

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

ATRASO DA PODA HIBERNAL EM 'CHARDONNAY' E 'PINOT NOIR' (*Vitis
vinifera* L.) PARA EVITAR DANOS POR GEADAS TARDIAS - UMA
ALTERNATIVA DE MANEJO OU UM RISCO?

Aline Mabel Rosa
Engenheira Agrônoma/UFSC
Mestra em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutora em Fitotecnia
Área de concentração em Sistemas de Produção Vegetal.

Porto Alegre (RS), Brasil
Abril de 2019

CIP - Catalogação na Publicação

Rosa, Aline Mabel

Atraso da poda hiberna em 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' (Vitis vinifera L.) para evitar danos por geadas tardias - uma alternativa de manejo ou um risco? / Aline Mabel Rosa. -- 2019.

131 f.

Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin.

Coorientador: Henrique Pessoa dos Santos.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Manejo vitícola. 2. Desenvolvimento da videira. 3. Produção de uvas. 4. Sustentabilidade. I. Marodin, Gilmar Arduino Bettio, orient. II. dos Santos, Henrique Pessoa, coorient. III. Título.

ALINE MABEL ROSA
Engenheira Agrônoma - UFSC
Mestra em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTOR (A) EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 26/04/2019
Pela Banca Examinadora

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Orientador
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

HENRIQUE PESSOA DOS SANTOS
Coorientador
EMBRAPA UVA E VINHO

RENAR JOÃO BENDER
UFRGS

EDUARDO GIOVANNINI
UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

LEONARDO CURY DA SILVA
IFRS

ALBERTO FONTANELLA BRIGHENTI
IFSC

ATRASSO DA PODA HIBERNAL EM ‘CHARDONNAY’ E ‘PINOT NOIR’ (*Vitis vinifera* L.) PARA EVITAR DANOS POR GEADAS TARDIAS - UMA ALTERNATIVA DE MANEJO OU UM RISCO?¹

Autor: Aline Mabel Rosa

Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin

Coorientador: Henrique Pessoa dos Santos

RESUMO

Os espumantes são considerados produtos de excelência na vitivinicultura brasileira, sendo reconhecidos por diversas premiações internacionais. O clima frio da Serra Gaúcha conserva a acidez e preserva os aromas varietais das uvas, característica essencial para este tipo de bebida. Apesar do cenário favorável, as principais variedades para elaboração de espumantes (Chardonnay e Pinot Noir) são de brotação precoce e suscetíveis aos danos por geadas tardias na primavera. Dentre as possibilidades de manejo para minimizar danos, o atraso da poda hiberna vem sendo testado em diferentes regiões vitícolas do mundo. Os objetivos deste trabalho foram avaliar os impactos do atraso da poda hiberna sobre os componentes de rendimento nas variedades Chardonnay e Pinot Noir e os efeitos a nível fisiológico nas plantas. O atraso na poda não gerou impactos no percentual de brotação, porém, reduziu drasticamente a fertilidade e a produtividade das plantas. Na média de todos os ciclos avaliados, quando comparadas as datas de poda com a máxima (poda convencional) e mínima (poda tardia) produção, a ‘Chardonnay’ apresentou uma redução média de 98,8 % na produção (Kg/planta), 96 % no número de cachos por planta, 84 % no peso médio de cachos e 86,3 % no número de bagas por cacho. Já na variedade Pinot Noir, houve redução de 97 % na produção, 79 % no número de cachos por planta, 88 % no peso médio de cachos e 67 % no número de bagas por cacho. O efeito negativo das podas tardias depende do vigor de crescimento apical que as condições locais podem impor, tendo como limite máximo o estágio fenológico de 2 ou 3 folhas separadas. A perda de fertilidade nas gemas basais está associada a morte/oxidação dos tecidos da gema primária e secundária, com o atraso na data de poda. A morte das gemas basais foi associada com a redução nos níveis de zeatina e aumentos nos níveis de auxina e ácido jasmônico.

¹Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (131f.) Abril, 2019.

PRUNING DELAY IN ‘CHARDONNAY’ AND ‘PINOT NOIR’ (*Vitis vinifera* L.) TO AVOID FROST DAMAGE - AN ALTERNATIVE MANAGEMENT OR A RISK?¹

Author: Aline Mabel Rosa

Adviser: Gilmar Arduino Bettio Marodin

Co-adviser: Henrique Pessoa dos Santos

ABSTRACT

Sparkling wines are considered products of excellence in Brazilian winemaking and are recognized by several international awards. The cold climate of Serra Gaucha conserves the acidity and preserves the varietal aromas of the grapes, an essential characteristic for this type of wine. Despite this favorable scenario, the main varieties for sparkling wines (Chardonnay and Pinot Noir) are of early sprouting and susceptible to damage by late frost in spring. Among the management possibilities to minimize damages, delaying winter pruning has been tested in different wine regions of the world. The aims of this work were evaluate the impacts of winter pruning delay on yield components in Chardonnay and Pinot Noir varieties and the physiological effects on plants. Pruning delay did not have impact on the sprouting, however, drastically reduced fertility and productivity of the plants. In average of all evaluated cycles, when comparing pruning dates with the maximum (conventional pruning) and minimum (pruning delay) production, 'Chardonnay' presented an average reduction of 98.8% in production (kg/plant), 96% in number of bunches per plant, 84% in average weight of bunches and 86.3% in number of berries per cluster. In Pinot Noir variety, there was a reduction of 97% in production, 79% in number of bunches per plant, 88% in average weight of bunches and 67% in number of berries per cluster. The negative effect of late pruning depends on the vigor of apical growth that local conditions can impose, with the maximum limit being the phenological stage of 2 or 3 separate leaves. The fertility loss in the basal buds is associated with death/oxidation of the tissues of the primary and secondary bud. Death of basal buds was associated with reduced levels of zeatin and increases in auxin and jasmonic acid levels.

