentes épocas e fases do ciclo vegetativo.** 76p. Dissertação (Mestre em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SCHUBERT, A.; LOVISOLO, C.; PETERLUNGER, E. Shoot orientation affects vessel size, shoot hydraulic conductivity and shoot growth rate in *Vitis vinifera* L. **Plant, Cell & Environment**, v. 22, n. 2, p. 197-204, 1999.

SERRANI, J. C. et al. Auxin-induced fruit-set in tomato is mediated in part by gibberellins. **The Plant Journal**, v. 56, n. 6, p. 922-934, 2008.

SILVA, T. C. D. **Crescimento vegetativo e diferenciação floral em videiras 'sauvignon blanc' e 'cabernet sauvignon' cultivadas em São Joaquim-SC.** Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2015.

SINGH, S.; BINDRA, A. S.; BRAR, S. S. Nutrients removal by grapevines (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. *Journal of Research, Punjab Agricultural University*, v. 22, n. 4, p. 667-670, 1985.

SMART, R.E.; COOMBE, B.G. Water relation of grapevines. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). *Water deficits and plant growth*. Vol. VII. **New York: Academic Press**, p. 137-196, 1983.

SOUZA, C.R. et al. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 106, n. 2-3, p. 261-274, 2005.

SRINIVASAN, C.; MULLINS, M. G. Physiology of flowering in the grapevine—a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 32, n. 1, p. 47-63, 1981.

STAHLY, E.; BENSON, N. R., Calcium levels of ‘Golden Delicious’ apples as influenced by calcium sprays, 2, 3, 5 - triiodobenzoic acid, and other plant growth regulator sprays. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.101, p.120 -122, 1976.

STAUDT, G.; SCHNEIDER, W.; LEIDEL, J. Phases of berry growth in *Vitis vinifera*. **Annals of botany**, v. 58, n. 6, p.789-800, 1986.

STEENKAMP, J.; DE VILLIERS, O. T., The effect of growth regulators on the uptake and distribution of calcium in 'Golden Delicious' apples. **AGroplantae**, Pretoriae, v.11, p. 79 – 81, 1979.

SYMONS, G. M. et al. Grapes on steroids. Brassinosteroids are involved in grape berry ripening. **Plant physiology**, v. 140, n. 1, p. 150-158, 2006.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre-RS: Artmed, p. 888, 2017.

TECCHIO, M. A. et al. Effect of naphthalene acetic acid and calcium chloride in reducing postharvest losses of 'Nigara Rosada' grapes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2009.

THOMAS, S. G.; RIEU, I.; STEBER, C. M. Gibberellin metabolism and signaling. **Vitamins & Hormones**, v. 72, p. 289-338, 2005.

THIS, P.; LACOMBE, T.; THOMAS, M.R. Historical origins and genetic diversity of wine grapes. **Trends. Genet.** v. 22, p. 511-519. 2006.

TROMP, J. Interrelationships between plant growth regulators and fruit tree mineral nutrition. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 239. 399-408. 1989.

TURGEON, R. The role of phloem loading reconsidered. **Plant Physiology**. v.152, p.1817-1823, 2010.

YAMAGUCHI, S. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annual Revision of Plant Biology**, v. 59, p. 225-251, 2008.

UNRATH, C. R. Prohexadione-Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience, Alexandria**, v. 34, n. 7, p. 1197-1200, 1999.

VAN STEVENINCK, R. F. M. Effect of hormones and related substances on ion transport. In: **Transport in Plants II**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 307-342, 1976.

VILLAR, L. et al. Proexadiona cálcica e a redução do vigor, produtividade e qualidade da uva grano d'oro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 536-540, 2011.

WAN, Y. et al. The eco-geographic distribution of wild grape germplasm in China. **Vitis**, v. 47, p. 77-80. 2008.

WAREING, P. F.; NASR, T. A. A. Gravimorphism in trees: 1. Effects of gravity on growth and apical dominance in fruit trees. **Annals of Botany**, v. 25, p. 321-340, 1961.

WEBB, L. B.; WHETTON, P. H.; BARLOW, E. W. R. Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, n. 3, p. 165-175, 2007.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, p. 120-135, 2005.

WEIRTHEIM, S.J.; WEBSTER, A.D. Manipulation of growth and development by plant bioregulators. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, p.267-294. 2005.

WENT, F. W. Plant growth under controlled conditions. II. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. **American Journal of Botany**, p. 135-150, 1944.

WEYAND, K. M.; SCHULTZ, H. R. Regulating yield and wine quality of minimal pruning systems through the application of gibberellic acid. **OENO One**, v. 40, n. 3, p. 151-163, 2006.

ZALAMENA, J. et al. Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 182-189, 2013.

3 ARTIGO – REGULADORES DE CRESCIMENTO NO MANEJO DO DOSSEL DE VIDEIRAS ‘CABERNET SAUVIGNON’ EM VIDEIRA-SC

RESUMO

Em condições que favoreçam o crescimento vegetativo, o manejo do dossel em videiras é imprescindível. Para facilitar esse manejo e diminuir a mão de obra, o uso de reguladores vegetais pode ser uma alternativa para restringir o vigor além de melhorar o equilíbrio vegetativo e produtivo. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes reguladores de crescimento no crescimento vegetativo e na produção da videira ‘Cabernet Sauvignon’. O experimento foi realizado em vinhedo localizado no município de Videira, Santa Catarina, do ciclo 2016/2017 a 2018/2019. Foram utilizadas plantas de *Vitis vinifera* L., cultivar Cabernet Sauvignon, com 6 anos, enxertadas sobre os porta-enxertos ‘VR 043-43’. Foram testados os reguladores de crescimento Proexadiona cálcica (PCa), Trinexapaque-etílico (TE), e a combinação de Etefon e ácido naftaleno acético em diferentes épocas, concentrações e número de aplicações, durante 3 ciclos. Em condições que proporcionam alto vigor, como as que o vinhedo se encontra, a redução do crescimento dos sarmentos da videira ‘Cabernet Sauvignon’ pela aplicação dos diferentes reguladores de crescimento não foi efetiva. O índice Ravaz observado na área experimental foi baixo e as aplicações dos reguladores causaram uma redução ainda mais acentuada nos dois últimos anos quando o PCa e TE foram aplicados no pleno florescimento. Além disso, os mesmos tratamentos reduziram a massa média dos cachos. As plantas tratadas não apresentam alteração na área foliar total, teor de clorofila e fotossíntese.

Palavras-chave: reguladores de crescimento, *Vitis vinifera*, produtividade

3.1 INTRODUÇÃO

O excesso de crescimento vegetativo é comumente observado na produção de uvas de mesa e vinho nas condições de clima e solo de Santa Catarina. Como resultado, o sombreamento e a circulação de ar insuficiente geralmente levam a reduções no rendimento e na qualidade das uvas. Além disso, as bagas sofrerão redução de qualidade pela competição mais intensa por assimilados com o crescimento dos ramos (DRY; LOVEYS, 1998; CAMILI, 2007).

Práticas com a remoção de folhas, desbrote e despontes sucessivos são realizados com o objetivo de propiciar o equilíbrio entre a parte vegetativa e a produtiva da videira visando a

melhoria da qualidade da uva, entretanto, exigem mão de obra dos produtores, que é escassa. Ao restringir o crescimento, permite-se melhorar o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação (MILLER, 2002; HAWERROTH; PETRI, 2014).

Nos últimos anos, novas pesquisas vêm sendo realizadas com o propósito de diminuir o excesso de vigor através de métodos químicos com o uso de reguladores vegetais (DRY; LOVEYS, 1998; BOTELHO et al., 2004; ZALAMENA, 2013; RUFATO et al., 2014). O uso de fitorreguladores é uma prática que pode reduzir o crescimento das plantas, facilitando o manejo e diminuindo a mão de obra.

Inibidores de síntese de giberelinas como a Proexadiona cálcica e Trinexapaque-etílico podem ajudar a minimizar a competição por carboidratos entre a parte vegetativa e reprodutiva na videira, além de possuir papel no aprimoramento do microclima do cacho (HEDDEN; THOMAS, 2016). A Proexadiona cálcica é um regulador de crescimento com bons resultados na macieira e em outras frutíferas. Assim como o Trinexapaque-etílico ele regula os estágios finais da biossíntese de giberelinas, pois bloqueia a conversão do GA₂₀ para GA₁, de maneira a reduzir os níveis de giberelinas biologicamente ativas (RADEMACHER et al., 2006; HAWERROTH; PETRI, 2014). O Etefon pode ser uma alternativa para reduzir o crescimento de sarmentos. Em macieira, para melhorar a eficácia do etefon no raleio, ele é utilizado em mistura de tanque com ácido naftaleno acético (PETRI et al., 2016).

A eficácia dos reguladores na redução do crescimento dos ramos varia de acordo com vários fatores, incluindo condições climáticas, época de aplicação, concentração e frequência, bem como diferentes culturas e cultivares (EVANS et al., 1999; RADEMACHER, 2006; CLINE et al., 2017). No Brasil, poucos trabalhos sobre a utilização de reguladores de crescimento no manejo da videira têm obtido resultados satisfatórios, sendo necessário definir épocas, concentrações e número de aplicações visando maior eficácia no controle do desenvolvimento vegetativo. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes reguladores de crescimento no controle do crescimento vegetativo e na produção da videira ‘Cabernet Sauvignon’.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vinhedos localizados na Vinícola Santa Augusta em Videira (27°06'67"S, 51°14'86"W e a 1.000 m de altitude média) (APÊNDICE A), Santa Catarina (classificação climática de Köppen, clima mesotérmico úmido - Cfb) durante os

ciclos 2016/2017 a 2018/2019. O solo é um Nitossolo Vermelho, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) e possui alto teor de matéria orgânica, >5% conforme análise química de solo (APÊNDICE F). Foram utilizadas plantas do cultivar Cabernet Sauvignon, *Vitis vinifera* L., com 6 anos de idade, enxertadas sobre os porta-enxertos ‘VR 043-43’. O vinhedo é conduzido em espaldeira com 3 fios, em cordão esporonado bi-lateral e espaçamento de 2,90 m × 1,5 m, totalizando 2.600 por hectare (APÊNDICE B). Utiliza-se poda mista com esporões com 2 gemas e sobre-varas com 5 a 6 gemas, tendo permanecido aproximadamente 35 gemas por planta no primeiro ciclo e 50 nos dois últimos ciclos. As videiras apresentaram em média três sobre-varas por planta. Durante a condução dos experimentos, foram feitas as operações de manejo, controle fitossanitário e adubações conforme as exigências da cultura. As análises de solo de macronutrientes, micronutrientes e foliar estão nos apêndices F, G e H, respectivamente. O vinhedo apresenta excesso de vigor.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis repetições, no primeiro ciclo de avaliação e oito repetições nos dois últimos ciclos, sendo a unidade experimental formada por uma planta. Os tratamentos foram aplicados nas épocas: brotação (B) (quando as gemas estavam com 2 centímetros de comprimento), no florescimento pleno (PF) (quando 50% das flores estavam abertas), na fase de grão chumbinho (C) (4 mm) e no desponte (D) (70 dias após o florescimento) (APÊNDICE C). Os tratamentos foram:

Ciclo 2016/17: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 7 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 3. Proexadiona cálcica 7 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 7 aplicações); 4. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 5. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 6. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado pleno florescimento e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 7. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações).

Ciclo 2017/18: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 3. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento (DAPF); 4. Proexadiona cálcica 84 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 5. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte (DAD); 6. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 7. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte.

Ciclo 2018/19: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 3. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado na fase de grão chumbinho (C) e repetido 15 dias após o desponte (DAC); 4. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 6. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 7. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado na fase de grão chumbinho; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte.

Foram utilizados os produtos Viviful® (27,5% de Proexadiona cálcica (PCa)), Moddus® (25% de Trinexapaque-etílico (TE)), Ethrel® (24% de 2-chloroethylphosphonic acid (Etefon) (ETH) e ácido naftaleno acético (ANA). Todas as pulverizações foram realizadas de acordo com as recomendações do fabricante (APÊNDICE D). Utilizou-se também o espalhante adesivo não-iônico Break-thru® (0,03%).

As práticas de manejo do vinhedo tiveram início na poda de frutificação no dia 13/09/2016, 11/09/2017 e 07/09/2019. A desfolha foi realizada pouco antes do florescimento 31/10/2016, 23/10/2018 e 09/11/2019. A colheita foi realizada nos dias 07/03/2017, 02/03/2018 e 22/02/2019 sendo que nos anos de 2017 e 2019 as uvas foram colhidas com maturação ideal para espumantes. Não foi realizado desponte. Não foi realizado tratamento de indução de brotação.

As medidas do comprimento dos sarmentos foram realizadas na colheita com uma fita métrica. Também foram avaliados o comprimento (cm), número e comprimento de entrenós (cm) por ramo. Para determinar o vigor das plantas, utilizaram-se a massa de sarmentos podados na colheita e o índice de Ravaz. No momento da poda de frutificação, mediu-se a massa dos sarmentos (kg) podados com auxílio de uma balança analítica. O índice de Ravaz foi determinado como uma relação entre a massa dos frutos produzidos (kg) e a massa do material podado (kg).

A estimativa da área foliar foi realizada para o cultivar Cabernet Sauvignon durante a colheita das uvas. Foram selecionados 3 sarmentos por planta, localizados no terço médio. Mediu-se o comprimento da nervura central de todas as folhas do ramo utilizando uma régua graduada em cm. A área foliar total por ramo foi obtida segundo os modelos matemáticos obtidos por BORGHEZAN et al. (2010) pela equação ($y = 1,1265x^{2,0445}$), onde “y” corresponde à área foliar a ser estimada e “x” corresponde ao comprimento da nervura central. A altura e comprimento da folha foram mensurados com auxílio de uma régua. Também foram coletadas 20 folhas por planta e com auxílio de balança analítica foi determinada a massa fresca média.

A fertilidade foi analisada através da contagem do número de cachos por sarmento no ciclo seguinte. A determinação dos teores relativos de clorofila foi realizada na parte central das dez folhas coletadas para a quantificação de NO^{3-} , utilizando-se clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL1030 (FALKER).

Cada planta foi colhida individualmente e foram determinados o número de cachos, a produção (kg planta^{-1}) e a massa média dos cachos (g). A produtividade estimada (ton ha^{-1}) foi obtida através da multiplicação da produção por planta pela densidade de plantio ($2600 \text{ plantas ha}^{-1}$). As trocas gasosas foram analisadas em folhas maduras expandidas expostas ao sol, com auxílio do analisador portátil de CO_2 , a infravermelho (IRGA) modelo LI-6400X. A concentração de CO_2 , e a densidade do fluxo de fótons foram mantidas fixas para todas as análises em 300 mol^{-1} e $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. As leituras foram realizadas entre as 9h e as 11h00 (APÊNDICE E).

A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas, respectivamente, pelos testes Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett (BARTLETT, 1937). Os valores provenientes de contagem foram transformados para \sqrt{x} quando necessário, para então serem submetidos à análise de variância. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância ($P < 0,05$) e foi realizado o teste de médias (Skott Knott 5%) empregando o programa estatístico SISVAR® 5.3.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado diferença no comprimento médio dos sarmentos entre os tratamentos em nenhum dos anos de avaliação (Tabela 1). Sobre a massa de sarmentos na poda, os tratamentos PCa 28 g (PF), PCa 84 g (PF) e TE 80 ml (PF + 15 DAPF) tiveram crescimento superior às plantas testemunha e para o comprimento médio dos entrenós, os tratamentos PCa 84 g (PF), TE 80 ml (PF + 15 DAPF) e ETH 100 ml + ANA 33 ml (D) tiveram crescimento menor comparado aos outros tratamentos, no ciclo 2017/18 (Tabela 1).