¹Doctoral Thesis in Plant Science em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (131p.) April, 2019.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A videira no Brasil.....	4
2.2 A Viticultura na Serra Gaúcha.....	5
2.3 Geadas	8
2.4 Controle de geadas.....	12
2.5 Poda da videira.....	13
2.6 Reservas.....	15
2.7 Hormônios vegetais.....	17
2.8 Tipos de gemas e formação da gema fértil.....	23
2.9 Referências Bibliográficas	28
3 CAPÍTULO 1 - O atraso da poda hiberna nas variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) e seus efeitos nos componentes de rendimento.....	38
3.1 Introdução.....	38
3.2 Material e Métodos	40
3.3 Resultados.....	44
3.4 Discussão	72
3.5 Conclusões.....	79
3.6 Referências Bibliográficas	79
4 CAPÍTULO 2 - Fertilidade, carboidratos e hormônios em gemas - influências do atraso na data de poda em videira (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	83
4.1 Introdução.....	83
4.2 Material e Métodos	85
4.3 Resultados.....	92
4.4 Discussão	111
4.5 Conclusões.....	114
4.6 Referências Bibliográficas	114
5 CONCLUSÕES.....	118
6 ANEXOS.....	119

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 1	
1. Componentes de rendimento das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.....	64
2. Componentes de rendimento das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. Pinto Bandeira-RS, 2017.....	65
3. Componentes de rendimento das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação aos tratamentos de poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.....	66
4. Composição química do mosto das uvas das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.....	68
5. Composição química do mosto das uvas das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. Pinto Bandeira-RS, 2017.....	69
6. Composição química do mosto das uvas das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.....	71
CAPÍTULO 2	
1. Teores de amido (mg/mg) na posição basal (1ª a 5ª gema), mediana (6ª a 10ª gema) e apical (11ª a 15ª gema) em ramos das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.....	99
2. Teores de carboidratos solúveis totais (mg/100 mg) na posição basal (1ª a 5ª gema), mediana (6ª a 10ª gema) e apical (11ª a 15ª gema) em ramos das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.....	100

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Brotações de videira da variedade Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) lesionadas após geada ocorrida em 13/09/2015. Adaptado de Chauvet & Raynier (1979)..... 11
2. Sarmento de videira com os diferentes tipos de gemas..... 24
3. Seção longitudinal da gema da videira antes da brotação..... 25
4. Ciclo reprodutivo da videira em duas estações..... 26
5. Esquema hipotético do controle hormonal da formação de *anlagen*, gavinhas e inflorescências em videira (*Vitis vinifera* L.)..... 28

CAPÍTULO 1

1. Áreas experimentais localizadas na Vinícola Geisse. Área 1: ‘Pinot Noir’ área baixa; Área 2: ‘Pinot Noir’ área alta e Áreas 3 e 4: ‘Chardonnay’ área alta..... 41
2. Médias mensais das temperaturas (°C) máximas, médias e mínimas e precipitação pluviométrica (mm) dos ciclos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. Dados registrados em Estação Automática Davis. Normais climatológicas para o período de 1961-1990..... 46
3. Horas de frio (<7,2°C) registradas em Estação Automática Davis nos ciclos 2015/2016, 2016/017 e 2017/2018. Norma climatológica para o período de 1961-1990..... 48
4. Soma térmica, acumulada em graus-dia, do período de agosto a fevereiro dos ciclos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 para as variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.)..... 48
5. Taxa de brotação total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. ‘Chardonnay (área 3); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1)..... 50

	Página
6. Danos promovidos por geada tardia (13/09/2015) em brotações de ‘Pinot Noir’ (<i>Vitis vinifera</i> L.). A) Planta podada em 03/08/2015 e B) planta não podada. Imagens capturadas em 15/09/2015, dois dias após a geada.....	51
7. Taxa de brotação total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. ‘Chardonnay’ (área 3); ‘Chardonnay’ CH (área 4); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1).....	52
8. Taxa de brotação total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação aos tratamentos de poda e pré-poda no ciclo 2017/2018.....	53
9. Brotações de gemas duplas e triplas ocorridas nas variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	53
10. Brotação de plantas da variedade Pinot Noir A (<i>Vitis vinifera</i> L.) no ciclo 2015/2016.....	55
11. Brotação da variedade Pinot Noir A (<i>Vitis vinifera</i> L.) no ciclo 2016/2017 em planta ainda não podada (tratamento de poda tardia) evidenciado os diferentes estádios fenológicos na mesma planta.....	56
12. Taxa de fertilidade total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016.....	57
13. Taxa de fertilidade total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017.....	59
14. Taxa de fertilidade total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação aos tratamentos de poda e pré-poda no ciclo 2017/2018.....	60
15. Número de cachos por planta das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017.....	61
16. Número de cachos por planta das variedades Chardonnay e Pinot Noir (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação aos tratamentos de poda e pré-poda no ciclo 2017/2018.....	62

	Página
17. Temperaturas (°C) médias e precipitação pluviométrica (mm) mensais entre as estações climáticas do ano apresentadas pelas normais climatológicas de Bento Gonçalves, Nuriootpa (Austrália), Wellington (Nova Zelândia), La Rioja (Espanha), Westport (Nova Zelândia) e Perugia (Itália).....	75
18. Crescimento vegetativo dos tratamentos de poda tardia conforme os meses na variedade Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	76
19. Brotações apicais em planta não podada da variedade Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) em estágio fenológico de 2 folhas separadas em 10/08/2016.....	78
 CAPÍTULO 2	
1. Processo de coleta das gemas no campo.....	87
2. Percentual (%) de gemas férteis (com presença de primórdios de inflorescência visível e desenvolvido) em diferentes posições do ramo de ano (sarmento) nas variedades Chardonnay e Pinot Noir com relação à posição no ramo de produção no ciclo 2017/2018.....	93
3. Percentual (%) de gemas basais nas classificações de: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável, com relação à data de coleta e avaliação na variedade Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) no ciclo 2017/2018.....	94
4. Percentual (%) de gemas basais nas classificações de: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável, com relação à data de coleta e avaliação na variedade Pinot Noir A (<i>Vitis vinifera</i> L.) no ciclo 2017/2018.....	95
5. Percentual (%) de gemas basais nas classificações de: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável, com relação à data de coleta e avaliação na variedade Pinot Noir B (<i>Vitis vinifera</i> L.) no ciclo 2017/2018.....	96
6. Anatomia de gemas basais da variedade Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) observadas em corte longitudinal.....	97
7. Ng AIA/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016.....	101

	Página
8. Ng Z/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016.....	102
9. Ng Trans-zeatina-riboside/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016.....	103
10. Ng ABA/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016.....	103
11. Ng AS/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016.....	104
12. Ng AJ/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016.....	105
13. Ng AIA/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ano 2015.....	106
14. Ng Z/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ano 2015.....	107
15. Ng Trans-Z/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ano 2015.....	108
16. Ng ABA/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ano 2015.....	109
17. Ng AS/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ano 2015.....	110

	Página
18. Ng AJ/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (<i>Vitis vinifera</i> L.) com relação à época de poda no ano 2015.....	111

1 INTRODUÇÃO

A viticultura tem apresentado uma importância crescente no agronegócio brasileiro, atingindo em 2017 uma área plantada de 78.028 ha. O Rio Grande do Sul (RS) é o principal estado neste setor, atingindo 62,58 % da área vitícola nacional e mais de 90% da produção total de vinhos e suco de uvas e cerca de 85% dos espumantes do país (Mello, 2018). Atualmente, este estado abriga as cinco indicações geográficas de vinhos finos no Brasil, sendo uma Denominação de Origem e quatro Indicações de Procedência, com o propósito de agregação de valor aos produtos e de desenvolvimento territorial onde o turismo e os serviços são fortes geradores de emprego e renda.

A Serra Gaúcha, região geográfica da Encosta Superior da Serra do Nordeste do Rio Grande do Sul, é a região mais tradicional na produção de uvas e vinhos do país, tendo a liderança no abastecimento do mercado interno brasileiro. Esta região vem apresentando um cenário favorável à comercialização de vinhos finos, merecendo destaque os volumes negociados de espumantes. De 2007 a 2017, a elaboração da bebida cresceu 102 % (IBRAVIN, 2019). Além disso, a Serra Gaúcha já é conhecida no mercado enológico internacional pela qualidade dos espumantes elaborados, recebendo premiações em diversos concursos.

No aspecto climático, esta região se caracteriza por apresentar clima temperado úmido, que, aliado à altitude da região determina uma maturação lenta. Este cenário é favorável para a produção de vinho espumante, sendo que as variedades Chardonnay, Pinot Noir e Riesling apresentam um potencial alcoólico baixo (9,5 % v.v⁻¹ a 10,5 % v.v⁻¹), acidez titulável relativamente elevada (75,0 meq. L⁻¹ a 85,0 meq. L⁻¹) e pH baixo (3,10 a 3,25) nesta região. Estes níveis nos parâmetros de maturação são as condições primárias para se garantir o frescor aromático e gustativo, uma característica essencial para a qualidade dos espumantes (Rizzon *et al.*, 2000; Meneguzzo, 2010).

Neste cenário vitícola da Serra Gaúcha, a Chardonnay e a Pinot Noir são as

principais variedades empregadas para a elaboração de espumantes. Contudo, apesar das vantagens enológicas, apresentam uma brotação precoce e são muito suscetíveis aos danos causados por geadas tardias que são frequentes no final do inverno e início da primavera (agosto e setembro). As geadas tardias danificam os tecidos vegetais no início do ciclo (pós-brotação) e comprometem a evolução do ciclo da videira, afetando significativamente o sucesso da produção em quantidade e qualidade. Sendo assim, um dos principais desafios para a continuidade da evolução da produção vitivinícola no país é contornar as adversidades climáticas que comprometem o desenvolvimento do ciclo da videira.

O controle dos danos por geada tardia pode ser de modo ativo ou passivo. Os modos ativos (aquecimento, ventos artificiais, molhamento, entre outros) são onerosos e na maioria ineficazes. Dentro do modo passivo, temos a escolha do local, a escolha da variedade, entre outros o que nem sempre são simples de adotar. Algumas práticas de manejo também podem ser úteis para o escape dos danos por geada, como a época de poda. Rosa (2015) salienta que a poda antecipada pode atrasar a época de brotação, mas esse atraso é pequeno (média de 5 dias) e isso pode ser pouco eficaz para escape de dias frios. Entretanto, Friend *et al.* (2001) relataram uma maior tolerância aos danos por geada tardia através do atraso da poda de inverno, mantendo as plantas com a brotação das gemas apicais até um período que não há mais risco de temperaturas congelantes. Pelo fato das gemas apicais anteciparem a brotação na primavera, o crescimento destes primeiros brotos tende a atrasar ou restringir a brotação das gemas basais. Portanto, este manejo pode ser uma estratégia para redução dos danos causados por geadas primaveris, pois pode permitir que as gemas basais se mantenham no estado de dormência e, conseqüentemente, resistentes às condições de geada. Sendo assim, manipular a data de brotação em videiras pode ser uma estratégia interessante para se reduzir a susceptibilidade dos brotos jovens às geadas.

Apesar desta aparente vantagem do manejo de poda atrasada em relação a geada primaveril, esse procedimento expõe resultados contrastantes nas diferentes regiões vitícolas em que foi testado. Enquanto na Nova Zelândia teve benefícios com a poda tardia (Friend & Trought, 2007; Trought *et al.*, 2011), na Itália houve significativos prejuízos na produção (Frioni *et al.*, 2016; Gatti *et al.*, 2018). Deste modo, os efeitos desta técnica devem ser estudados com uma experimentação local antes de ser recomendado. Além disso, torna-se importante entender os impactos fisiológicos que o atraso da poda pode

exercer sobre a videira, visando um possível ajuste desta técnica para os contrastes de locais de cultivo. Apesar da importância prática, a pesquisa básica para se caracterizar o efeito do atraso da poda sobre a fisiologia da videira é muito restrita. Recentemente, na Itália um grupo defende o efeito negativo do dreno de reservas nas gemas da base pelos brotos que se desenvolvem nos ápices para explicar a queda de produção das plantas com maior atraso na poda. Contudo, estes mesmos brotos apicais são também fontes de hormônios, os quais podem interferir no crescimento e desenvolvimento das gemas basais. Quase todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento vegetal sofrem controle hormonal em maior ou menor grau, sendo que um único hormônio pode controlar vários processos celulares, enquanto um único processo pode ser controlado por vários hormônios (Murch, 2006). Apesar desta importância, nenhum trabalho aborda a variação hormonal em sarmentos durante o crescimento de brotos apicais, buscando associar esses elementos aos impactos ou benefícios da poda tardia.