Tabela 1 - Comprimento médio dos sarmentos (cm) (CMS), número médio de entrenós (NME), comprimento médio de entrenós (CME) e massa de sarmentos na poda (kg^{-1}) (MSP) do cultivar Cabernet Sauvignon tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17				
Tratamentos (100 L ⁻¹)	CMS	NME	CME	MSP
Testemunha	235,1 ns	20,8 ns	11,3 ns	2,9 ns
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	223,7	18,9	12,2	2,3
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	258,9	18,5	14,1	2,5
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	224,2	18,6	12,5	2,2
PCa 28 g (PF)	238,6	20,1	11,7	2,4
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	244,5	22,6	10,8	2,6
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	236,4	20,4	11,6	2,0
CV%	6,2	6,9	7,2	15,0
2017/18				
Testemunha	122,4 ns	18,0 ns	7,0 b	1,20 a
PCa 28 g (PF)	138,6	20,3	7,1 b	2,06 b
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	136,0	18,2	7,6 b	1,49 a
PCa 84 g (PF)	126,7	20,0	6,4 a	1,86 b
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	116,1	16,4	7,2 b	1,27 a
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	120,2	18,6	6,5 a	1,68 b
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	126,9	17,2	7,4 b	1,48 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	115,1	17,5	6,7 a	1,22 a
CV%	12,1	11,0	3,1	16,9
2018/19				
Testemunha	133,8 ns	19,2 ns	7,0 ns	2,9 ns
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	133,6	20,2	6,7	4,0
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	166,1	25,2	6,7	3,1
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	160,4	22,8	7,1	2,8
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	152,1	22,6	6,9	3,9
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	142,1	21,8	6,5	2,7
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	138,0	21,8	6,4	2,8
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	146,4	22,0	6,7	3,1
CV%	8,9	10,4	5,4	17,9

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etflico; ETH = Etefon; B = Brotação; PF = pleno florescimento; C = Grão chumbinho (4mm); D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte. *Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Sobre as avaliações da morfologia da folha (Tabela 2), apenas as plantas tratadas com PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) não tiveram a altura das folhas reduzidas em comparação às folhas das plantas testemunha, no ciclo 2016/2017. O comprimento foliar e, consequentemente, a área foliar foram menores em plantas tratadas com todos os tratamentos exceto PCa 28 g (PF + 15 DAPF) e ETH 100 ml + ANA 33 ml (D) quando comparadas as plantas testemunha, em 2017/18.

Tabela 2 - Área foliar (cm²) (AF), Área foliar total (m²) (AFT), comprimento da folha (cm) (CF) e altura da folha (cm) (AF) do cultivar Cabernet Sauvignon tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17				
Tratamentos (100 L ⁻¹)	AF	AFT	CF	AF
Testemunha	107,3 ns	22,3 ns	13,5 ns	12,2 a
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	104,1	19,6	14,0	12,6 a
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	104,9	19,4	13,6	11,2 b
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	111,2	20,7	12,7	10,9 b
PCa 28 g (PF)	96,4	19,1	13,7	11,5 b
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	97,3	22,3	13,7	11,4 b
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	115,3	23,4	13,8	11,4 b
CV%	12,2	14,8	5,7	3,7
2017/18				
Testemunha	125,6 a	22,4 ns	15,1 a	13,6 a
PCa 28 g (PF)	117,2 b	23,9	14,4 b	13,2 b
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	128,8 a	23,6	15,0 a	13,7 a
PCa 84 g (PF)	115,9 b	23,2	14,4 b	13,1 b
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	120,8 b	19,6	14,3 b	13,7 a
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	121,7 b	22,5	14,5 b	13,4 a
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	120,3 b	20,8	14,3 b	13,6 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	129,4 a	22,7	15,2 a	13,8 a
CV%	2,7	11,4	1,9	1,5
2018/19				
Testemunha	176,0 ns	33,3 ns	16,3 ns	17,1 ns
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	182,2	37,0	16,7	17,1
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	159,0	40,7	15,4	16,0
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	173,7	39,4	16,0	17,1
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	180,0	41,0	16,6	16,7
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	170,0	37,4	15,9	16,8
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	171,3	38,9	16,4	17,4
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	197,4	43,0	16,9	18,1
CV%	10,2	14,2	5,4	3,7

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Etefon; B = Brotação; PF = pleno florescimento; C = Grão chumbinho (4mm); D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte. *Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Já para a altura da folha, apenas os tratamentos PCa 28g e 84 g 100 L⁻¹ no pleno florescimento foram inferiores a testemunha. Nenhum dos tratamentos afetou a área foliar total das plantas. As folhas tratadas com PCa não apresentaram alteração na massa fresca e no teor de clorofila em comparação ao controle (Tabela 3).

Tabela 3 - Massa fresca foliar (g) (MFF), teor relativo de clorofila (CLOR), índice Ravaz (RAVAZ) e índice de fertilidade (FERT) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17				
Tratamentos (100 L ⁻¹)	MFF	CLOR	RAVAZ	FERT
Testemunha	38,7 ns	—	1,22 ns	1,15 ns
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	37,4	—	1,21	1,34
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	36,9	—	0,98	1,31
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	32,6	—	1,18	1,25
PCa 28 g (PF)	36,9	—	1,01	1,23
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	34,3	—	0,99	1,26
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	36,5	—	1,22	1,35
CV%	5,8	—	20,9	13,3
2017/18				
Testemunha	31, ns	41,3 ns	2,41 a	1,35 b
PCa 28 g (PF)	29,1	41,4	1,23 b	1,32 b
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	31,6	40,9	1,14 b	1,38 a
PCa 84 g (PF)	30,0	40,3	1,33 b	1,42 a
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	29,0	42,1	2,78 a	1,43 a
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	30,9	41,6	1,09 b	1,41 a
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	29,9	41,7	2,65 a	1,30 b
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	31,7	40,2	3,19 a	1,36 b
CV%	3,7	2,0	21,8	3,3
2018/19				
Testemunha	32,4 ns	46,1 ns	1,11 a	—
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	33,3	45,7	0,42 b	—
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	28,5	46,4	1,09 a	—
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	28,3	54,7	0,71 a	—
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	31,6	47,3	0,35 b	—
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	28,2	46,9	0,95 a	—
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	30,3	47,2	0,73 a	—
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	33,9	47,2	1,05 a	—
CV%	7,8	1,8	31,3	—

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotação; PF = pleno florescimento; C = Grão chumbinho (4mm); D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro; (-) = Dados não avaliados.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Os tratamentos PCa 28 g 100 L⁻¹ (PF), PCa 28 g 100 L⁻¹ (PF + 15 DAPF), PCa 84 g 100 L⁻¹ (PF) e TE 80ml 100L⁻¹ (PF + 15 DAPF) em 2017/18 e PCa 28 g (PF + 15 DAPF) e TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml) 2018/19 reduziram o índice Ravaz quando comparadas às plantas testemunha. O PCa, também, aumentou o índice de fertilidade quando aplicado no pleno florescimento, em concentrações acima de 28g, assim como o tratamento TE 80 ml (PF + 15 DAPF) e o tratamento PCa 28 g (D + 15 DAD) no ciclo, 2017/18.

Nos três ciclos de avaliação, observou-se redução na massa média dos cachos nas plantas tratadas com PCa e TE, aplicados durante o pleno florescimento (Tabela 4). Os tratamentos PCa 28 g (PF), PCa 28 g (PF + 15 DAPF), PCa 84 g (PF) e TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml) apresentaram menor massa média de cachos e consequentemente, menor produção (kg planta^{-1}) e produtividade (ton ha^{-1}). Observou-se aumento do número de cachos por planta nos tratamentos PCa 84 g (PF) e ETH 100 ml + ANA 33 ml comparados à testemunha. Os tratamentos TE 80 ml (D + 15 DAD) e PCa 28 g (D + 15 DAD) foram os tratamentos que apresentam a maior massa média de cachos, em 2017/2018. No último ciclo, todos os tratamentos no pleno florescimento (PCa 28 g (PF + 15 DAPF) reduziram a massa médios dos cachos. Esses mesmo tratamentos juntamente com o TE 80ml (PF + 15 DAPF)) e os tratamentos PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g) e ETH 100 ml + ANA 33 ml (C), reduziram a produção (kg planta^{-1}) e consequentemente a produtividade.

Tabela 4 – Variáveis produtivas do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17				
Tratamentos (100 L ⁻¹)	Produção		ton ha ⁻¹	Massa média dos cachos (g)
	(kg planta ⁻¹)	(cachos planta ⁻¹)		
Testemunha	3,32 ns	35,3 ns	8,6 ns	95,3 a
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	2,80	31,0	7,3	91,1 a
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	2,32	30,2	6,0	77,1 c
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	2,48	29,8	6,5	81,8 b
PCa 28 g (PF)	2,42	34,0	6,3	70,6 c
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	2,40	36,8	6,2	66,7 c
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	2,39	30,3	6,2	81,3 b
CV%	13,8	15,2	13,9	6,4
2017/18				
Testemunha	2,57 a	35,5 b	6,7 a	72,6 b
PCa 28 g (PF)	2,01 b	35,2 b	5,2 b	55,7 c
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	1,65 b	31,7 b	4,3 b	52,3 c
PCa 84 g (PF)	2,24 b	46,2 a	5,8 b	47,4 c
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	3,30 a	38,2 b	8,6 a	86,4 a
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	1,70 b	28,7 b	4,4 b	58,2 c
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	3,59 a	36,9 b	9,3 a	95,7 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	3,50 a	43,0 a	9,1 a	80,4 b
CV%	15,8	11,6	15,4	7,8
2018/19				
Testemunha	2,75 a	28,4 ns	7,2 a	98,6 a
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	1,64 b	25,8	4,3 b	62,6 b
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	2,75 a	30,9	7,2 a	88,7 a
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	1,89 b	23,6	4,9 b	79,8 a
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	1,23 b	24,1	3,2 b	48,8 b
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	2,43 a	27,3	6,3 a	86,9 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	1,88 b	23,8	4,9 b	78,7 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	2,90 a	31,8	7,5 a	83,6 a
CV%	26,9	21,7	18,4	12,0

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etflico; ETH = Etefon; B = Brotação; PF = pleno florescimento; C = Grão chumbinho (4mm); D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Para fotossíntese, condutância estomática, taxa de transpiração e conteúdo de CO₂ intercelular (Tabela 5), as únicas variáveis que sofreram alteração foram a taxa de transpiração e conteúdo de CO₂ intercelular, no ciclo 2016/17. Nas plantas tratadas com PCa na brotação e PCa 28 g no pleno florescimento observou-se maior taxa de transpiração. Já, para o conteúdo de CO₂ intercelular, apenas os tratamentos PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) e PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias), não foram superiores a testemunha, no ciclo 2016/17.

Tabela 5 - Taxa de fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (FOTO), condutância para H_2O ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (COND), taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (TRAN) e conteúdo de CO_2 intercelular ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) (CCO) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 e 2017/18.

2016/17				
Tratamentos (100 L^{-1})	FOTO	COND	TRAN	CCO
Testemunha	16,2 ns	0,22 ns	4,0 b	256,9 b
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	17,5	0,25	4,4 a	265,3 b
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	16,7	0,25	4,9 a	273,1 a
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	16,0	0,26	4,8 a	276,2 a
PCa 28 g (PF)	17,1	0,28	4,7 a	277,5 a
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	16,1	0,21	3,8 b	253,4 b
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	14,3	0,22	3,7 b	275,2 a
CV%	6,7	9,9	7,4	2,74
2017/18				
Testemunha	6,9 ns	0,25 ns	5,6 ns	334,9 ns
PCa 28 g (PF)	7,5	0,26	5,4	333,9
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	6,8	0,22	4,0	330,4
PCa 84 g (PF)	6,6	0,22	4,8	332,6
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	6,3	0,23	5,0	336,9
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	6,6	0,22	4,5	331,5
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	7,0	0,27	5,6	339,7
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	7,9	0,23	4,8	324,3
CV%	6,8	8,3	5,8	0,9

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotação; PF = pleno florescimento; D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro. ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

A aplicação dos diferentes reguladores de crescimento, não reduziu o comprimento médio dos sarmentos da videira ou a massa de sarmentos podados. A baixa eficácia dos tratamentos na redução do vigor das videiras *V. vinifera*, principalmente quando aplicados no pleno florescimento, pode ser explicada pela redução na produção (kg planta^{-1} e ton ha^{-1}), em alguns anos, estimulando o crescimento vegetativo (MILLER, 2002). Associados ao elevado volume de chuvas (setembro a maio, 1501 mm no ciclo 2016/17, 925,6 mm no ciclo 2017/18 e 2028,2 mm no ciclo 2018/19) no período de crescimento vegetativo, a combinação copa/porta-enxerto com hábito de crescimento vigoroso, a redução da produção e temperaturas acima da média, compõem uma combinação que pode intensificar o crescimento vegetativo de sarmentos e nessas condições o efeito dos fitorreguladores é menor.

O vinhedo está instalado sobre um solo com alto teor de MO, 5,2 de 0 a 20 cm e 4,8 de 20 a 40 cm (APÊNDICE F). A matéria orgânica está relacionada diretamente ao conteúdo de N disponível as plantas que se absorvido podem estimular o crescimento vegetativo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000; ZALAMENA et al., 2013). A eficácia dos reguladores

de crescimento, como o PCa, além de variar conforme a sensibilidade do cultivar, tem forte relação com o vigor da planta (LOPES et al., 2010; MARGOTI, 2016). Como verificado nas culturas de macieira, pereira e videira, plantas excessivamente vigorosas não apresentam boa resposta a aplicação de PCa (LO GIUDICE et al., 2003; RUFATO et al., 2014)

Rademacher et al. (2006), citaram que efeitos contrários ao efeito de PCa podem ocorrer pela possibilidade de o produto inibir a inativação metabólica natural das GAs, bloqueando a 2 β -hidroxilação, o que pode ter promovido o aumento da massa de sarmentos no ciclo 2017/2018. O PCa e o TE, ambos da classe de reguladores de crescimento da acilciclohexanodiona e que compartilham semelhanças em estrutura e modo de ação (CLINE; BAKKER, 2016). As acilciclohexanodionas são altamente competitivas com o 2-oxoglutarato, sendo as hidroxilações os principais alvos desse grupo de produtos, tanto na posição 3 β (GA₂₀ em GA₁) como 2 β (GA₁ a GA₈).

O controle do crescimento vegetativo de videiras, em Santa Catarina, foi obtido por Villar et al. (2011) e Rufato et al. (2014), ao realizarem aplicação única de 250 mg L⁻¹ de PCa. O primeiro autor aplicou na plena florada e o segundo 30 dias após a plena florada, reduzindo 8 e 19% do comprimento final dos sarmentos, respectivamente. Em estudos publicados nos últimos anos (MARCHI et al., 2015; MARGOTI, 2016), observa-se que a redução de crescimento obtida em videiras é insignificante quando comparada à obtida em macieiras, nas quais obtiveram-se redução de até 60% do vigor pelo uso do PCa (HAWERROTH; PETRI, 2014).

O comprimento dos entrenós foi reduzido pela aplicação da maior concentração de PCa (84 g) e pelo TE, ambos no pleno florescimento, e pelo ETH 100 ml + ANA 33 ml, na época do desponte. As acilciclohexanodionas regulam o crescimento da parte aérea por reduzir o alongamento e não o número dos entrenós (SABATINI et al., 2003; BUBAN et al., 2004). Apesar de ter reduzido o comprimento do entrenó, não ocorreu a interrupção do crescimento da parte aérea, em comparação com o tratamento testemunha. Esse fato pode ter ocorrido pois, normalmente, nas nossas condições, o crescimento dura até julho sendo este compensado pelo aumento do número de entrenós, conforme já citado por Sabatini et al. (2003). Elevadas concentrações de auxina aplicado aos sarmentos juntamente com o etileno estimulam a síntese de etileno, o qual inibe o alongamento do caule (FAGAN et al., 2015), o que pode ter reduzido o crescimento dos entrenós também.

A redução no crescimento dos sarmentos observada não é suficiente para descartar o desponte, assim como no trabalho de Margoti (2016). As videiras possuem sarmentos com crescimento indeterminado, isso significa que o crescimento vegetativo e reprodutivo acontece

ao mesmo tempo. A prática do desponte, assim, faz-se necessária para modificar a partição dos fotoassimilados formados nas folhas reduzindo o dreno das folhas mais novas formadas no ápice dos sarmentos e os redireciona para os cachos em formação.

A redução da área foliar não está clara pois, conforme Tabela 2, o tratamento com PCa 28 g (PF) e PCa 84 g (PF) reduziram a área foliar, no entanto, o tratamento com dose intermediária PCa 28 g (PF + 15 DAPF) não reduziu, apesar de ser aplicado na mesma época. No florescimento, os carboidratos são direcionados, prioritariamente, às inflorescências, aos frutos e tecidos de reserva, sendo a área foliar da planta determinante para esse acúmulo de reservas (FERREE et al., 2001; BATES et al., 2002; KELLER, 2015). É importante destacar também, que, a área foliar reduzida pode diminuir a fotossíntese, como observado por Davis et al. (1988).

Neste estudo não houve aumento do índice de clorofila. Sabatini et al. (2003), observaram que o PCa diminui a área foliar e aumenta a clorofila em folhas de macieira. Amarante et al. (2009), encontraram valores entre 20 a 40, no medidor portátil de clorofila SPAD 502, em folhas de Cabernet Sauvignon em São Joaquim/SC, neste trabalho foram encontradas médias entre 40,2 e 54,7.

O aumento da fertilidade pela aplicação dos inibidores da biossíntese de giberelinas está relacionado a redução do nível de giberelinas que favorecem a formação de gavinhas ao inibir o processo de ramificação e é antagonista das citocininas (WEYAND; SCHULTZ, 2006) que promovem a formação da inflorescência (SRINIVASAN; MULLINS, 1981; BOTELHO et al., 2004). Esse papel inibitório das giberelinas parece acontecer apenas nas videiras, mesmo as giberelinas estando envolvidas no estabelecimento de primórdios florais em muitas outras plantas (KELLER, 2015).

Poucos estudos avaliaram as trocas gasosas em folhas de videira em resposta à aplicação de fitorreguladores ou a combinação deles, neste estudo, observou-se apenas alteração na transpiração e conteúdo de CO₂ intercelular. As taxas fotossintéticas observadas foram inferiores às de trabalhos realizado por Simon (2014) e Marcon Filho (2016) com a cultivar Cabernet Sauvignon em vinhedos de espaladeira nas regiões de altitude que, na colheita, observaram taxa de assimilação de CO₂ de 18,3 e 24,99 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente.

O crescimento ativo das videiras durante a época de avaliação pode mascarar o efeito positivo de reguladores de crescimento como o PCa, pois as videiras podem estar fazendo fotossíntese em altas taxas para atender a demanda interna de carbono para o crescimento. O aumento taxa de transpiração concomitante com o aumento no conteúdo interno de CO₂ pode ter impedido o aumento da taxa de fotossíntese. HECKMAN et al. (2002), que mostraram que

os análogos do 2-oxoglutarato são capazes de bloquear a cadeia de transporte de elétrons respiratórios, ligando-se ao local ativo da ubiquinona. Além disso, o ácido 2-oxoglutárico está envolvido no ciclo do ácido tricarboxílico, onde é desidrogenado e descarboxilado em Succinil-CoA, com a formação de NADH. MAJAMAA et al. (1985) quantificaram a inibição desta enzima usando análogos de 2-oxoglutarato; portanto, o aumento da assimilação de CO₂, medida após o tratamento com PCa, também pode estar relacionada à diminuição das perdas respiratórias, o que resultaria no aumento fotossíntese líquida, não observado neste estudo.

No decorrer do estudo, observou-se um desequilíbrio vegeto-produtivo do vinhedo através do índice Ravaz observados nos tratamentos testemunha. O índice Ravaz ideal para videiras ‘Cabernet Sauvignon’ varia entre 4 e 6 (CUS, 2004; MOTA et al., 2008). O tratamento que mais se aproximou do índice Ravaz ideal foi ETH 100 ml + ANA 3,3 ml 100 L⁻¹ no despoite (3,19) que no ano seguinte foi reduzido para (1,05) (Tabela 3), bem abaixo do recomendado. Borghezian et al. (2011), encontraram baixo índice de Ravaz (1,5) em avaliações na ‘Cabernet Sauvignon’ em região de altitude. A redução do índice de Ravaz pode estar relacionada à redução da produção, e o principal fator responsável foi o reduzido número de cachos por planta e também pela massa dos cachos, muito aquém do potencial de produção da variedade.

Os tratamentos com PCa e TE no pleno florescimento reduziram o tamanho da baga. Em geral, as videiras tratadas com o TE e o PCa produzem bagas de menor massa (AVIZCURI-INAC et al., 2013; THOMIDIS et al., 2018), consequentemente reduzindo a produtividade do vinhedo. Giudice et al. (2004) relataram que as bagas por cacho, peso de baga, peso de cacho e cachos por brotação na estação subsequente foram todas reduzidas por múltiplas aplicações na pré-floração e pós-floração, em Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. Da mesma forma, Vaquero-Fernandez et al. (2009) descobriram que o tratamento das videiras de Tempranillo na pré-floração produziu uma redução no tamanho e peso das bagas. Tratamentos com os reguladores na época do despoite apresentaram resultados variados, com redução da massa média dos cachos no primeiro ciclo e aumento no segundo. Esse aumento pode estar relacionado à modificação da partição dos fotoassimilados, condição que provoca com que eles e citocininas se transloquem aos cachos (RAMÍREZ et al., 2017)

Não se observou redução na produção e na massa média dos cachos quando o PCA foi aplicado na fase de grão chumbinho. De acordo com Giudice et al. (2004), os efeitos da PCa no desenvolvimento reprodutivo da uva ilustraram que a massa da baga foi responsiva ao tempo de aplicação, com o período de uma a duas semanas após a floração mais sensível às reduções no peso da baga. É notável que o tamanho da baga é reconhecido como um fator crucial na

determinação da qualidade da uva para vinho (SINGLETON, 1972). Aplicações no pleno florescimento e pós-floração de videiras com PCa também são sugeridas por Giudice et al. (2003) para melhorar a qualidade da uva.

Conforme os resultados, este estudo não observou benefícios no uso de TE, PCa e ETH combinado com ANA, aplicado na videira ‘Cabernet Sauvignon’, para a redução do crescimento.

3.4 CONCLUSÕES

Os reguladores de crescimento Proexadiona cálcica, Trinexapaque-etílico e Etefon combinado com ácido naftaleno acético, nas condições testadas, não reduzem o crescimento e a massa dos sarmentos da videira ‘Cabernet Sauvignon’;

Os reguladores de crescimento não proporcionaram aumento na produtividade do vinhedo, mas tratamento realizados com Proexadiona cálcica, Trinexapaque-etílico no pleno florescimento reduziram a massa média dos cachos;

As plantas tratadas com os fitorreguladores testados não apresentam alteração na área foliar total, teor de clorofila e fotossíntese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C. V. T. et al. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. **Rev. Brasileira de fruticultura, Jaboticabal-SP**, v. 31, n. 3, p. 680-686, 2009.
- AVIZCURI-INAC, J. M. et al. Effect of cluster thinning and prohexadione calcium applications on phenolic composition and sensory properties of red wines. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 5, p. 1124-1137, 2013.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proc R Soc Lond Ser A**. v.160, p. 268-282. 1937.
- BATES, T. R.; DUNST, R. M.; JOY, P. Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in 'Concord' grapevine roots. **HortScience**, v. 37, n. 2, p. 313-316, 2002.
- BORGHEZAN, M. et al. Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira à campo (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Técnica vitivinícola**, Dois Portos, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2010.
- BORGHEZAN, M. et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 398-405, 2011.
- BOTELHO, R. V. et al. Efeitos do paclobutrazol na fertilidade de gemas e no crescimento dos ramos de videiras cv. Rubi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n.2, p. 345-347, 2004.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BUBAN, T. et al. Experiences with the bioregulator prohexadione-Ca used in apple and pear orchards. In: **XXVI International Horticultural Congress: Key Processes in the Growth and Cropping of Deciduous Fruit and Nut Trees 636**. 2002. p. 67-74.
- CAMILI, E. C. **Ação de biorreguladores na brotação, produção e algumas características físico-químicas de uva cultivar Superior Seedless**. 206p. Tese (Doutor em agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

CLINE, J. A.; BAKKER, C. J. Prohexadione-calcium, ethephon, trinexapac-ethyl, and maleic hydrazide reduce extension shoot growth of apple. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 97, n. 3, p. 457-465, 2016.

ČUŠ, F. The effect of different scion/rootstock combinations on yield properties of cv. Cabernet Sauvignon. **Acta agriculturae slovenica**, v. 83, n. 1, 2004.

DAVIS, T.D.; STEFFENS, G.L.; SANKHLA, N. Triazole plant growth regulators. **Horticultural Reviews**, v.10, p.63-105, 1988.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian journal of grape and wine research**, v. 4, n. 3, p. 140-148, 1998.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p. 306, 2013.

FAGAN, E. B. et al. **Fisiologia Vegetal: Reguladores vegetais**. 1. Ed. Organização Andrei Editora LTDA, São Paulo, p.300, 2015.

FERREE, D. C.; MCARTNEY, S. J.; SCURLOCK, D. M. Influence of irradiance and period of exposure on fruit set of French-American hybrid grapes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 3, p. 283-290, 2001.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J L. Crescimento vegetativo de macieiras' Fuji Suprema'sob influência da época de aplicação de Proexadione Cálcio. **Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

HEDDEN, P; THOMAS, S.G. **The Gibberellins. Annual Plant Reviews**, P.470. 2016.

HECKMAN, Neil L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Academic Press, 2015.

LO GIUDICE, D.; WOLF, T. K.; MARINI, R. P. Vegetative response of *Vitis vinifera* to prohexadione-calcium. **HortScience**, 38.7: 1435-1438. 2003.

LO GIUDICE, D.; WOLF, T.K; ZOECKLEIN, B. Effects of prohexadione-calcium on grape yield components and fruit and wine composition. **American Society for Enology and Viticulture**, v. 55, n.1, p. 73-83, 2004.

LOPES, P.R.C. et al. Viviful (Prohexadione cálcio) no controle do crescimento da macieira, variedade Condessa, no Vale do Submédio São Francisco. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 21., Natal. **Frutas: saúde, inovação e responsabilidade: anais**, 2010.

MAJAMAA, Kari et al. Differences between collagen hydroxylases and 2-oxoglutarate dehydrogenase in their inhibition by structural analogues of 2 oxoglutarate. **Biochemical Journal**, v. 229, n. 1, p. 127-133, 1985.

MARCHI, V.V. et al. Avaliação de inibidores de giberelina para o controle de vigor vegetativo em Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L) na Serra Gaúcha – RS. **XV Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia**. Bento Gonçalves, 2015.

MARCON FILHO, J.L. et al. Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva 'Cabernet Franc' em duas safras. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 12, p. 2150-2156, 2015.

MARGOTI, G. **Controle do crescimento, fenologia e curva de maturação do cacho da videira 'Merlot' em Campo Largo-PR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Setor de Ciências Agrárias, da universidade Federal do Paraná, 89 p. 2016.

MILLER, S.S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, p. 11-28, 2002.

MOTA, C. S. et al. Comportamento vegetativo e produtivo de videiras' Cabernet Sauvignon' cultivadas sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 148-153, 2008.

PETRI, J.L. et al. Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado. Florianópolis: Epagri, 141p. 2016.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 727, p. 97-106, 2006.

RAMÍREZ, H. et al. La prohexadiona-ca aumenta rendimiento y contenido de antioxidantes en vid cultivar shiraz. **Ecosistemas y recursos agropecuarios**, v. 4, n. 10, p. 13-20, 2017.

RUFATO, L. et al. Effects of prohexadione-calcium on yield components and fruit composition of Cabernet Sauvignon in Southern Brazil. **37th OIV Congress**, Argentina, 2014.

SABATINI, E. et al. Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. **European Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 3, p. 123-128, 2003.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B.; **An analysis of variance test for normality**. *Biometrika*. v.52, p. 591-611, 1965.

SIMON, Suzeli et al. Comportamento viti-enológico das variedades merlot e cabernet sauvignon (*Vitis vinifera* L.) em diferentes altitudes no sul do Brasil. 2014.

SINGLETON, V. L. Effects on red wine quality of removing juice before fermentation to simulate variation in berry size. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 23, n. 3, p. 106-113, 1972.

SRINIVASAN, C.; MULLINS, M. G. Physiology of flowering in the grapevine—a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 32, n. 1, p. 47-63, 1981.

THOMIDIS, T. et al. Effect of prohexadione-Ca on leaf chlorophyll content, gas exchange, berry size and composition, wine quality and disease susceptibility in *Vitis vinifera* L. cv Xinomavro. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 369-374, 2018.

VAQUERO-FERNÁNDEZ, L. et al. Treatment of grapevines with prohexadione calcium as a growth regulator. The influence on production, winemaking and sensory characteristics of wines. **OENO One**, v. 43, n. 3, p. 149-157, 2009.

VILLAR, L. et al. Prohexadione de cálcio e a redução do vigor, produtividade e qualidade da uva Grano D'oro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p. 536-540, 2011.

WEYAND, K. M.; SCHULTZ, H. R. Regulating yield and wine quality of minimal pruning systems through the application of gibberellic acid. **OENO One**, v. 40, n. 3, p. 151-163, 2006.

ZALAMENA, J. e al. Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 182-189, 2013.

4 ARTIGO 2 – REGULADORES DE CRESCIMENTO NA QUALIDADE DAS UVAS ‘CABERNET SAUVIGNON’ NO MUNICÍPIO DE VIDEIRA-SC

RESUMO

Os reguladores de crescimento de plantas são produtos amplamente utilizados na agricultura podendo desempenhar um papel fundamental na redução do crescimento vegetativo excessivo, afetando positivamente a produção e a qualidade das bagas de videiras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes reguladores de crescimento sobre arquitetura e composição química de cacho da videira ‘Cabernet Sauvignon’ em Videira-SC. O experimento foi realizado em vinhedo localizado no município de Videira, Santa Catarina, do ciclo 2016/2017 a 2018/2019. Foram utilizadas plantas de *Vitis vinifera* L., cultivar Cabernet Sauvignon, com 6 anos, enxertadas sobre os porta-enxertos ‘VR 043-43’. Foram testados os reguladores de crescimento Proexadiona cálcica (PCa), Trinexapaque-etílico (TE), e a combinação de Etefon (ETH) e ácido naftaleno acético (ANA) em diferentes épocas, concentrações e número de aplicações, durante os 3 ciclos. Plantas que receberam os tratamentos com os reguladores Proexadiona cálcica e Trinexapaque Etílico no pleno florescimento tiveram a altura da baga reduzida e, conseqüentemente, a massa médias das bagas. Essa redução ocasionou também a descompactação do cacho e pode ter contribuído para o aumento do teor de antocianinas, polifenóis em tratamentos com PCa, nas videiras ‘Cabernet Sauvignon’. Não foi observado aumento do teor de sólidos solúveis pelo tratamento com os diferentes reguladores de crescimento em comparação com o tratamento testemunha. Plantas tratadas com PCa, em concentrações acima de 28g, e TE na plena floração apresentaram menor conteúdo de sólidos solúveis em 2017/18 e 2018/19, possivelmente pelo atraso na maturação das bagas, o que não é desejável, nas nossas condições. Observou-se o aumento de antocianinas pela aplicação de ETH 100 ml + ANA 33 ml no despoite.

Palavras-chave: maturação fenológica, reguladores de crescimento, *Vitis vinifera*.