Diante desses aspectos, o presente trabalho teve como objetivo geral obter uma caracterização fitotécnica e fisiológica dos efeitos de diferentes datas de poda tardia nas variedades *Vitis vinifera* Chardonnay e Pinot Noir, cultivadas na região vitivinícola da Serra Gaúcha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A videira no Brasil

Taxonomicamente, as videiras pertencem à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse Rosidae, ordem Vitales e família Vitaceae. A domesticação ocorreu há aproximadamente 10.000 anos no Oriente Médio, entre o Mar Negro e o Mar Cáspio, a partir da espécie selvagem *Vitis caucasica* (Ebeler & Thorngate, 2009). A família Vitaceae possui 19 gêneros, sendo que, o gênero *Vitis* é o de maior importância histórica, social e econômica, abrangendo as espécies de produção comercial. O gênero *Vitis* engloba 108 espécies, sendo que *Vitis vinifera* L. é originária da Europa e a mais cultivada. Outra espécie importante é a *Vitis labrusca* originária da América do Norte (Raven *et al.*, 2007).

No Brasil, a viticultura teve início no século XVI, junto com a chegada dos colonizadores portugueses. No entanto, tornou-se uma atividade comercial no país somente no final do século XIX, por iniciativa dos imigrantes italianos estabelecidos no Sul do país a partir de 1875. Na década de 70, a vitivinicultura brasileira apresentou grande evolução, devido ao investimento de grandes empresas estrangeiras, na produção de uvas e vinhos no estado do Rio Grande do Sul (Brighenti & Tonietto, 2004).

A vitivinicultura no Brasil pode ser dividida em quatro períodos desde a sua implantação. O período inicial é caracterizado pela vitivinicultura com base na tradição dos viticultores oriundos da Itália, onde a produção era destinada ao consumo familiar. Após, começaram as comercializações de vinhos no Rio Grande do Sul, sendo este o período denominado pela implantação de vinhedos, assumindo importância econômica na região. O segundo período iniciou em 1929 com a implantação de cooperativas e, conseqüentemente, aumento da produção. Com o incremento da superfície cultivada e introdução de novas variedades de *Vitis vinifera* se estabeleceu o terceiro período. Já o

quarto período, representa o de “vinhos de qualidade produzidos em regiões determinadas”, com mudanças no mercado consumidor que estimularam os produtores a agregarem novos elementos de qualidade aos vinhos e buscarem indicações de procedência (Tonietto, 2003).

2.2 A Viticultura na Serra Gaúcha

A área cultivada com videiras no Brasil em 2017 foi de 78.028 ha, sendo o estado do Rio Grande do Sul detentor da maior da área vitícola nacional (62,58 %). Somente no Rio Grande do Sul, a produção de uvas foi de 956.913 toneladas em 2017, valor superior à produção nacional registrada até o ano de 1999. Esse estado havia apresentado queda na produção de uvas de 52,79 % no ciclo 2015/2016, devido à problemas climáticos. Esta redução foi atípica e motivada por um conjunto de fatores decorrentes de condições climáticas adversas. O inverno de 2015 foi ameno, a primavera antecipada e houve ocorrência de geadas tardias em muitas localidades. Houve chuva excessiva no período de brotação e até mesmo ocorrência de granizo em algumas áreas isoladas. No ciclo 2016/2017 houve incremento de 131,34 % comparativamente ao ciclo anterior, porém, considerando um ciclo normal, o aumento de produção no Rio Grande do Sul foi de 9,21 % (Mello, 2018).

A produção de vinhos, sucos e derivados no Rio Grande do Sul no ciclo 2016/2017 foi de 605,96 milhões de litros. A comercialização de vinhos finos apresentou redução de 19,13 % em relação ao ciclo 2015/2016. Já os espumantes (finos e moscatéis) têm apresentado tendência de forte crescimento, com aumento de 3,76 % em 2017. O volume total dos espumantes foi de 17,58 milhões de litros, ultrapassando o volume dos vinhos finos de mesa (15,87 milhões de litros) (Mello, 2018).

A vitivinicultura do Rio Grande do Sul está estruturada com base em quatro polos produtores: a Região Central, a Serra do Sudeste, a Região da Campanha e a Serra Gaúcha (Protas & Camargo, 2011).

A Serra Gaúcha é a região mais tradicional de produção de uvas e vinhos do país. Em 1875, começou a ser fortemente colonizada, sendo que o plantio da uva teve origem na cultura dos imigrantes italianos desde o início da ocupação dessas terras. Além disso, se caracteriza por apresentar uma agricultura familiar e predominantemente de pequenas propriedades (Giovannini, 1999). A Serra Gaúcha não é caracterizada como uma região

geográfica, pois, não apresenta limites definidos. Trata-se de uma região apenas identificada pela colonização de origem italiana que apresenta a viticultura como uma atividade agrícola importante. Está localizada no Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 28° e 29° de latitude sul. Apresenta relevo acidentado formado por montanhas de altitude variável de 400 a 850 metros. O solo é predominantemente de origem basáltica (Miele & Miolo, 2003).

A região da Serra Gaúcha abrange atualmente as cinco áreas de produção enológica que estão certificadas no país. O Vale dos Vinhedos, que ocupa 72,45 Km² entre as cidades de Bento Gonçalves, Garibaldi e Monte Belo do Sul, sendo a pioneira ao buscar a Indicação de Procedência (IP) e atualmente a Denominação de Origem (DO) para seus rótulos. Após isso, os municípios de Pinto Bandeira e Monte Belo do Sul conquistaram o registro de IP, assim como a região dos Altos Montes, que abrange as cidades de Flores da Cunha e Nova Pádua. Recentemente, o município de Farroupilha também conta com IP para vinhos finos moscatéis (IBRAVIN, 2019).

A agroindústria vitivinícola do Rio Grande do Sul, especialmente da Serra Gaúcha, historicamente, sempre assumiu a liderança na produção e no abastecimento do mercado interno brasileiro. No entanto, somente a partir da década de 70 é que começaram a ocorrer maiores investimentos com a implantação ou a modernização das vinícolas, especialmente daquelas voltadas para a produção de vinhos finos (Protas *et al.*, 2008).