4.1 INTRODUÇÃO

Para produzir uvas com qualidade enológica, as videiras devem ser cultivadas controlando seu crescimento vegetativo, o vigor da parte aérea e a produção de frutas (BRAVDO et al., 1984; KLIEWER; DOKOOZLIAN, 2005). A redução do vigor da parte aérea das videiras proporciona melhoria no rendimento e composição da uva e consequentemente, um mosto mais propício à vinificação (WHEELER et al., 2005), o que possibilita a elaboração de vinhos tintos com maior teor de compostos fenólicos totais e antocianinas (XI et al., 2010), favoráveis a características como cor, corpo e adstringência do vinho (XI et al., 2011; ZALAMENA et al., 2013).

O manejo do dossel do vinhedo é fundamental para o sucesso da produção de uvas. Na Região Meio Oeste Catarinense, a atividade é desenvolvida utilizando principalmente porta-enxertos como ‘VR 043-43’ e o ‘Paulsen 1103’ que proporcionam vigor excessivo que demanda podas agressivas para produzir uvas de qualidade. Soluções mais práticas para controlar o vigor das plantas, reduzir o crescimento dos sarmentos e melhorar a qualidade das uvas são desejáveis visto que meios físicos como condução e poda das videiras são caros, tomam tempo e requerem mão de obra intensa.

Como resultado, vários estudos vêm sendo realizados avaliando a eficácia de reguladores de crescimento no manejo do dossel de fruteiras como a Proexadiona cálcica, o Trinexapaque-etílico e o Etefon, com foco no aumento da produção e muitas vezes deixando de lado a qualidade dos cachos. A utilização de reguladores de crescimento pode ser altamente lucrativa, reduzindo a necessidade e custos de mão-de-obra e melhorando a qualidade da uva. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes reguladores de crescimento sobre a arquitetura e a composição química do cacho de videiras ‘Cabernet Sauvignon’ no município de Videira-SC.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vinhedos localizados na Vinícola Santa Augusta em Videira (27°06'67"S, 51°14'86"W e a 1.000 m de altitude média) (APÊNDICE A), Santa Catarina (classificação climática de Köppen, clima mesotérmico úmido - Cfb) durante os ciclos 2016/2017 a 2018/2019. O solo é um Nitossolo Vermelho, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) e possui alto teor de matéria orgânica, >5% conforme análise química de solo (APÊNDICE F As análises de solo de macronutrientes,

micronutrientes e foliar estão nos apêndices F, G e H, respectivamente. O vinhedo apresenta excesso de vigor.

Foram utilizadas plantas do cultivar Cabernet Sauvignon, *Vitis vinifera* L., com 6 anos de idade, enxertadas sobre os porta-enxertos 'VR 043-43'. O vinhedo é conduzido em espaldeira com 3 fios, em cordão esporonado bi-lateral e espaçamento de 2,90 m \times 1,5 m, totalizando 2.600 por hectare (APÊNDICE B). Utiliza-se poda mista com esporões com 2 gemas e sobre-varas com 5 a 6 gemas, tendo permanecido aproximadamente 35 gemas por planta no primeiro ciclo e 50 nos dois últimos ciclos. As videiras apresentaram em média três sobre-varas por planta. Durante a condução dos experimentos, foram feitas as operações de manejo, controle fitossanitário e adubações conforme as exigências da cultura.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis repetições, no primeiro ciclo de avaliação e oito repetições nos dois últimos ciclos, sendo a unidade experimental formada por uma planta. Os tratamentos foram aplicados nas épocas: brotação (B) (quando as gemas estavam com 2 centímetros de comprimento), no florescimento pleno (PF) (quando 50% das flores estavam abertas), na fase de grão chumbinho (C) (4 mm) e no desponte (D) (70 dias após o florescimento) (APÊNDICE C). Os tratamentos foram:

Ciclo 2016/17: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 7 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 3. Proexadiona cálcica 7 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 7 aplicações); 4. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 5. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 6. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado pleno florescimento e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 7. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações).

Ciclo 2017/18: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 3. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento (DAPF); 4. Proexadiona cálcica 84 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 5. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte (DAD); 6. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 7. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte.

Ciclo 2018/19: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 3. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado na fase de grão chumbinho (C) e repetido 15 dias após o desponte (DAC); 4. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 6. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 7. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado na fase de grão chumbinho; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte.

Foram utilizados os produtos Viviful® (27,5% de Proexadiona cálcica (PCa)), Moddus® (25% de Trinexapaque-etílico (TE)), Ethrel® (24% de 2-chloroethylphosphonic acid (Etefon) (ETH) e ácido naftaleno acético (ANA). Todas as pulverizações foram realizadas de acordo com as recomendações do fabricante. Utilizou-se também o espalhante adesivo não-iônico Break-thru® (0,03%).

As práticas de manejo do vinhedo tiveram início na poda de frutificação no dia 13/09/2016, 11/09/2017 e 07/09/2019. A desfolha foi realizada pouco antes do florescimento 31/10/2016, 23/10/2018 e 09/11/2019. A colheita foi realizada nos dias 07/03/2017, 02/03/2018 e 22/02/2019 sendo que nos anos de 2017 e 2019 as uvas foram colhidas com maturação ideal para espumantes. Não foi realizado desponte. Não foi realizado tratamento de indução de brotação.

Cada planta foi colhida individualmente e foram determinados a massa média dos cachos (g). Em amostras de dez cachos por planta, foram obtidas a massa fresca e seca da ráquis (g), com uma balança analítica; a altura e o comprimento dos cachos (cm), o comprimento e diâmetro de bagas, mensurado com uma régua; e o número de bagas por cacho. A partir desses dados, calculou-se o índice de compactação (IC) através da formula: $IC = [(Massa\ média\ dos\ cachos) / (Comprimento\ do\ cacho)^2]$ (TELLO; BANEZ, 2014).

A concentração de polifenóis totais na casca foi determinada pelo método de espectrofotometria, de acordo com o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2001) e o ácido gálico como padrão, com leituras da absorbância em 760 nm. A curva de calibração foi construída utilizando-se concentrações de 50, 100, 150, 200, 250, 500, 1000 mg L⁻¹ de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de polifenóis totais expressos em equivalentes de ácido gálico. A determinação de antocianinas totais fundamenta-

se no pH diferencial, em que a estrutura da molécula de antocianina é modificada pelo pH, sendo a leitura no espectrofotômetro feita a 520nm, e os resultados, expressos em mg 100 g⁻¹ de antocianinas, sendo o padrão usado a malvidina 3-glicosídeo. A partir do mosto das bagas, obtido pela maceração da polpa, foram determinados os sólidos solúveis (°Brix), a acidez total titulável (meq L⁻¹) e o pH, métodos descritos por Rizzon (2010). A atividade antioxidante foi avaliada utilizando o método de redução do radical estável DPPH através da ação dos antioxidantes presentes na amostra, de acordo com o método modificado por Kim et al. (2003). A medida de absorbância do radical, antes de adicionar a amostra (A₀) e depois de 30 minutos de reação (A_t), foi realizada no comprimento de onda de 517 nm⁻¹. Os experimentos foram analisados em triplicata e os resultados expressos em TEAC, em μ Mol TEAC/g de amostra.

A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas, respectivamente, pelos testes Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett (BARTLETT, 1937). Os valores provenientes de contagem foram transformados pela \sqrt{x} e os dados expressos em porcentagens transformados pelo $\arcsin \sqrt{\frac{x}{100}}$ para então serem submetidos à análise de variância. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância (P < 0,05) e foi realizado o teste de médias (Scott Knott 5%) empregando o programa estatístico SISVAR[®] 5.3.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as aplicações de PCa no pleno florescimento reduziram a massa média dos cachos (Tabela 6), durante os três anos de avaliação. Tratamentos de PCa na brotação, exceto o tratamento PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias), reduziram a massa média dos cachos, e a altura das bagas. O número de bagas por cacho também foi reduzido pela aplicação de PCa na brotação e pelo tratamento PCa 28 g (PF), em 2016/17.

Os tratamentos com TE no pleno florescimento reduziram a massa média dos cachos, mas não reduziram o número médio de bagas por cacho, apenas o diâmetro e altura das bagas. Para os tratamentos com PCa e TE no desponte, observou-se aumento da massa média dos cachos e da altura das bagas apenas em 2017/18. Os tratamentos PCa 28 g (PF + 15 DAPF) e TE 80ml (PF + 15 DAPF) voltaram a reduzir a massa média do cacho, assim como reduziu o diâmetro e altura das bagas, em 2018/19.

Tabela 6 – Massa média dos cachos (g) (MMC), diâmetro (DB) e altura da baga (cm) (AB), e número de bagas por cacho (NBC) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17				
Tratamentos (100 L ⁻¹)	MMC	DB	AB	NBC
Testemunha	95,3 a	1,33 ns	1,39 a	71,3 a
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	91,1 a	1,36	1,40 a	65,8 b
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	77,1 c	1,33	1,34 b	59,0 b
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	81,8 b	1,32	1,34 b	60,8 b
PCa 28 g (PF)	70,6 c	1,33	1,33 b	63,6 b
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	66,7 c	1,27	1,28 b	74,6 a
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	81,3 b	1,35	1,39 a	74,5 a
CV%	6,4	1,9	1,9	7,8
2017/18				
Testemunha	72,6 b	1,29 a	1,33 b	59,4 ns
PCa 28 g (PF)	55,7 c	1,26 b	1,25 c	59,2
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	52,3 c	1,24 b	1,26 c	53,0
PCa 84 g (PF)	47,4 c	1,21 c	1,22 c	54,3
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	86,4 a	1,32 a	1,38 a	60,6
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	58,2 c	1,25 b	1,31 b	50,5
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	95,7 a	1,32 a	1,38 a	64,2
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	80,4 b	1,31 a	1,36 a	57,3
CV%	7,8	1,5	1,8	8,9
2018/19				
Testemunha	98,6 a	1,36 a	1,38 a	60,6 ns
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	62,6 b	1,22 b	1,22 b	58,5
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	88,7 a	1,30 a	1,34 a	64,1
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	79,8 a	1,32 a	1,38 a	61,7
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	48,8 b	1,10 c	1,08 c	66,3
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	86,9 a	1,32 a	1,40 a	60,6
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	78,7 a	1,32 a	1,38 a	64,7
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	83,6 a	1,32 a	1,38 a	58,6
CV%	12,0	1,9	2,1	9,5

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotção; PF = pleno florescimento; D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

A altura do cacho, comprimento do cacho, massa fresca e seca da ráquis e índice de compactação não foram alterados no primeiro e último ano de estudo (Tabela 7). Para a variável altura de cacho, as plantas tratadas com PCa 28 g (PF + 15 DAPF), TE 80 ml (PF + 15 DAPF) e ETH 100 ml + ANA 33 ml (D) tiveram a altura do cacho menor que da testemunha. Já, para a variável comprimento de cacho, apenas os tratamentos PCa 28 g (PF + 15 DAPF) e TE 80 ml (PF + 15 DAPF) foram inferiores. Observou-se também redução na massa seca da ráquis nos tratamentos PCa 28 g (PF + 15 DAPF), TE 80 ml (PF + 15 DAPF) PCa 84 g (PF) comparados à testemunha. Plantas tratadas com PCa 28 e 84 g (PF), no segunda ano e com PCa 28 g (PF +

15 DAPF), ETH 100 ml + ANA 33 ml (D) e TE em ambas as épocas, no terceiro ano, apresentaram cachos menos compactos. Quanto menor é o índice menos compacto é o cacho.

Tabela 7 – Altura de cacho (cm) (AC), comprimento do cacho (cm) (CC), massa fresca e seca da ráquis (g) (MF) e (MS), índice de compactação (IC), da videira do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17					
Tratamentos (100 L ⁻¹)	AC	CC	MF	MS	IC
Testemunha	12,8 ns	7,7 ns	4,8 ns	1,3 ns	0,58 ns
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	12,0	6,9	4,3	1,2	0,66
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	11,3	6,5	4,1	1,1	0,91
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	13,3	7,6	3,6	1,0	0,42
PCa 28 g (PF)	12,0	6,9	4,3	1,2	0,53
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	12,8	7,7	4,4	1,2	0,74
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	11,8	7,1	4,8	1,3	0,91
CV%	10,5	10,5	9,7	10,3	27,1
2017/18					
Testemunha	11,3 a	6,75 a	4,1 ns	1,6 a	0,59 b
PCa 28 g (PF)	11,3 a	6,52 a	4,1	1,6 a	0,46 a
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	9,5 b	5,46 b	4,5	1,4 b	0,68 b
PCa 84 g (PF)	11,0 a	6,33 a	3,8	1,5 b	0,40 a
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	11,1 a	5,83 a	4,1	1,7 a	0,71 b
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	9,2 b	4,85 b	3,3	1,4 b	0,72 b
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	11,3 a	6,10 a	4,2	1,6 a	0,75 b
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	10,2 b	6,34 a	4,2	1,6 a	0,80 b
CV%	7,6	7,6	10,2	6,0	12,5
2018/19					
Testemunha	12,0 ns	7,2 ns	4,8 ns	1,2 ns	0,71 b
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	11,5	6,6	4,5	1,2	0,50 a
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	11,7	6,8	5,0	1,2	0,67 b
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	11,3	6,8	4,4	1,1	0,62 b
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	11,6	6,4	4,5	1,2	0,38 a
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	13,2	6,9	5,5	1,4	0,51 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	11,9	7,4	4,7	1,3	0,59 b
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	12,5	6,8	4,6	1,2	0,53 a
CV%	5,5	6,3	9,4	10,7	14,6

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotação; PF = pleno florescimento; D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Não foi observado aumento do teor de sólidos solúveis pelo tratamento com os diferentes reguladores de crescimento em comparação com o tratamento testemunha (Tabela 8). Plantas tratadas com PCa, em concentrações acima de 28g, e TE na plena floração apresentaram menor conteúdo de sólidos solúveis em 2017/18 e 2018/19.

Tabela 8 – Sólidos solúveis (°Brix) (SS), acidez total (meq L⁻¹) (AT) e pH do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17			
Tratamentos (100 L ⁻¹)	SS	AT	pH
Testemunha	16,9 ns	114,9 ns	3,36 ns
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	16,6	109,0	3,38
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	16,9	110,3	3,41
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	16,7	110,8	3,40
PCa 28 g (PF)	17,1	105,2	3,45
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	16,6	104,9	3,39
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	17,0	109,1	3,40
CV%	1,6	3,7	0,9
2017/18			
Testemunha	19,5 a	110,8 b	3,10 c
PCa 28 g (PF)	19,7 a	111,1 b	3,11 c
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	18,9 b	105,5 a	3,13 b
PCa 84 g (PF)	19,1 b	99,1 a	3,17 a
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	18,9 b	119,1 b	3,04 d
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	18,5 b	105,3 a	3,11 c
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	19,3 a	112,7 b	3,11 c
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	19,4 a	110,8 b	3,16 a
CV%	1,4	3,4	0,5
2018/19			
Testemunha	17,6 a	121,4 ns	3,19 ns
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	16,9 b	113,9	3,22
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	17,5 a	124,2	3,19
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	17,5 a	118,9	3,22
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	16,6 b	111,9	3,16
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	17,0 b	121,6	3,21
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	17,5 a	118,6	3,21
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	17,9 a	120,3	3,23
CV%	2,2	3,7	0,8

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotção; PF = pleno florescimento; D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = Não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro; (-) = Dados não avaliados.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Plantas tratadas com PCa 84 g (PF), PCa 28 g (PF + 15 DAPF) e TE 80 ml (PF + 15 DAPF) apresentaram acidez menor e os tratamentos PCa 84 g (PF), PCa 28 g (PF + 15 DAPF) e ETH 100 ml + ANA 33 ml (D) apresentaram pH maior comparados a plantas testemunha em 2017/18.

As variáveis antocianinas, polifenóis e atividade antioxidante foram avaliadas apenas nos ciclos 2017/18 e 2018/19. Os tratamentos com PCa 84 g (PF) e PCa 28 g (PF + 15 DAPF) aumentaram o teor de antocianinas e polifenóis nas bagas enquanto os tratamentos TE 80 ml

(PF + 15 DAPF) e TE 80 ml (D + 15 DAD) reduziram o teor de antocianinas, polifenóis e antioxidantes em comparação ao tratamento testemunha, em 2017/18 (Tabela 9).

Tabela 9 – Antocianinas, polifenóis e atividade antioxidante (DPPH) do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2017/18 e 2018/19.

2017/18			
Tratamentos (100 L ⁻¹)	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)	Polifenóis (mg 100 g ⁻¹) ^a	DPPH ^b
Testemunha	12,1 b	1328,6 b	3,9 a
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	13,9 a	1597,5 a	4,4 a
PCa 84 g (PF)	15,6 a	1653,7 a	4,5 a
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	12,2 b	1380,2 b	4,0 a
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	9,7 c	1137,2 c	2,8 b
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	9,9 c	1127,9 c	2,6 b
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	12,4 b	1419,0 b	3,8 a
CV%	9,3	9,0	16,8
2018/19			
Testemunha	6,6 b	984,9 c	2,2 b
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	10,3 a	1206,5 a	3,7 a
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	8,2 a	1021,5 c	2,7 a
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	5,8 c	985,8 c	2,2 b
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	7,4 a	1094,2 b	3,3 a
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	4,6 c	813,6 d	1,6 b
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	7,1 b	1038,4 c	2,7 a
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	8,3 a	1020,0 c	2,5 b
CV%	17,8	6,1	23,3

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotação; PF = pleno florescimento; D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

^a Expresso em mg equivalente de ácido gálico 100 g⁻¹ de amostra fresca.

^b Expresso em µM equivalente de Trolox g⁻¹ de amostra fresca.

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo pela análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Observou-se nas plantas tratadas com PCa 28g (D + 15 DAD) menor teor de antocianinas e nas plantas tratadas com TE 80ml (D + 15 DAD) menor teor de antocianinas e polifenóis comparados aos outros tratamentos. Os cachos de plantas tratadas com PCa 28g (C + 15 DAC) apresentaram maior teor de antocianinas e antioxidantes e plantas tratadas com PCa 28 g (PF + 15 DAPF), TE 80ml (PF + 15 DAPF) apresentaram teores de antocianinas, polifenóis e antioxidantes maiores comparados à testemunha. Cachos de plantas tratadas com ETH 100 ml + ANA 33 ml apresentaram maior teor de antocianinas quanto tratados no desponte e maior teor de antioxidantes quando tratados na fase de grão chumbinho, quando comparado a testemunha, no ciclo 2018/19.

O PCa pode reduzir o diâmetro e altura das bagas e consequentemente a massa média do cacho. A frutificação efetiva das bagas é dependente tanto de auxina quanto de giberelina. A interação entre a auxina e a giberelina desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do ovário, fase inicial do crescimento dos frutos (GILLASPY et al., 1993; OZGA; REINECKE, 2003; RUAN et al., 2012). A auxina reativa a divisão celular e a giberelina induz a expansão celular (SERRANI et al., 2007). De acordo com Pérez et al. (2000) e Giacomelli et al. (2013) cultivares com e sem sementes mostraram pico de GAs ativas na antése, diminuindo logo após e um novo pico 10-20 dias após a antése e diminuindo durante o desenvolvimento da baga. Sendo assim, aplicações de PCa e TE na antése e durante a floração, períodos de maior concentração de giberelinas nas bagas, pode reduzir o tamanho das bagas ao bloquear a síntese das giberelinas e reduzir o número de células (GIACOMELLI et al., 2013; RAMÍREZ et al., 2009; RAMÍREZ et al., 2017). Conforme Lo Giudice et al. (2004) e Marchi et al. (2015) o PCa pode reduzir drasticamente o tamanho das bagas (-41%), de acordo o tipo de tratamento realizado, sendo que as maiores reduções são em tratamentos aplicados antes da plena floração. O tamanho da baga é considerado como um fator que determina a qualidade da uva para vinho. No cultivo de uvas viníferas, há demanda por bagas pequenas, mas com mosto abundante (KOK et al., 2013).

Sobre o aumento na massa média dos cachos pela aplicação de PCa no desponte, uma vez que o PCa está no tecido, ele modifica a direção da translocação de assimilados (RADEMACHER, 2000); condição que provoca com que mais fotoassimilados e citocininas se transloquem aos frutos em desenvolvimento (COSTA et al., 2004, RAMÍREZ et al., 2005; RAMÍREZ et al., 2017)

A descompactação do cacho pela aplicação do PCa e TE é resultado da redução no tamanho das bagas e não pelo aumento do tamanho do cacho. Em cultivares viníferas, o tratamento com PCa na antése pode causar uma descompactação pela redução do tamanho de bagas e melhorar a aeração dos cachos, tornando-os menos suscetíveis às podridões fungicas (MOLITOR et al. 2011; SCHILDBERGER et al., 2011; GIACOMELLI et al., 2013; TELLO; IBÁÑEZ, 2018). Trabalhos anteriores mostraram que o PCa afeta a estrutura do cacho, como flexibilidade, compactação, e esse é o motivo básico para alterar o nível de suscetibilidade das bagas a *B. cinerea* (FERMAUD; LE MENN, 1989; MOLITOR et al., 2011; GARDIN et al., 2011; THOMIDIS et al., 2018). Cachos que receberam o tratamento com PCa 84g no pleno florescimento apresentaram abortamento das flores com bagas com tamanho e maturação desuniforme (desavinho), o que influenciou na descompactação do mesmo. Aplicações com

PCa em concentrações acima de 28 g no pleno florescimento podem causar a redução na massa seca da raquis também.

A redução no teor de sólidos solúveis, observada em alguns tratamentos, pode estar associada ao atraso de maturação. A conversão do ácido aminociclopropanocarboxílico (ACC) em etileno é catalisada pela dioxigenase ACC oxidase. Rademacher et al. (1998) demonstrou que o PCa inibe a ACC oxidase explicando os níveis reduzidos de etileno e senescência tardia sob a influência do PCa (RADEMACHER et al., 2006). No entanto, a redução no teor de sólidos solúveis aconteceu juntamente com redução na acidez, em alguns casos.

O período de colheita foi definido de acordo com os padrões da vinícola e a sanidade dos cachos. A colheita 2016/17 e 2018/19 foi direcionada para a produção de espumante com base na acidez e teor de sólidos solúveis. Para a elaboração de vinhos tintos de qualidade recomendam-se para o mosto, concentração de sólidos solúveis acima de 20 °Brix (GIL; PSZCZOLKOWSKI, 2007) ou entre 19 e 25 °Brix (GRIS et al., 2010). Observa-se que, apenas no segundo ano obteve-se mosto com °Brix próximo ao ideal.

Em geral, teores aceitáveis de acidez total para uvas viníferas ficam entre 90 e 120 meq L⁻¹. No entanto, quando esse parâmetro ultrapassa os 110 meq L⁻¹, como observado em todas os ciclos, a fermentação malolática se faz necessária como alternativa para reduzir o teor de ácido málico nos vinhos. Valores semelhantes de acidez total foram descritos por outros autores em vinhedos de São Joaquim (FALCÃO et al., 2008; GRIS et al., 2010; BORGHEZAN et al., 2011; FELIPPE TO et al., 2016).

Nos ciclos 2017/18 e 2018/19 o pH, nas plantas testemunha, esteve abaixo dos valores mínimo de 3,30, recomendado para vinificação por Rizzon e Miele (2002), pois podem interferir negativamente na qualidade do vinho. Os vinhos Cabernet Sauvignon geralmente têm pH elevado, em decorrência da extração acentuada de K da película da uva por ocasião de sua maceração durante a vinificação (RIZZON; MIELE, 2003).

Antocianina e compostos fenólicos aumentaram nos cachos tratados com PCa que produziram bagas com menor massa média. É sabido que estes componentes estão acumulados na casca e sementes, assim sendo, bagas maiores têm polpa relativamente maior em comparação com a casca (THOMIDIS et al., 2018). As antocianinas são um grupo dos compostos fenólicos mais importantes dos cultivares de uva viníferas (PARPINELLO et al., 2009) responsáveis pela coloração vermelha e roxa da uva (KOK, 2018; RAMÍREZ et al., 2017). O aumento no total de polifenóis pela aplicação de PCa foram também observados por Lo Guidice et al. (2004) e Kok

et al. (2013) ao aplicar a concentração de 250 mg L^{-1} na pré-floração na videira. Giudice et al. (2004) relataram que o PCa, aumentou a intensidade da cor, antocianinas totais e polifenóis totais, apesar de ter efeitos mínimos na massa das bagas ou no rendimento da colheita da videira 'Cabernet Franc'. Plantas tratadas com TE no desponte podem apresentar menor teor de antocianinas, polifenóis e antioxidantes. O TE pode ter efeito inibidor na formação de antocianinas apesar de apresentar o mesmo mecanismo de ação do PCa.

Rademacher et al. (2006) ao tentarem elucidar o mecanismo de ação das acilciclohexanodionas contra agentes patogênicos, sugeriram que efeitos sobre o metabolismo de flavonóides estavam envolvidos. As 2-oxiglutarato dioxigenases-dependentes, em particular, flavanona 3-hidroxilase, que participa na biossíntese de antocianinas e outros flavonóides, têm sido relatados como os alvos bioquímicos para estes compostos. Halbwirth et al. (2002, 2003), Römmelt et al. (2003), Rademacher et al. (2006) e Rademacher (2018) demonstraram que a flavanona 3-hidroxilase é a principal enzima alvo do PCa na biossíntese flavonóide de tecidos de brotação de macieiras e pereiras. A inibição da flavanona 3-hidroxilase conduz a uma via alternativa no metabolismo fenilpropanóide e provoca alterações consideráveis no espectro de flavonóides e compostos relacionados, podendo provocar aumento na síntese de compostos como a antocianina (RADEMACHER et al., 2006).

O aumento de antocianinas pela aplicação de ETH 100 ml + ANA 33 ml (D) está ligado a uma cascata de eventos moleculares de genes responsivos a via do etileno (LIU et al., 2016). O conteúdo de polifenóis e antocianinas está correlacionado positivamente com a atividade antioxidante, conforme Soares et al. (2008), que trabalharam com as cultivares Niágara Rosada e Isabel. O aumento do conteúdo desses compostos melhora a qualidade da uva e contribui para a saúde dos consumidores, pois combatem os radicais livres prejudiciais ao nosso organismo (GARDIN et al., 2012).

Os reguladores de crescimento causaram algumas mudanças na fisiologia das videiras, o que resultou em alternâncias na qualidade da uva. Observou-se durante os três ciclos de avaliação que os tratamentos com reguladores de crescimento como PCa e TE no pleno florescimento reduziram o tamanho das bagas e, conseqüentemente, em alguns tratamentos, ocasionou a descompactação do cacho. Essa mesma redução e a aplicação de PCa pode ter ocasionado o aumento do teor de antocianinas, polifenóis fatores que aumentam a qualidade da uva para vinho. Nota-se também que, houve redução no teor de sólidos solúveis possivelmente pelo atraso na maturação das bagas, o que não é desejável, nas nossas condições. A redução no

tamanho das bagas reduz também a produção em um vinhedo que já apresenta baixa produtividade.

4.4 CONCLUSÕES

Tratamentos com Proexadiona cálcica e Trinexapaque Etílico no pleno florescimento reduzem a altura da baga e, conseqüentemente, a massa médias das bagas.

Sobre a composição química, a aplicação de Proexadiona cálcica no pleno florescimento aumenta a concentração de antocianinas e polifenóis nas videiras ‘Cabernet Sauvignon’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGHEZAN, M. et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4z p. 398-405, 2011.

BRAVDO, B. et al. Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 35, n. 4, p. 247-252, 1984.

COSTA, G. et al. Two years of application of prohexadione-Ca on apple: Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. In: **IX International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production 653**. 2001. p. 35-40.

DAVIES, C.; BÖTTCHER, C. Hormonal control of grape berry ripening. In: **Grapevine molecular physiology & biotechnology**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 229-261.

DOKOOZLIAN, N. K.; CHRISTENSEN, L. P. Raisin Production Manual. **U. o. California, ed. Raisin Production Manual. Oakland: Agricultural and Natural Resources Publication**, v. 3393, p. 30-37, 2000.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p. 306, 2013.

FALCÃO, L.D. et al. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigación Agraria**, v.35, p.271-282, 2008.

FELIPPETO, J.; ALEMBRANDT, R.; CIOTTA, M. N. Maturação e composição das uvas Cabernet Sauvignon e Merlot produzidas na região de São Joaquim, SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 2, 2016.

FERMAUD, M. et al. Association of Botrytis cinerea with grape berry moth larvae. **Phytopathology**, v. 79, n. 6, p. 651-656, 1989.

GARDIN, J. P. P. et al. Inibição de giberelina com aplicação de “prohexadione-ca” influência nas características físicas das uvas Cabernet Sauvignon. **XII Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado**, Fraiburgo, SC. 2012.

GIACOMELLI, L. et al. Gibberellin metabolism in *Vitis vinifera* L. during bloom and fruit-set: functional characterization and evolution of grapevine gibberellin oxidases. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 14, p. 4403-4419, 2013.

GIL, G.; PSZCZOLKOWSKI, P. **Viticultura: Fundamentos para Optimizar Producción y Calidad**. Ediciones Universidad Católica de Chile: Santiago, Chile. p. 535, 2007.

GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H.; GRUISSEM, W.. Fruits: a developmental perspective. **The Plant Cell**, v. 5, n. 10, p. 1439, 1993.

GRIS, E.F. et al. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. **Investigación Agraria**, v.37, n.2, p.61-75, 2010.

HALBWIRTH, H. et al. Biochemical and molecular biological investigations with respect to induction of fire blight resistance in apple and pear by transiently altering the flavanoid metabolism with specific enzyme inhibitors. **Acta Horticulturae**, 2002.

HALBWIRTH, Heidrun et al. Induction of antimicrobial 3-deoxyflavonoids in pome fruit trees controls fire blight. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 58, n. 11-12, p. 765-770, 2003.

KIM, D. O; JEONG, S. W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

KLIEWER, M.; DOKOOZLIAN, N. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 56, p. 170-181, 2005.

KOK, D.; BAL, E.; CELIK, S. Influences of various canopy management techniques on wine grape quality of *V. vinifera* L. cv. Kalecik Karasi. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 19, n. 6, p. 1247-1252, 2013.

KOK, D. Grape growth, anthocyanin and phenolic compounds content of early ripening Cv. Cardinal table grape (*V. vinifera* L.) as affected by various doses of foliar biostimulant applications with gibberellic acid. **Erwerbs-Obstbau**, v. 60, n. 3, p. 253-259, 2018.

LO GIUDICE, D.; WOLF, T. K.; MARINI, R. P. Vegetative response of *Vitis vinifera* to prohexadione-calcium. **HortScience**, 38.7: 1435-1438. 2003.

LO GIUDICE, D. L.; WOLF, T. K.; ZOECKLEIN, B. W. Effects of prohexadione-calcium on grape yield components and fruit and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, n. 1, p. 73-83, 2004.

LIU, M. et al. The effects of light and ethylene and their interaction on the regulation of proanthocyanidin and anthocyanin synthesis in the skins of *Vitis vinifera* berries. **Plant Growth Regulation**, v. 79, n. 3, p. 377-390, 2016.

MARCHI, V. V. et al. Avaliação de inibidores de giberelina para o controle de vigor vegetativo em Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L) na Serra Gaúcha – RS. **XV Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia**. Bento Gonçalves, 2015.