Com relação às variedades produzidas, destacam-se em maior área e volume de produção as americanas (*Vitis labrusca*) e híbridas interespecíficas para produção de sucos e vinhos de mesa. Neste grupo, destacam-se a variedade Isabel, de maior expressão, seguida das variedades Bordô, Niágara Branca, Concord e Niágara Rosada. Quanto aos vinhos finos, apesar da região apresentar grande potencial para a elaboração de espumantes, existe uma gama de variedades também destinada à elaboração de vinhos tranquilos (Protas *et al.*, 2008). Das pertencentes à espécie *Vitis vinifera*, destacam-se as variedades Cabernet Sauvignon, Merlot, Cabernet Franc, Tannat, Ancellota, Pinot Noir e Pinotage para as uvas tintas e Moscato Branco, Riesling Itálico, Chardonnay e Trebbiano para as uvas brancas (IBRAVIN, 2019). Apesar desta diversidade varietal, desde 1998, a comercialização de espumantes vem apresentando um aumento crescente nos volumes comercializados. Só no período de 2007 a 2017, a elaboração da bebida cresceu 102 % no mercado brasileiro (IBRAVIN, 2019). Portanto, o Brasil e, especialmente, a Serra Gaúcha vêm apresentando um cenário favorável à comercialização de vinhos finos, merecendo destaque para os espumantes, que usam como base principalmente as

variedades Chardonnay, Pinot Noir, Riesling e Moscato.

No aspecto climático, a Serra Gaúcha se caracteriza por apresentar clima temperado úmido, que, aliado à altitude da região e ao excesso de chuvas, determina uma maturação lenta, não permitindo em algumas safras que a uva alcance, por ocasião da colheita, maturação adequada para a produção de vinho fino de mesa. No entanto, essas condições de maturação são favoráveis para a produção de vinho espumante, podendo esta ser uma estratégia para garantia de êxito de colheita em todas as safras. As uvas como Chardonnay, Pinot Noir e Riesling apresentam nesta região, potencial alcoólico baixo (9,5 % v.v⁻¹ a 10,5 % v.v⁻¹), acidez titulável relativamente elevada (75,0 meq. L⁻¹ a 85,0 meq. L⁻¹) e pH baixo (3,10 a 3,25), condições necessárias para garantir o frescor aromático e gustativo, fatores importantes para a qualidade dos vinhos espumantes (Rizzon *et al.*, 2000; Meneguzzo, 2010).

A Serra Gaúcha, apesar de ser a maior e mais tradicional região produtora de uvas no Brasil e com grande potencial para produção de espumantes, pode também dispor de algumas condições climáticas que são desfavoráveis ao cultivo da videira. Conhecidamente, a frequência e a distribuição de chuvas são elementos climáticos de grande importância neste processo produtivo, sendo que nesta região Sul do Brasil, há uma série histórica pluviométrica com tendência ao excesso no período de maturação e colheita, se comparada às regiões vitícolas tradicionais de outros países (Chavarria *et al.*, 2010). Devido a estas características climáticas, observa-se com frequência a realização de colheitas antecipadas e fora do ponto ideal de maturação, visando minimizar os prejuízos quantitativos por podridões. Contudo, essas antecipações de colheita impactam diretamente sobre a qualidade enológica do mosto pela interrupção do processo de maturação (Tonietto & Falcade, 2003).

Além disso, destaca-se que a Serra Gaúcha é uma região de risco para a ocorrência de geadas tardias, nos meses de agosto e setembro. Essa condição tem impacto direto sobre a produtividade das cultivares de brotação precoce, como a Chardonnay, pois coincide com o momento de crescimento inicial dos sarmentos e desenvolvimento floral. Estas geadas têm se tornado muito frequentes nesta região, em combinação com invernos amenos (ex.: 2015 teve apenas 140 horas de frio, enquanto a normal climática é de 409 horas; Alves & Tonietto, 2016), influenciado possivelmente pelas mudanças climáticas. Essas condições causam ainda mais problemas para os vinhedos da região pois estimulam brotações irregulares e mais precoces, as quais são queimadas por

temperaturas congelantes subsequentes que promovem perdas significativas, especialmente em variedades de brotação mais precoce.

2.3 Geadas

O fenômeno climático da geada afeta de maneira negativa a agricultura, causando perdas e prejuízos substanciais especialmente na fruticultura de clima temperado, que representa um importante setor da economia e da agricultura familiar no Rio Grande do Sul. As geadas ocorrem quando a temperatura do ar próximo ao solo ou superfícies expostas cai abaixo de 0°C. Dependendo da quantidade de vapor d'água existente no ar ela pode ou não vir acompanhada de depósitos de cristais de gelo sobre o solo, vegetação ou qualquer superfície exposta. As temperaturas inferiores a 0°C podem danificar e até matar os tecidos das plantas. Nos vales do relevo, o ar frio desliza pelas encostas, pelo fato de ser mais denso, e acumula-se no fundo dos vales, causando, frequentemente, as geadas (Aguiar & Mendonça, 2004).

Diferentes tipos de geada podem ser caracterizados tendo como base a gênese do fenômeno ou os efeitos visuais que produzem. Quanto à gênese, a geada recebe as designações técnicas de geada de advecção, de radiação e mista. Quanto ao critério visual, podem ser geadas brancas e negras (Simões, 2015).

As geadas brancas são as mais comuns e ocorrem quando há congelamento de vapor de água em pequenos cristais, seguido da deposição sobre as superfícies expostas. O congelamento ocorre porque a temperatura do ponto de orvalho (em que o vapor de água do ar fica saturado e depois condensa), está alta e a atmosfera está úmida. Já a geada negra ocorre quando a temperatura do ponto de orvalho está baixa e não ocorre a formação de cristais de gelo (Poling, 2008).

A geada de advecção é resultante da advecção de ar frio pela incursão de anticiclones migratórios na retaguarda de sistemas frontais. Geralmente as condições meteorológicas associadas são: muitas nuvens, ventos moderados a fortes na baixa atmosfera, sem inversão de temperatura na camada limite, baixa umidade do ar e temperatura abaixo de 0°C durante a noite e pouco acima deste valor durante o dia. São comuns as geadas do tipo negra (Pereira *et al.*, 2007; Snyder, 2010). Já a geada de radiação (branca) é produzida pela perda de energia da superfície devido à emissão de radiação infravermelha para o espaço durante a noite, resultando em resfriamento da superfície até atingir temperaturas inferiores a 0°C. As condições meteorológicas favoráveis a este tipo

de geada comumente estão associadas a circulação anticiclônica, com a presença de massa de ar frio e seco, vento calmo, pouca ou nenhuma nebulosidade, temperatura do ar inferior a 0°C durante a noite, baixa temperatura de ponto de orvalho e inversão térmica na camada limite. O resfriamento por radiação é um processo local e lento, por isso a geada de radiação é mais restritiva espacialmente do que a de advecção (Pereira *et al.*, 2007; Snyder, 2010). Por fim, as geadas mistas ocorrem pela associação de condições favoráveis à formação dos dois tipos de geada, advecção e radiação, sucessivamente ou concomitantes (Pereira *et al.*, 2007).