MOLITOR, Daniel et al. Crop cultural and chemical methods to control grey mould on grapes. **Vitis**, v. 50, n. 2, p. 81-87, 2011.

OZGA, J. A.; REINECKE, D. M. Hormonal interactions in fruit development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 22, n. 1, p. 73-81, 2003.

PARPINELLO, Giuseppina Paola et al. Relationship among sensory descriptors, consumer preference and color parameters of Italian Novello red wines. **Food Research International**, v. 42, n. 10, p. 1389-1395, 2009.

PÉREZ, F. J.; VIANI, C.; RETAMALES, J. Bioactive gibberellins in seeded and seedless grapes: identification and changes in content during berry development. **American journal of enology and viticulture**, v. 51, n. 4, p. 315-318, 2000.

RADEMACHER, W. et al. Prohexadione-Ca—a new plant growth regulator for apple with interesting biochemical features. **HortScience**, v. 33, n. 3, p. 540d-540, 1998.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual review of plant biology**, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. In: **X International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production**. **727**, p. 97-106, 2005.

RADEMACHER, Wilhelm. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. **Annual Plant Reviews online**, p. 359-403, 2018.

RAMÍREZ, H. et al. Influência de prohexadiona de cálcio y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina C en chile jalapeño. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, n 15, p, 231-236, 2009.

RAMÍREZ, H. et al. La prohexadiona-ca aumenta rendimiento y contenido de antioxidantes en vid cultivar shiraz. **Ecosistemas y recursos agropecuarios**, v. 4, n. 10, p. 13-20, 2017.

RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p156-161, 2003.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de mosto e suco de uva**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 78, 2010.

ROEMMELT, Susanne et al. Formation of novel flavonoids in apple (*Malus× domestica*) treated with the 2-oxoglutarate-dependent dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. **Phytochemistry**, v. 64, n. 3, p. 709-716, 2003.

RUAN, Y. L. et al. Molecular regulation of seed and fruit set. **Trends in plant science**, v. 17, n. 11, p. 656-665, 2012.

RUFATO, L. et al. Effects of prohexadione-calcium on yield components and fruit composition of Cabernet Sauvignon in Southern Brazil. **37th OIV Congress**, Argentina, 2014.

TELLO, J.; IBÁÑEZ, J. What do we know about grapevine bunch compactness?. A state-of-the-art review. **Australian journal of grape and wine research**, v. 24, n. 1, p. 6-23, 2018.

THOMIDIS, T. et al. Effect of prohexadione-Ca on leaf chlorophyll content, gas exchange, berry size and composition, wine quality and disease susceptibility in *Vitis vinifera* L. cv Xinomavro. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 369-374, 2018.

SERRANI, J. C. et al. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv Micro-Tom of tomato. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 26, n. 3, p. 211-221, 2007.

SERRANI, J. C. et al. Auxin-induced fruit-set in tomato is mediated in part by gibberellins. **The Plant Journal**, v. 56, n. 6, p. 922-934, 2008.

SCHILDBERGER, B. et al. Effects of prohexadione-calcium on grape cluster structure and susceptibility to bunch rot (*Botrytis cinerea*) in cv. grüner veltliner. **Journal of Plant Pathology**, p. S33-S37, 2011.

WATERHOUSE, A.L. **Determination of total phenolics, in current protocols in food analytical chemistry**. 2001. Disponível em: <<http://www.nshtvn.org/ebook/molbio-Current%20Protocols/CPFAC/fai0101.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2010.

WHEELER, S.J.; BLACK, A.S.; PICKERING, G.J. Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous *Vitis vinifera* 'Cabernet Sauvignon' in New Zealand. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.33, p.317-328, 2005.

XI, Z.-M.; TAO, Y.-S.; ZHANG, L.; LI, H. Impact of cover crops in vineyard on the aroma compounds of *Vitis vinifera* L. cv. 'Cabernet Sauvignon' wine. **Food Chemistry**, v.127, p.516-522, 2011.

XI, Z.-M.; ZHANG, Z.-W.; CHENG, Y.-F.; HUA, L. The effect of vineyard cover crop on main monomeric phenols of grape berry and wine in *Vitis vinifera* L. cv. 'Cabernet Sauvignon'. **Agricultural Sciences in China**, v.9, p.440-448, 2010.

ZALAMENA, Jovani et al. Productivity and composition of grapes and wine of vines intercropped with cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 182-189, 2013.

5 ARTIGO 3 – FITORREGULADORES NA NUTRIÇÃO DA VIDEIRAS 'CABERNET SAUVIGNON' CULTIVADAS EM VIDEIRA-SC

RESUMO

O aspecto nutricional é particularmente importante para os frutos pela influência que os elementos minerais exercem sobre sua qualidade. Ainda existem muitas dúvidas sobre as exigências nutricionais das videiras, visto a característica de perenidade, exploração de solo em áreas não corrigidas e a utilização de produtos químicos, como defensivos e, mais recentemente, reguladores de crescimento, que afetam diretamente a nutrição e fisiologia da planta. O objetivo deste estudo foi avaliar a extração de nutrientes pelos cachos de plantas submetidas a aplicação de diferentes reguladores de crescimento e combinações deles em uvas de videiras 'Cabernet Sauvignon'. O experimento foi realizado em vinhedo localizado em Videira, Santa Catarina, do ciclo 2016/2017 a 2018/19. Foram analisados os teores minerais de Ca, K, Mg, N e P e suas relações nas bagas (mg kg^{-1} de massa fresca) de plantas submetidas aos reguladores de crescimento Proexadiona cálcica (PCa), Trinexapaque-etílico (TE), e a combinação de Etefon e ácido naftaleno acético (ANA) em diferentes épocas, concentrações e número de aplicações, durante os 3 ciclos. As concentrações de P foram maiores nos cachos tratados com PCa 28 g na brotação (+ 3 a cada 10 dias) comparados a testemunha, em 2016/17. Os teores de Mg foram superiores no tratamento PCa 84 g no pleno florescimento comparado a testemunha em 2017/18 e as concentrações de N foram superiores para o tratamento com Etefon 100 ml + ANA 3,3 ml no desponte comparadas a testemunha, em 2018/19. Observou-se nos casos em que houve diferença, aumento no teor dos nutrientes, nenhum dos reguladores de crescimento testados reduziu a extração de nutrientes pelas bagas em videiras 'Cabernet Sauvignon'.

Palavras-chave: *Vitis vinifera*, reguladores de crescimento, minerais

5.1 INTRODUÇÃO

A análise de frutos pode ser utilizada para determinar a concentração de nutrientes em pré e pós-colheita. A concentração de nutrientes (como N, P, K, Ca, entre outros) ou as suas relações (como N/Ca, K/Ca, etc.) pode contribuir no processo de vinificação para aumentar a qualidade do vinho (BRUNETTO et al., 2015). Mesmo com a evolução dos métodos de determinação das exigências nutricionais dos vegetais, ainda existem muitas dúvidas, vistos a

característica de perenidade das plantas, a exploração do solo em área não corrigidas pelas raízes, a utilização de diferentes produtos químicos (NATALE; ROZANE, 2018), como reguladores de crescimento, que afetam diretamente a nutrição e a fisiologia da planta.

Inibidores da biossíntese de giberelinas como a Proexadiona cálcica e o Trinexapac-etílico não só retardam o crescimento dos ramos como também alteram o metabolismo da planta. Já, o Etefon estimula a respiração e a síntese de proteínas em frutos imaturos, que pode desencadear eventos requeridos para a maturação. É bem conhecido no cultivo de uvas de vinho que as alterações no manejo do dossel podem resultar em melhorias consideráveis no rendimento e na composição da uva (KOK et al., 2013; HEDDEN; THOMAS, 2016).

Os reguladores vegetais agem de forma direta, na absorção radicular e, indiretamente sobre o aumento ou a redução da demanda por vários compostos, incluindo os minerais (TROMP, 1989). Alguns autores como Stahly e Benson (1976), Atkinson e Crisps (1982), comentam que a absorção de nutrientes minerais não é afetada pela aplicação de giberelinas, já Himelrick et al. (1976), Steenkamp e De Villiers (1979), Albuquerque (1998) e Albuquerque et al. (2000), comentam que os reguladores vegetais que inibem a síntese das giberelinas e o crescimento dos ramos têm influenciado a concentração de nutrientes em diversas culturas perenes. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a extração de nutrientes pelas bagas de planta submetidas a aplicação de diferentes reguladores de crescimento e combinações deles em uvas de videiras Cabernet Sauvignon em Videira-SC.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vinhedos localizados na Vinícola Santa Augusta em Videira (27°06'67"S, 51°14'86"W e a 1.000 m de altitude média) (APÊNDICE A), Santa Catarina (classificação climática de Köppen, clima mesotérmico úmido - Cfb) durante os ciclos 2016/2017 a 2018/2019. O solo é um Nitossolo Vermelho, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) e possui alto teor de matéria orgânica, >5% conforme análise química de solo (APÊNDICE F). Foram utilizadas plantas do cultivar Cabernet Sauvignon, *Vitis vinifera* L., com 6 anos de idade, enxertadas sobre os porta-enxertos 'VR 043-43'. Durante a condução dos experimentos, foram feitas as operações de manejo, controle fitossanitário e adubações conforme as exigências da cultura. As análises de solo de macronutrientes, micronutrientes e foliar estão nos apêndices F, G e H, respectivamente. O vinhedo apresenta excesso de vigor.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis repetições, no primeiro ciclo de avaliação e oito repetições nos dois últimos ciclos, sendo a unidade experimental formada por uma planta. Os tratamentos foram aplicados nas épocas: brotação (B) (quando as gemas estavam com 2 centímetros de comprimento), no florescimento pleno (PF) (quando 50% das flores estavam abertas), na fase de grão chumbinho (C) (4 mm) e no desponte (D) (70 dias após o florescimento) (APÊNDICE C). Os tratamentos foram:

Ciclo 2016/17: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 7 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 3. Proexadiona cálcica 7 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 7 aplicações); 4. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado na brotação e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 5. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 6. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado pleno florescimento e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações); 7. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido a cada 10 dias (+ 3 aplicações).

Ciclo 2017/18: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 3. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento (DAPF); 4. Proexadiona cálcica 84 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento; 5. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte (DAD); 6. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 7. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte.

Ciclo 2018/19: 1. Testemunha; 2. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 3. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado na fase de grão chumbinho (C) e repetido 15 dias após o desponte (DAC); 4. Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 6. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no pleno florescimento e repetido 15 dias após o pleno florescimento; 7. Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte e repetido 15 dias após o desponte; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado na fase de grão chumbinho; 8. Etefon 100 ml combinado com ANA 33 ml 100 L⁻¹ aplicado no desponte.

Foram utilizados os produtos Viviful® (27,5% de Proexadiona cálcica (PCa)), Moddus® (25% de Trinexapaque-etílico (TE)), Ethrel® (24% de 2-chloroethylphosphonic acid (Etefon) (ETH) e ácido naftaleno acético (ANA). Utilizou-se também o espalhante adesivo não-iônico

Break-thru[®] (0,03%). Todas as pulverizações foram realizadas de acordo com as recomendações do fabricante.

As amostras foram compostas por 5 cachos por planta. Para a análise do nitrogênio, as amostras foram solubilizadas com ácido sulfúrico (H_2SO_4 + catalisadores) que transforma as proteínas e aminoácidos em $N-NH_4^+$, que é destilado e complexado com ácido bórico como indicador misto, e titulado com solução padronizada de H_2SO_4 diluído. Este método de solubilização foi desenvolvido em 1883 por Johan Kjeldahl (LABCONCQ, 2005), tornando-se um método de referência para determinação do teor de nitrogênio. O método consiste de uma completa digestão das amostras em ácido sulfúrico concentrado com catalisadores, em alta temperatura. Após, as amostras foram solubilizadas com peróxido de hidrogênio (30%) e ácido sulfúrico (98%) para a determinação dos minerais K (Potássio), Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio), que, em seguida, foram quantificados por espectrometria de absorção atômica num equipamento PerkinElmer modelo AA200. Para construção da curva foram utilizadas soluções padronizadas Tritisol (Merck) e nas análises de Ca e Mg empregou-se 0,1 % La, na forma de La_2O_3 (Merck). Para a análise de fósforo, após a digestão a determinação é realizada através do método espectrofotométrico usando molibdato/vanadato em meio ácido, formando um complexo de coloração amarela que absorve na região de 420nm (SCHVEITZER e SUZUKI, 2013).

A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas, respectivamente, pelos testes Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett (BARTLETT, 1937). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no programa estatístico ActionSTAT (EQUIPE ESTATCAMP, 2014) e as médias de cada tratamento foram comparadas a testemunha pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período 2016/17, observou-se apenas alterações na concentração de P nas bagas (Tabela 10). As concentrações de P foram maiores nos cachos tratados com PCa 28 g na brotação (+ 3 a cada 10 dias) comparadas aos cachos das plantas testemunha.

Tabela 10 – Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mg kg⁻¹, do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17					
Tratamentos (100 L ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
Testemunha	1673,8	261,1	2366,3	121,9	118,9
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	1571,2 ^{ns}	270,3 ^{ns}	2639,2 ^{ns}	126,1 ^{ns}	142,1 ^{ns}
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	1603,3 ^{ns}	295,4 ^{ns}	2698,5 ^{ns}	156,7 ^{ns}	147,0 ^{ns}
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	1527,4 ^{ns}	372,6 ^{**}	2548,4 ^{ns}	130,1 ^{ns}	120,5 ^{ns}
PCa 28 g (PF)	1555,9 ^{ns}	347,0 ^{ns}	2586,6 ^{ns}	123,4 ^{ns}	134,3 ^{ns}
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	1548,0 ^{ns}	231,9 ^{ns}	2206,1 ^{ns}	149,2 ^{ns}	122,5 ^{ns}
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	1582,3 ^{ns}	309,2 ^{ns}	2321,3 ^{ns}	127,8 ^{ns}	105,9 ^{ns}
CV%	4,0	9,8	4,7	9,1	7,3
2017/18					
Testemunha	1127,6	742,0	1750,4	124,7	111,2
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	1222,3 ^{ns}	813,8 ^{ns}	1781,8 ^{ns}	126,0 ^{ns}	118,5 ^{ns}
PCa 84 g (PF)	1382,6 ^{ns}	937,0 ^{ns}	2116,3 ^{ns}	154,8 ^{ns}	145,8 ^{**}
PCa 28 g (D + 15 DAD) (56 g)	1065,3 ^{ns}	688,2 ^{ns}	1627,0 ^{ns}	109,6 ^{ns}	100,7 ^{ns}
TE 80 ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	1258,7 ^{ns}	805,2 ^{ns}	1748,9 ^{ns}	132,2 ^{ns}	110,7 ^{ns}
TE 80 ml (D + 15 DAD) (160 ml)	1033,2 ^{ns}	707,1 ^{ns}	1684,3 ^{ns}	103,1 ^{ns}	99,7 ^{ns}
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	1153,0 ^{ns}	790,5 ^{ns}	1760,0 ^{ns}	131,9 ^{ns}	110,7 ^{ns}
CV%	7,8	8,5	7,5	9,0	8,3
2018/19					
Testemunha	1272,9	1235,9	2208,9	99,3	135,5 ^{ns}
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	1371,7 ^{ns}	1209,9 ^{ns}	2454,9 ^{ns}	110,0 ^{ns}	168,0 ^{ns}
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	1254,9 ^{ns}	1112,8 ^{ns}	2001,4 ^{ns}	85,0 ^{ns}	117,3 ^{ns}
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	1389,1 ^{ns}	1154,5 ^{ns}	2394,7 ^{ns}	93,7 ^{ns}	144,3 ^{ns}
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	1401,3 ^{ns}	1123,9 ^{ns}	1771,7 ^{ns}	99,2 ^{ns}	111,2 ^{ns}
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	1280,9 ^{ns}	1129,9 ^{ns}	1941,5 ^{ns}	90,7 ^{ns}	120,5 ^{ns}
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	1393,1 ^{ns}	1163,6 ^{ns}	2332,3 ^{ns}	89,8 ^{ns}	141,0 ^{ns}
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	1580,9 ^{**}	1125,1 ^{ns}	2062,5 ^{ns}	84,3 ^{ns}	124,3 ^{ns}
CV%	6,5	5,1	10,1	9,3	12,8

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotação; PF = pleno florescimento; D=desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

Médias seguidas por ** diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (p<0,05).

Médias seguidas por ^{ns} não diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (p<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Já no período 2017/18, apenas os teores de Mg nas bagas foram alterados, os quais foram superiores no tratamento PCa 84 g no pleno florescimento em comparação ao tratamento testemunha. As concentrações de N nas bagas dos cachos tratados com Ethrel 100 ml + ANA 3,3 ml no desponte foram superiores quando comparadas as concentrações de N no tratamento testemunha, em 2018/19.

As concentrações dos nutrientes analisados nas bagas das plantas tratadas foram alteradas apenas quando o PCa foi aplicado na brotação (112 g) e quando realizada apenas uma

aplicação (84 g) no pleno florescimento, nas suas maiores concentrações. Plantas que receberam tratamentos no desponte só apresentaram alteração para o tratamento ETH 100 ml + ANA 33 ml (D).

O aumento da concentração de P nas bagas pode ser positivo para a iniciação, diferenciação do primórdio floral, na manutenção subsequente do primórdio através de antese e durante a expansão da baga (SKINNER; MATTHEWS, 1989). Segundo Albuquerque et al. (2008) o uso de reguladores pode ser importante para o desenvolvimento das inflorescências, na medida em que favorecem o acúmulo e a concentração do P e dos outros nutrientes nas plantas.

O magnésio poderia contribuir para o acúmulo de antocianina através do aumento da concentração de ABA em lichias (WANG et al., 2017; SRIVASTAVA; HU, 2020). Quantidades altas e não baixas de Mg (ou Mn) aparentemente protegem antocianinas da degradação no vacúolo ao estabilizar as moléculas de pigmento através da formação de complexos azuis de antocianina (SINILAL et al., 2011).

O N tem impacto no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da videira. Compostos contendo nitrogênio são fontes importantes de alimento para leveduras durante a fermentação, e o teor de nitrogênio da uva deve impactar bastante a taxa de fermentação (KELLER, 2015).

O excesso de N resulta em baixa qualidade da baga pela redução da cor nas bagas (SPAYD et al., 2002) e é prejudicial ao acúmulo de açúcar nas bagas durante a maturação (DELGADO et al., 2004), também pode diminuir o nível de antocianinas e taninos na baga pela sua diluição, através do aumento da relação polpa/casca (SCHREINER et al., 2013).

Quanto as relações entre os nutrientes, observou-se alteração para a relação N/Ca entre os tratamentos Ethrel 100 ml + ANA 3,3 ml 100 L⁻¹ no desponte, e o tratamento testemunha, no último ciclo. A diferença na relação N/Ca (Tabela 11) pode ser explicada pelo menor conteúdo de N nas bagas de cachos de plantas testemunha em comparação a bagas tratadas com o tratamento Ethrel 100 ml + ANA 3,3 ml 100 L⁻¹ no desponte.

Tabela 11 – Relações N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca do cultivar Cabernet Sauvignon, tratadas com diferentes reguladores de crescimento nos ciclos 2016/17 a 2018/19.

2016/17			
Tratamentos (100 L ⁻¹)	N/Ca	K/Ca	K+Mg/Ca
Testemunha	13,9	19,7	20,7
PCa 7 g (B + 3 a cada 10 dias) (28 g)	12,7 ^{ns}	21,5 ^{ns}	22,6 ^{ns}
PCa 7 g (B + 7 a cada 10 dias) (56 g)	10,8 ^{ns}	18,2 ^{ns}	19,2 ^{ns}
PCa 28 g (B + 3 a cada 10 dias) (112 g)	11,9 ^{ns}	19,9 ^{ns}	20,8 ^{ns}
PCa 28 g (PF)	13,0 ^{ns}	21,5 ^{ns}	22,6 ^{ns}
PCa 28 g (PF + 3 a cada 10 dias) (112 g)	10,6 ^{ns}	15,0 ^{ns}	15,8 ^{ns}
PCa 28 g (D + 3 a cada 10 dias) (112 g)	12,7 ^{ns}	18,7 ^{ns}	19,5 ^{ns}
CV%	9,5	9,8	9,6
2017/18			
Testemunha	9,1	14,1	14,9
PCa 28 g 100 L ⁻¹ (PF + 15 DAPF) (56 g)	9,7 ^{ns}	14,3 ^{ns}	15,2 ^{ns}
PCa 84 g 100 L ⁻¹ (PF)	10,4 ^{ns}	16,0 ^{ns}	17,1 ^{ns}
PCa 28 g 100 L ⁻¹ (D + 15 DAD) (56 g)	9,7 ^{ns}	14,7 ^{ns}	15,7 ^{ns}
TE 80 ml 100 L ⁻¹ (PF + 15 DAPF) (160 ml)	9,6 ^{ns}	13,4 ^{ns}	14,3 ^{ns}
TE 80 ml 100 L ⁻¹ (D + 15 DAD) (160 ml)	9,9 ^{ns}	16,2 ^{ns}	17,2 ^{ns}
ETH 100 ml + ANA 33 ml 100 L ⁻¹ (D)	8,8 ^{ns}	13,4 ^{ns}	14,3 ^{ns}
CV%	7,3	7,8	7,8
2018/19			
Testemunha	13,4	23,0	24,4
PCa 28 g (PF + 15 DAPF) (56 g)	13,1 ^{ns}	22,9 ^{ns}	24,4 ^{ns}
PCa 28g (C + 15 DAC) (56 g)	15,0 ^{ns}	24,4 ^{ns}	25,8 ^{ns}
PCa 28g (D + 15 DAD) (56 g)	14,9 ^{ns}	25,7 ^{ns}	27,2 ^{ns}
TE 80ml (PF + 15 DAPF) (160 ml)	15,0 ^{ns}	18,5 ^{ns}	19,7 ^{ns}
TE 80ml (D + 15 DAD) (160 ml)	14,9 ^{ns}	22,1 ^{ns}	23,4 ^{ns}
ETH 100 ml + ANA 33 ml (C)	16,2 ^{ns}	27,0 ^{ns}	28,6 ^{ns}
ETH 100 ml + ANA 33 ml (D)	19,2 ^{**}	24,9 ^{ns}	26,3 ^{ns}
CV%	11,9	14,6	14,6

PCa = Proexadiona cálcica; TE = Trinexapaque-etílico; ETH = Ethrel; B = Brotação; PF = pleno florescimento; D= desponte; DAPF = dias após o pleno florescimento; DAD = dias após o desponte.

Médias seguidas por ** diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (p<0,05).

Médias seguidas por ^{ns} não diferem do tratamento testemunha pelo teste de Dunnett (p<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

A concentração de nitrogênio foi maior apenas nas folhas de segundo ciclo das plantas que receberam Ethrel 100 ml + ANA 3,3 ml 100 L⁻¹ no desponte, conforme já tinha sido observado por Fracaro e Boliani (2001). Considerando que essas plantas receberam Etefon no ciclo anterior, este resultado sugere que o Etefon deve ter favorecido a translocação e o acúmulo destes nutrientes para os órgãos de reserva, tornando-as prontamente disponíveis para o crescimento do ciclo seguinte (SCHENATO et al., 2005), esse fato pode ter favorecido também o acúmulo de nitrogênio nas bagas. Neste trabalho, diferentes concentrações e épocas de

aplicação foram testadas e não se observou o aumento citado por Sabatini et al. (2016), que o PCa tem sido relatado como capaz de aumentar o acúmulo de nitrogênio.

Fatores que influenciam o crescimento e o metabolismo da videira podem afetar direta ou indiretamente a composição dos frutos, e isso leva a uma grande variação entre as épocas de cultivo em termos de qualidade dos frutos (KELLER, 2015), conforme observado neste estudo. A maioria das flutuações na composição dos frutos é causada pela variabilidade climática. Diferenças climáticas entre os anos, além da localização do vinhedo são determinantes mais fortes que a composição do solo na composição da fruta e da qualidade do vinho (NOBLE, 1979; REYNOLDS et al., 2013). Himelrick et al. (1976), Steenkamp e De Villiers (1979), Albuquerque (1998), Albuquerque et al. (2000) e Albuquerque et al. (2008), comentam que os reguladores vegetais que inibem a síntese das giberelinas e o crescimento dos sarmentos têm influenciado a concentração de nutrientes em diversas culturas perenes. Apesar dos resultados mostrarem alteração nos teores de N, P e Mg, esses valores parecem não comprometer a qualidade das bagas.

5.4 CONCLUSÃO

Nenhum dos reguladores de crescimento testados reduziu a extração de nutrientes pelas bagas em videiras Cabernet Sauvignon, nas condições de Videira-SC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, T.C.S. **Absorção de macronutrientes pelas cultivares de videira Thompson Seedless e Itália sob efeito de diferentes retardadores de crescimento e porta-enxertos**. 69p. Tese (Doutorado) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- ALBUQUERQUE, T.C.S.; DECHEN, A.R.; CASTRO, P.R.C. Retardadores de crescimento e características nutricionais das cultivares de videira Thompson Seedless e Itália. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.45-53, 2000.
- ATKINSON, D.; CRISPS, C.M. The effects of a number of plant growth regulators on fruit tree roots growth and mineral nutrition. **Journal of Science Food Agricultural**, v.34, p 265, 1982.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proc R Soc Lond Ser A**. v.160, p. 268-282. 1937.
- BRUNETTO, G. et al. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 1089-1104, 2015.
- DELGADO, R. et al. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 7, p. 623-630, 2004.
- EQUIPE ESTATCAMP. Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil. 2014. URL <http://www.portalaction.com.br/>.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA / Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p. 306, 2013.
- FRACARO, A. A.; BOLIANI, A. C. Efeito do ethephon em videira ‘Rubi’ (*Vitis vinifera* L.), cultivada na região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 510-512, 2001.
- LABCONCO. **A Guide To Kjeldahl Nitrogen Determination Methods And Apparatus**. Texas: Expotech, 2005. 10 p. Disponível em: <<http://www.expotechusa.com/catalogs/-labconco/pdf/KJELDAHLguide.PDF>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

HEDDEN, P.; THOMAS, S.G. **The Gibberellins**. *Annual Plant Reviews*, P.470. 2016. **Viticulture**. v. 56, p. 170-181, 2005.

HIMELRICK, D.G.; POLLARD, J.E.; ESTES, G.O. Effect of daminozide and NAA on Ca uptake and accumulation in “McIntosh” apple seedlings. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, p. 713-715, 1976.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Academic Press, 2015.
KOK, D.; BAL, E.; CELIK, S. Influences of various canopy management techniques on wine grape quality of V. vinifera L. cv. Kalecik Karasi. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 19, n. 6, p. 1247-1252, 2013.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. Registro: Ed. UNESP, p. 124, 2018.

NOBLE, A. C. Evaluation of Chardonnay wines obtained from sites with different soil compositions. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 30, n. 3, p. 214-217, 1979.

REYNOLDS, Andrew G.; TAYLOR, Geoff; DE SAVIGNY, Christiane. Defining Niagara terroir by chemical and sensory analysis of Chardonnay wines from various soil textures and vine sizes. **American journal of enology and viticulture**, v. 64, n. 2, p. 180-194, 2013.

SABATINI, E. et al. Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. **European Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 3, p. 123-128, 2003.

SCHENATO, P. G. et al. Influência do Etefon na distribuição de nutrientes e carboidratos e sobre o crescimento em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 217-221, 2007.

SCHREINER, R. P.; LEE, J.; SKINKIS, P. A. N, P, and K supply to Pinot noir grapevines: Impact on vine nutrient status, growth, physiology, and yield. **American journal of enology and viticulture**, v. 64, n. 1, p. 26-38, 2013.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. Documentos n. 241. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 23 p. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_30510.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B.; **An analysis of variance test for normality**. *Biometrika*. v.52, p. 591-611, 1965.

SINILAL, B. et al. Increased accumulation and decreased catabolism of anthocyanins in red grape cell suspension culture following magnesium treatment. **Planta**, v. 234, n. 1, p. 61-71, 2011.

SKINNER, P.W.; MATTHEWS, M.A. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.) under phosphorus-limited conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.38, p.49-60, 1989.

SPAYD, S. E. et al. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 3, p. 171-182, 2002.

STAHLY, E.; BENSON, N. R., Calcium levels of 'Golden Delicious' apples as influenced by calcium sprays, 2, 3, 5 - triiodobenzoic acid, and other plant growth regulator sprays. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.101, p.120 -122, 1976.

STEENKAMP, J.; DE VILLIERS, O. T., The effect of growth regulators on the uptake and distribution of calcium in 'Golden Delicious' apples. **AGroplantae**, Pretoriae, v.11, p. 79 – 81, 1979.

TROMP, J. Interrelationships between plant growth regulators and fruit tree mineral nutrition. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 239. 399-408. 1989.

WANG, Z. et al. Applications of magnesium affect pericarp colour in the Feizixiao lychee. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 92, n. 6, p. 559-567, 2017.

ZIOGAS, V. et al. Manipulating fruit quality through foliar nutrition. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Amsterdam. Elsevier, p. 404, 2020.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a realização das pesquisas, foi observado crescimento excessivo de sarmentos, baixa produtividade, com índices Ravaz muito baixos sendo que as aplicações dos reguladores, em sua maioria, causaram uma redução ainda mais acentuada desses índices. No presente estudo foram encontrados sarmentos com mais de 4 m de comprimento (APÊNDICE O), evidenciando o grande vigor e dificultando a escolha dos sarmentos que representavam a média de crescimento dos sarmentos da planta. Isso leva a uma maior variação e menor precisão ao testar estatisticamente as diferenças de tratamento, uma situação que deve ser evitada. Um número maior de medições de sarmentos por planta pode resultar em menor variação e, portanto, maior precisão.

Neste estudo, conforme os resultados observados, a variedade ‘Cabernet Sauvignon’ com porta-enxerto VR 043-43, conhecido por promover alto vigor, não apresentou benefícios pelo uso de TE e PCa, tanto aplicações isoladas de altas concentração quanto em baixas concentrações com repetidas aplicações, indicando que as videiras são pouco sensíveis aos reguladores de crescimento testados. Outras técnicas como o controle da adubação e aumento do número de sarmentos por planta podem ser usadas em conjunto para atingir melhores resultados. O desponte não foi realizado em nenhum dos ciclos de estudo pela falta de mão de obra, esta prática pode melhorar a qualidade dos cachos e torna-se imprescindível nessas condições.

Sobre a composição química, observou-se que, durante os anos de avaliação as uvas apresentavam baixos níveis de sólidos solúveis e acidez elevada pois a uva não consegue atingir a maturação ideal devido as características climáticas locais. A aplicação de Proexadiona cálcica no pleno florescimento aumentou a concentração de antocianinas e polifenóis, porém, em alguns desses tratamentos, houve redução dos sólidos solúveis o que não é desejável.

A quantificação das giberelinas ativas em diferentes épocas, após a aplicações dos inibidores da biossíntese de giberelinas pode auxiliar na descoberta da melhor concentração e época de aplicação. Outras concentrações, épocas de aplicação e frequência podem ser testadas na busca por soluções práticas para gerenciar o crescimento excessivo. O aumento de concentrações em época próximas ao desponte pode reduzir o crescimento sem prejuízo à qualidade dos cachos.