Várias culturas são afetadas pelo fenômeno da geada, sendo que, os danos causados são dependentes da espécie, da fase de desenvolvimento, do estado fitossanitário e do estado nutricional das plantas (Pereira *et al.*, 2007).

No Hemisfério Sul, a ocorrência de geadas é mais frequente durante os meses de junho a agosto (inverno), formando-se em locais com latitude superior aos 19°S, que no Brasil incluem a Região Sul e partes do Sudeste e Centro-Oeste (Pereira *et al.*, 2007). Há também muitos registros de geadas no início de outono ou no final da primavera. Pesquisando a ocorrência de geadas no Rio Grande do Sul, Oliveira (1997), constatou que, entre as geadas ocorridas fora dos meses de inverno, a maior probabilidade foi observada em geadas tardias (primaveris), que podem ocorrer, em média, até o mês de novembro.

As geadas tardias de primavera causam danos à cultura da videira pois afetam a brotação das plantas durante a retomada de crescimento pós-dormência, em agosto e setembro. Estas geadas danificam os tecidos vegetais e comprometem a evolução do ciclo da videira, especialmente em variedades de ciclo mais precoce, como a ‘Chardonnay’ e a ‘Pinot Noir’, afetando significativamente o sucesso da produção.

Após a saída da dormência, quando as brotações em desenvolvimento das videiras são danificadas ou mortas pela geada, gemas secundárias podem brotar para produzir novos ramos e em caso de uma segunda geada ou falha na brotação da gema secundária, gemas terciárias latentes também podem vir a brotar. Porém, gemas secundárias de variedades *Vitis vinifera* geralmente tem menos da metade do potencial de frutificação das gemas primárias, ao passo que, gemas terciárias normalmente não têm cachos diferenciados (Vasconcelos *et al.*, 2009). Algumas variedades não são produtivas nos brotos secundários, como por exemplo a ‘Edelweiss’ (Smiley *et al.*, 2008). Deste modo, a brotação e a conseqüente produção das videiras são fortemente reduzidas em safras com ocorrência de geada.

As gemas dormentes de videira apresentam profunda resistência ao congelamento. No entanto, após o inchamento da gema, esta resistência diminui com o tempo e o desenvolvimento dos vários estádios de crescimento, sendo os tecidos em desenvolvimento muito sensíveis a baixas temperaturas (Gardea, 1987; Poling, 2008). Durante a dormência, as videiras resistem ao congelamento através de dois mecanismos: pela menor quantidade de água no interior das células e pelo super resfriamento (*supercooling*), que é a capacidade de o conteúdo celular permanecer no estado líquido em temperaturas abaixo de 0°C (Dami, 2007).

Com relação à sensibilidade da videira às baixas temperaturas, Winkler (1976) descreve que a videira é sensível a temperaturas inferiores a -1,1°C. Em geadas durante a primavera, os tecidos vegetais da videira podem ser danificados por temperaturas de -1 a -3°C, porém, a intensidade dos danos varia de acordo com a duração da geada. Neste enfoque, Sugar *et al.* (2003) destacam que, após a brotação, o dano já pode ocorrer quando as temperaturas atingem 0,5°C ou menos, se o tempo de exposição for de no mínimo meia hora ou mais. Além disso, Wolf & Boyer (2003) relatam que apesar dos brotos de videira serem muito suscetíveis às lesões por frio e congelamento em temperaturas abaixo de 0°C, sob condições de baixa umidade do ar, as lesões ocorrem somente quando as temperaturas atingem de -3,3 a -3,8°C, com rara sobrevivência dos tecidos nesta situação.

Apesar destas evidências, a definição da combinação de fatores como genótipo, temperaturas críticas, umidade relativa e duração necessária do frio para se gerar a lesão em cada tipo de tecido ainda não está completa. No geral, o genótipo determina o potencial de resistência ao frio, enquanto o ambiente (solo, clima, topografia e manejo) determina quanto dessa resistência será usada. Sabe-se que a resistência ao frio varia entre as espécies de videira, destacando-se em ordem decrescente de resistência: *Vitis riparia*, *Vitis amurensis*, *Vitis labrusca*, híbridos interespecíficos, *Vitis vinifera* e *Vitis rotundifolia* (Dami, 2007). Contudo, as razões pelas quais alguns genótipos são mais resistentes que outros ainda não estão completamente decifradas.

O dano por geada nos tecidos vegetais se dá em diferentes níveis, podendo ocorrer ou não a morte dos mesmos. Há o congelamento da água no interior das células, causando rompimento de membranas e da parede celular em função do aumento do volume da água ao passar do estado líquido para o sólido. Deste modo, as estruturas celulares perdem sua integridade e o conteúdo do citoplasma e vacúolo extravasam, resultando em atividades de oxidação e morte celular. Se um grande número de células morre, porções consideráveis de tecido também morrem, causando muitos danos à parte aérea das plantas

(Dami, 2007).

Uma das principais consequências do dano por geadas na primavera é a redução na produção por planta. Os eventos de congelamento podem danificar as flores e inflorescências ou matar toda a brotação primária (Friend *et al.*, 2011). Lesões em flores, folhas e brotos tem o potencial de afetar o rendimento não só na safra atual do evento de congelamento, mas também na safra seguinte (Trought *et al.*, 1999). Por exemplo, a substituição de brotos mortos em um evento de geada tardia na primavera pode esgotar as reservas de carboidratos afetando negativamente a diferenciação dos primórdios de inflorescências nas gemas em formação (Friend *et al.*, 2011). Além disso, o nível de lesão causada pelo frio na parte aérea pode também forçar as videiras a retomarem o crescimento a partir de tecidos meristemáticos de partes mais velhas da estrutura da planta, que não dispõem de cachos. Em geral, a recuperação das videiras de lesões causadas pelo frio depende da capacidade da planta em reativar o câmbio vascular, promovendo a divisão celular e a reparação dos tecidos danificados no floema (Keller & Mills, 2007).