Pouco se sabe sobre o efeito dos reguladores de crescimento sobre o status nutricional da planta. Informações como estas são importantes na avaliação da qualidade dos frutos, no

caso das uvas, o excesso ou escassez de alguns nutrientes pode afetar a qualidade de vinhos. Neste estudo, assim como em pesquisas relacionadas ao tema desenvolvidas nos últimos anos, não se observou influência negativa dos produtos sobre a concentração de nutrientes nas bagas. Embora, em tratamento, nos anos que houve aumento da concentração de nutrientes nas bagas, isso não se refletiu em aumento na produtividade.

Após o terceiro ano de experimentos no local, devido ao elevado custo de produção, a empresa decidiu fazer a remoção das variedades viníferas e sobre enxertar variedades de mesa, como a ‘Niágara’ (APÊNDICE I e J). Essa situação traz preocupação pois, à medida que os vinhedos de variedades viníferas da região são removidos, reduz-se a disponibilidade de matéria prima para vinhos finos da região.

APÊNDICES

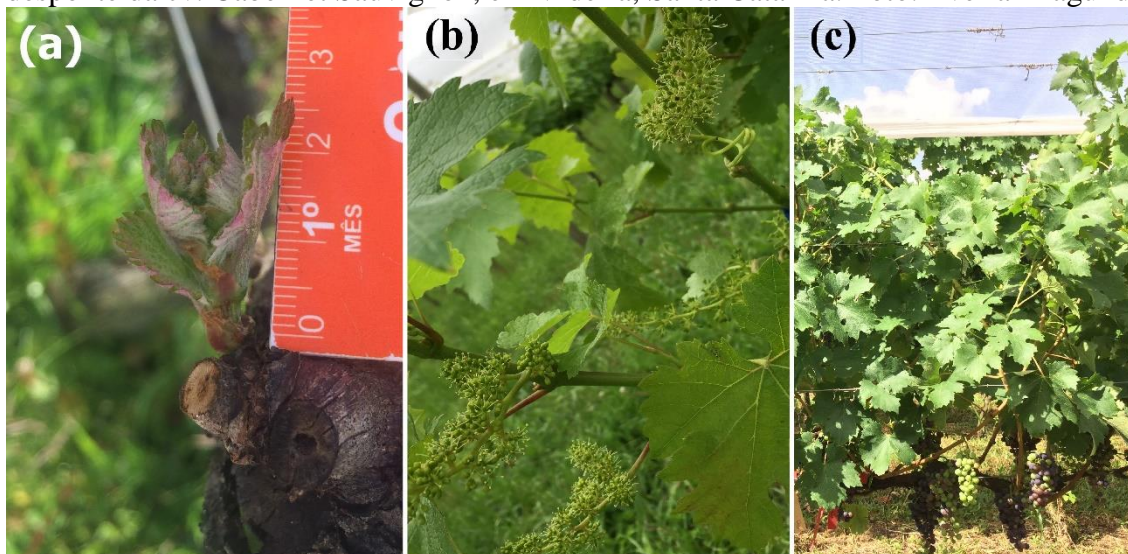
APÊNDICE A – Local do experimento em Videira, Santa Catarina.



APÊNDICE B – Vinhedo com plantas marcadas para o experimento.



APÊNDICE C – Fases fenológicas (a) brotações com 2 cm; (b) florescimento pleno e (c) desponte da cv. Cabernet Sauvignon, em Videira, Santa Catarina. Foto: Everlan Fagundes.



APÊNDICE D – Pulverização de tratamento realizado em ambos os lados da planta até o ponto de escoamento.



APÊNDICE E – Análise trocas gasosas com analisador portátil de CO₂ (IRGA) modelo LI-6400X



APÊNDICE F – Análise de solo para macronutrientes, (5560 de 0-20 cm e 5561 de 20-40 cm do solo), 2018/19

Laboratório de Análise de Solos

Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas



Relatório de Análise Química de Solo

Produtor...: LEANDRO HAHN

Localidade...: ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CAÇADOR

Município...: CAÇADOR - SC

Remetente...: LEANDRO HAHN

Município...: CAÇADOR - SC

Matrícula...:

Data Entrada: 19/02/2019

Data Análise: 26/02/2019

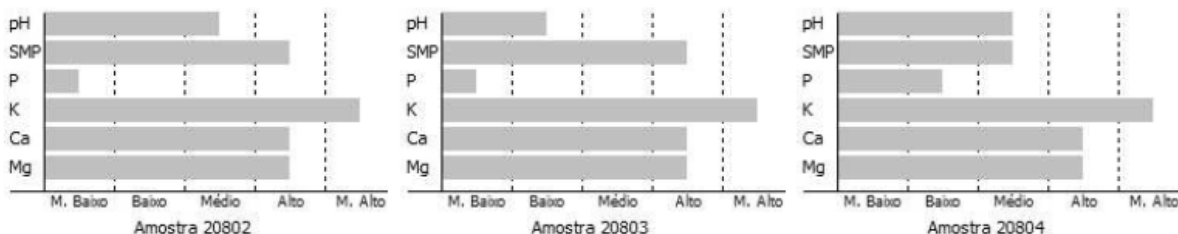
Data Emissão: 26/02/2019

Análise.....: Pesquisa

Nº Lab.	Ref.	Área (ha)	% Argila m/v	pH-Água 1:1	Índice SMP	P mg/dm³	K mg/dm³	% M.O. m/v	Al cmolc/dm³	Ca cmolc/dm³	Mg cmolc/dm³
20802	5560	—	39	5,7	6,2	5,3	292,0	5,2	0,0	9,0	3,9
20803	5561	—	40	5,5	6,1	5,1	220,0	4,8	0,0	6,4	3,0
20804	5562	—	35	5,6	5,7	8,0	292,0	3,0	0,0	9,0	3,0

Nº Lab.	Ref.	H + Al cmolc/dm³	CTC pH7.0 cmolc/dm³	Al (valor m)	% Saturação na CTC a pH7.0				Relações		
					Bases	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
20802	5560	3,47	17,12	0,00	79,71	4,38	52,57	22,78	2,31	12,05	5,22
20803	5561	3,89	13,85	0,00	71,93	4,06	46,21	21,66	2,13	11,37	5,33
20804	5562	6,15	18,90	0,00	67,44	3,95	47,62	15,87	3,00	12,05	4,02

Interpretação dos Resultados das Análises para Culturas do Grupo 2



METODOLOGIAS: Argila - densimetria; pH água e SMP - potenciometria; P - Mehlich-1/ colorimetria; K - Mehlich-1/fotômetro de chama; MO - espectroscopia; Al, Ca e Mg - KCl/ espectrofotometria de absorção atômica; Os demais parâmetros são obtidos por cálculo.

EVANDRO SPAGNOLLO

Eng.-Agr. Dr. CREA-SC 53.652-8

Responsável Técnico

Selo digital de fiscalização de laudo
923A7844-7CB8-49C4-98B1-5343104F0557
Confira os dados do laudo em:
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

APÊNDICE G – Análise de solo para micronutrientes, (5560 de 0-20 e 5561 de 20-40 cm do solo), 2018/19.

Laboratório de Análise de Solos

Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

Relatório de Análise Química de Solo - Micronutrientes



Produtor...: LEANDRO HAHN

Localidade...: ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CAÇADOR

Município...: CAÇADOR - SC

Remetente...: LEANDRO HAHN

Município...: CAÇADOR - SC

Matrícula...:

Data Entrada: 19/02/2019

Data Análise: 27/02/2019

Data Emissão: 27/02/2019

Análise.....: Pesquisa

Nº Lab.	Ref.	Área (ha)	S mg/dm³	Zn mg/dm³	Cu mg/dm³	Mn mg/dm³	B mg/dm³	Fe g/dm³	C.E. mS/cm
20802	5560	--	--	12,2	24,1	10,7	--	>5,0	--
20803	5561	--	--	8,3	17,3	8,1	--	>5,0	--

METODOLOGIAS: Enxofre - extraído com fostato de cálcio e determinado por colorimetria; Cobre, Zinco e Ferro - extraídos pelo método Mehlich-1 e determinados em espectrofotometria de absorção atômica; Manganês - extraído pelo método do KCl e determinado em espectrofotometria de absorção atômica; Boro - extraído com água quente e determinado por colorimetria; Condutividade elétrica - determinada pela condução elétrica do solo via eletrodo.

EVANDRO SPAGNOLLO

Eng. - Agr. Dr. CREA-SC 53.652-8

Responsável Técnico

Selo digital de fiscalização de laudo
AA4247A9-FE9F-4EE1-B765-18A072664CEE
Confira os dados do laudo em:
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

APÊNDICE H – Laudo de análise de tecidos para teores de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) em folhas completas de videira no ciclo 2018/19, Videira-SC.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
Testemunha	32,2	5,7	22,9	22,1	3,9
PCa 28 g 100 L ⁻¹ (PF + 15 DAPF) (56 g)	21,4	5,4	28,3	25,5	4,1
PCa 28g 100 L ⁻¹ (C + 15 DAC) (56 g)	22,8	5,6	22,1	20,0	3,4
PCa 28g 100 L ⁻¹ (D + 15 DAD) (56 g)	23,5	6,5	24,7	21,0	3,5
TE 80ml 100 L ⁻¹ (PF + 15 DAPF) (160 ml)	24,5	5,5	26,4	22,4	3,9
TE 80ml 100 L ⁻¹ (D + 15 DAD) (160 ml)	24,5	5,9	24,3	21,8	3,6
ETH 100 ml + ANA 33 ml 100 L ⁻¹ (C)	23,5	7,0	31,5	19,9	4,1
ETH 100 ml + ANA 33 ml 100 L ⁻¹ (D)	26,3	6,3	24,1	22,0	3,7
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Testemunha	133	1203	184	1217	47
PCa 28 g 100 L ⁻¹ (PF + 15 DAPF) (56 g)	117	1357	245	1227	48
PCa 28g 100 L ⁻¹ (C + 15 DAC) (56 g)	121	1366	191	1249	52
PCa 28g 100 L ⁻¹ (D + 15 DAD) (56 g)	150	1237	182	1261	48
TE 80ml 100 L ⁻¹ (PF + 15 DAPF) (160 ml)	122	1301	212	1215	60
TE 80ml 100 L ⁻¹ (D + 15 DAD) (160 ml)	112	1133	176	1157	56
ETH 100 ml + ANA 33 ml 100 L ⁻¹ (C)	91	823	145	1198	60
ETH 100 ml + ANA 33 ml 100 L ⁻¹ (D)	133	1206	178	1142	52

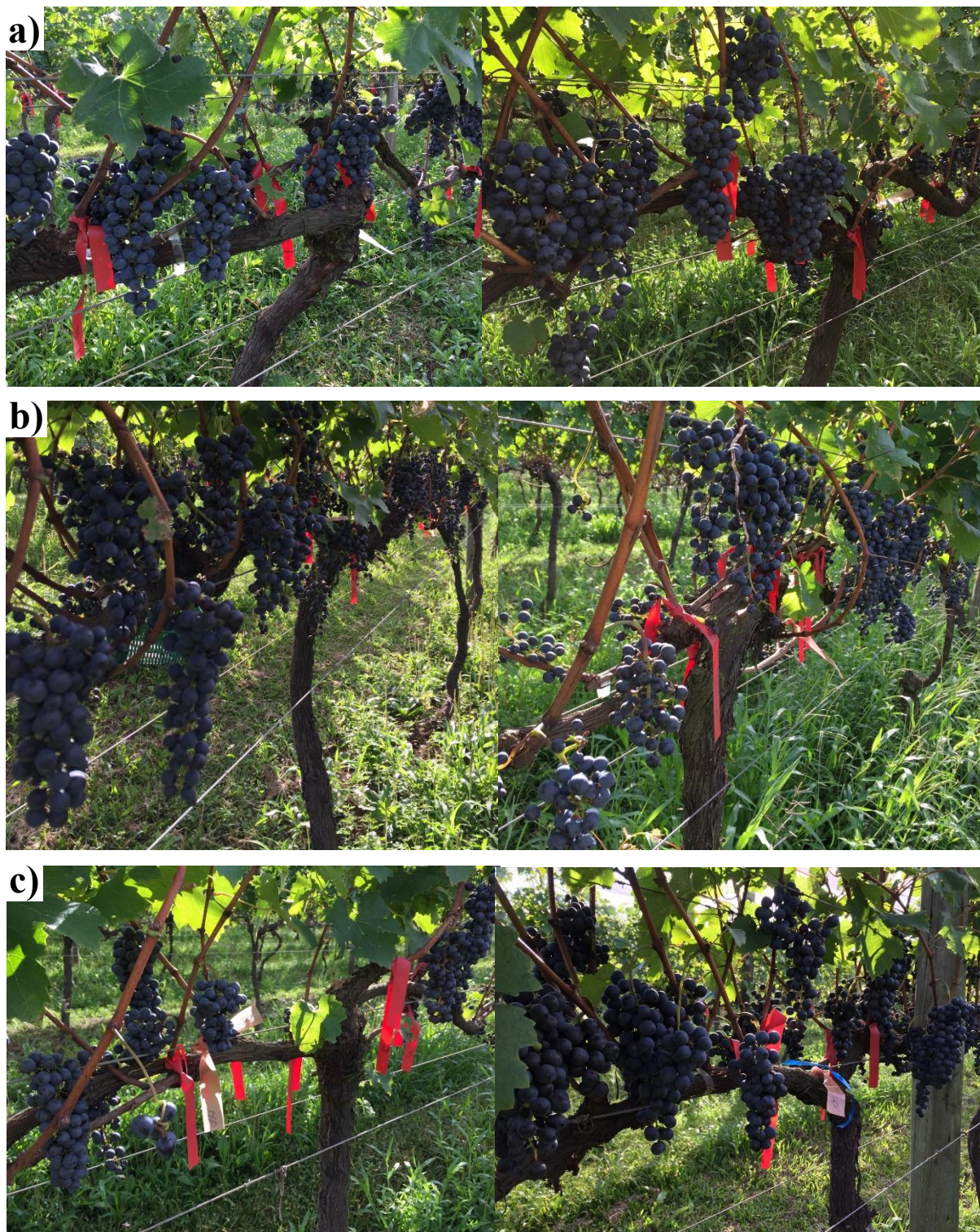
APÊNDICE I – Área onde o experimento foi realizado após a remoção do vinhedo, 1 de novembro de 2019.



APÊNDICE J – Área onde o experimento foi realizado após a remoção do vinhedo, 1 de novembro de 2019.



APÊNDICE L – Cachos de plantas submetidas aos tratamentos a) testemunha; b) Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ (Pleno Florescimento); Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ (Desponte + 3 a cada 10 dias) (112 g) no ciclo 2016/17.



APÊNDICE M – Cachos de plantas submetidas aos tratamentos a) Testemunha; b) Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ (pleno florescimento (PF) + 15 dias após o pleno florescimento (DAPF)) (56 g); c) Proexadiona cálcica 84 g 100 L⁻¹ (PF + 15 DAPF); d) Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ (Desponte (D)) + 15 dias após o desponte (DAD)) (112 g); e) Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ (PF + 15 DAPF) (160 ml); f) Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ (D + 15 DAD) (160 ml); g) Etefon 100 ml + ANA 33 ml 100 L⁻¹ (D), no ciclo 2017/18.





APÊNDICE N – Cachos de plantas submetidas aos tratamentos a) Testemunha; b) Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ (pleno florescimento (PF) + 15 dias após o pleno florescimento (DAPF)) (56 g); c) PCa 28g 100 L⁻¹ (Chumbinho + 15 dias após o estágio chumbinho) (56 g); d) Proexadiona cálcica 28 g 100 L⁻¹ (Desponte (D)) + 15 dias após o desponte (DAD)) (112 g); e) Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ (PF + 15 DAPF) (160 ml); f) Trinexapaque-etílico 80 ml 100 L⁻¹ (D + 15 DAD) (160 ml); g) Etefon 100 ml + ANA 33 ml 100 L⁻¹ (D), no ciclo 2018/19.





APÊNDICE O – Sarmento com crescimento excessivo da videira ‘Cabernet Sauvignon’, no ciclo 2018/19.