Após a geada, no descongelamento, os brotos de videira lesionados pelo frio perdem o turgor, escurecem completamente e ganham um aspecto de encharcados de água (Figura 1). Tecidos completamente moles podem ser observados algumas horas após o evento de frio (Sugar *et al.*, 2003).



FIGURA 1. Brotações de videira da variedade Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) lesionadas após geada ocorrida em 13/09/2015. Imagem registrada dois dias após a geada. Pinto Bandeira-RS, 2015.

Friend *et al.* (2001) relataram maior tolerância à geada através do atraso da poda de inverno até depois da brotação das gemas apicais. Pelo fato das gemas apicais anteciparem a brotação na primavera, o crescimento destes primeiros brotos tende a atrasar a brotação das gemas basais, pela imposição da dominância apical. Portanto, este manejo pode ser uma estratégia para redução dos danos causados por geadas primaveris, pois pode permitir que as gemas basais se mantenham dormentes e, conseqüentemente, resistentes às condições de geada. As gemas dormentes de videira são bastante resistentes às baixas temperaturas no período de repouso vegetativo. Conforme Giovannini (1999), as videiras americanas suportam, quando estão em dormência, temperaturas de até -25°C , enquanto as videiras europeias suportam o limite de -15°C .

2.4 Controle de geadas

O controle de geadas começa desde a implantação do vinhedo, evitando áreas situadas em vales e preferindo áreas de topo e com boa circulação de ventos. No entanto, a viticultura na Serra Gaúcha se dá principalmente em pequenas propriedades e em sua maioria com grandes declividades, não sendo possível a escolha de áreas ideais como método de prevenção às geadas.

As máquinas de vento são equipamentos com a função de misturar as camadas de ar e diminuir a inversão térmica. São eficientes apenas no controle de geadas brancas. No caso de geadas negras, não são eficientes, sendo necessário um método de proteção adicional, como aquecedores (Poling, 2008; Domoto, 2017). Deste modo, podem ser utilizados aquecedores a gás, carvão ou óleo. A poluição atmosférica por fumaça pode ser um problema, sendo que, o uso de aquecedores a óleo é proibido em algumas regiões dos Estados Unidos (Snyder & Melo-Abreu, 2005).

Trought *et al.* (1999) relatam que a irrigação por aspersão pode ser bastante eficaz, até para as geadas negras. O calor latente de congelamento geralmente libera calor necessário para evitar que as temperaturas caiam abaixo de 0°C . Com o congelamento da água livre na superfície, o calor latente é liberado mantendo assim uma camada limítrofe a 0°C . É necessário manter a irrigação para que haja água livre suficiente sobre o gelo em torno do tecido. Poling (2008) ainda cita o uso de fertilizantes foliares específicos para diminuir a temperatura de congelamento da seiva.

Além destas técnicas, o adiamento da poda hiberna também pode ser útil para evitar possíveis danos por geadas (Striegler *et al.*, 2007; Howell & Sabbatini, 2017), principalmente em variedades de brotação precoce, conforme está relatado no item 2.5 a seguir.

Na região da Serra Gaúcha, as técnicas citadas acima ainda não são amplamente utilizadas pelos viticultores, principalmente em função dos elevados custos das máquinas de vento, dos aquecedores e do método de irrigação. Já no caso do adiamento da poda, ainda faltam pesquisas sobre o assunto, que definam datas e métodos de manejo mais adequados para cada variedade.

2.5 Poda da videira

A poda da videira define a carga de gemas do vinhedo e tem como objetivo garantir o equilíbrio entre o vigor vegetativo e reprodutivo através da alteração na distribuição de fotoassimilados entre fonte (área foliar) e dreno (cachos) (Kliwer & Dokoozlian, 2005). Sem a execução da poda, a produtividade da videira não é constante e os cachos são pequenos e de baixa qualidade. Ao limitar o número e o comprimento dos ramos, a poda proporciona um balanço racional entre o vigor e a produção, regularizando a quantidade e a qualidade enológica da uva produzida (Barth *et al.*, 2006).

Nas condições dos parreirais da Serra Gaúcha as técnicas de poda mais utilizadas para as variedades de *Vitis vinifera* em espaldeira são o Cordão Esporonado (poda curta - esporões com uma a três gemas) e o Guyot Duplo (poda mista - duas varas com aproximadamente oito gemas e dois esporões com uma a três gemas).

A exsudação de seiva é causada pela pressão de raiz, que é provocada pela remobilização de reservas de amido e aumento da concentração de sacarose nos tecidos parenquimáticos da raiz, aumentando a potencial osmótico e, conseqüentemente, a absorção de água do solo e mobilização dessa água para as gemas. O teor de umidade da gema aumenta rapidamente (em poucos dias) de 50 a 80 % antes da quebra da dormência. A reativação do câmbio é também induzida pela auxina das gemas, começando gradualmente pelas gemas distais e progredindo de forma basípeta e lateral pelo ramo (Keller & Mills, 2007).

Conforme citado anteriormente, as geadas são um risco significativo para a produção de uva em muitas partes do mundo (Trought *et al.*, 1999). Dependendo do clima

da região e da topografia do vinhedo, as geadas podem ocorrer em todo o período vegetativo, no entanto, os eventos de congelamento são mais comuns e mais prejudiciais na primavera, quando as videiras estão brotando (Friend *et al.*, 2011).

O atraso da poda hiberna em videiras, com o objetivo de atrasar a brotação das gemas basais, pelo fato de evitar a coincidência temporal de brotações com as geadas primaveris, pode aumentar substancialmente a produção por planta quando comparada à poda na época tradicional em áreas de risco (Barnes 1958; Bouard 1967; Coombe 1964; Olivier 1964; Whittles 1986). Estes exemplos relatam sobre a magnitude das alterações no rendimento das plantas, no entanto, não detalham a causa. Somente Coombe (1964) sugeriu que o aumento do rendimento surgiu a partir de um incremento no *fruit set*, mas não indicou quais componentes de rendimento (número ou peso de bagas) podem ser afetados.

Em experimento com a variedade Merlot (*Vitis vinifera* L.) na Nova Zelândia, Friend & Trought (2007) relataram um aumento médio de 79 % no rendimento da poda tardia (setembro e outubro), em três safras consecutivas, quando comparada a época convencional de poda (julho). O atraso na poda, permitindo que o crescimento de brotos de gemas apicais brotação de gemas basais pela dominância apical (Friend & Trought, 2007), protege estas gemas basais contra os danos por congelamento de geadas na primavera. Apesar deste benefício, os autores relatam níveis mais baixos no acúmulo de açúcares e maior acidez titulável nos frutos no momento da colheita nas plantas submetidas à poda tardia. Esta variação está associada ao impacto da poda tardia sobre a fenologia das brotações basais, sendo que a intensidade deste efeito depende das condições locais de cultivo. Na Austrália, um atraso de quatro dias na brotação foi associado ao retardamento de cinco dias na floração e maturação da variedade Cabernet Sauvignon (Martin & Dunn, 2000), enquanto na Nova Zelândia, um atraso de seis dias na brotação foi relatado com retardamento de apenas três dias na floração e quatro dias na virada de coloração das bagas (Friend, 2005).

Nos ensaios de poda tardia na Nova Zelândia, Friend & Trought (2007) destacam que não há queda no rendimento com a poda tardia, no entanto, sugerem que um excessivo atraso na poda pode também reduzir a produção. Outros autores, em condições distintas da Nova Zelândia, também salientam que o rendimento pode ser inalterado ou diminuído com o atraso da poda de inverno (El-Zeftawi & Weste, 1970; Jensen & Dokoozlian, 1991; Parkin, 1980). Alguns trabalhos realizados no Norte da Itália relatam queda no rendimento da videira com o atraso da poda hiberna, por causas ainda

desconhecidas (Frioni *et al.*, 2016; Gatti *et al.*, 2016; Palliotti *et al.*, 2017).

Diante deste cenário, destaca-se que manipular a data de brotação em videiras pode ser uma estratégia interessante para se reduzir a susceptibilidade dos brotos jovens às geadas e assegurar uniformidade de produção da cultura (Dami *et al.*, 2000). Contudo, os resultados encontrados em diversos países são contrastantes nos impactos desta técnica sobre a produção e não detalham as causas ou as respostas fisiológicas das videiras para explicar essas variações de resposta. Além disso, não se dispõe dos efeitos que o atraso da poda hiberna pode exercer nas videiras que estão cultivadas nas condições edafoclimáticas do Sul do Brasil.

2.6 Reservas

As reservas de carboidratos são a principal fonte de energia para as alterações metabólicas que ocorrem durante o período de dormência. Além disso, estas reservas garantem a atividade metabólica no período de brotação e diferenciação inicial das inflorescências, enquanto as primeiras folhas ainda estão em crescimento e desenvolvimento fotossintético. Portanto, as reservas de amido que foram acumuladas no ciclo anterior é que vão garantir um desenvolvimento inicial adequado e uniforme, reduzindo contrastes de vigor entre gemas e entre plantas na primavera. Os carboidratos também são reconhecidos como importantes moléculas sinalizadoras e reguladoras, envolvidas em vários processos metabólicos, incluindo a dormência (Sherson *et al.*, 2003).

Com a expansão das folhas e o rápido desenvolvimento do dossel, os carboidratos gerados a partir da fotossíntese tornam o balanço de carbono positivo (Greer & Weston, 2010). Durante o crescimento das bagas, pós florescimento, a taxa de crescimento vegetativo vai reduzindo, atingindo o mínimo ou cessando durante a maturação. Nesta condição, os carboidratos que sobram do dreno dos cachos serão então acumulados como reservas de amido nos tecidos dos ramos, tronco e raízes para o ciclo seguinte (Kliewer & Dokoozlian, 2005).

Em todas as variedades de videira estudadas, o amido representa a parte mais importante das reservas de açúcares e é mobilizado ou acumulado de acordo com as necessidades das plantas (Mullins *et al.*, 1992; Zapata *et al.*, 2001; Lebon *et al.*, 2008). No inverno, durante a dormência, 90 % do amido está contido sistema radicular da videira

(Zapata *et al.*, 2001; Lebon *et al.*, 2008).

No início da primavera, quando a temperatura do solo atinge valores acima de 10-12°C, a dormência das raízes termina e o metabolismo da planta é reativado. O amido então é mobilizado progressivamente para o crescimento dos órgãos vegetativos e reprodutivos anuais e se estende até a antese (Zapata *et al.*, 2004; Lebon *et al.*, 2008). O início da pressão do xilema coincide com o início da degradação do amido nas raízes. Glicose e frutose derivadas da degradação do amido, contribuem para o potencial osmótico da seiva do xilema, embora os açúcares sejam apenas uma pequena fração do total de compostos orgânicos e minerais presentes na seiva (Holzapfel *et al.*, 2010).

Não está claro onde ou como a saída da dormência e o estímulo associado à degradação de amido e mobilização de reservas são ativados, bem como estes mecanismos são interligados. Evidências sugerem que a elevação da temperatura é o principal fator ambiental e que a temperatura do ar determina a retomada da atividade das gemas, enquanto a temperatura do solo determina a retomada da atividade do xilema, água, carboidratos e outros metabólitos e substâncias de crescimento que sustentam o crescimento da parte aérea e o desenvolvimento da inflorescência (Field *et al.* 2009; Holzapfel *et al.*, 2010).

Para Mandelli *et al.* (2008) a videira é extremamente exigente quanto aos teores de carboidratos para alcançar uma maior eficiência produtiva. O acúmulo de amido nos ramos produtivos está estreitamente associado à formação da gema fértil e parece atuar sobre a diferenciação floral, pelo aumento da respiração ou pelo estímulo da síntese de substâncias nitrogenadas (Winkler *et al.*, 1974). Ainda, de acordo com Vasconcelos *et al.* (2009) o equilíbrio de fotoassimilados é um fator preponderante no desenvolvimento de gemas férteis na videira. A restrição de açúcares solúveis e amido para as gemas causa brotações desuniformes e desenvolvimento irregular de gemas férteis. Os baixos teores de carboidratos solúveis totais nos tecidos das gemas também podem acarretar na redução da fertilidade pela necrose delas (Lavee *et al.*, 1981). Sendo que, esta necrose também pode estar sendo induzida pela falta de controle hídrico nas gemas com deficiência de carboidratos (Falavigna *et al.*, 2018).

De modo geral, os sistemas e épocas de poda podem alterar a arquitetura das plantas, mudando, conseqüentemente, seu dossel vegetativo e, por conseqüência, podem provocar alterações no teor de reservas (Oliveira *et al.*, 2007). Sendo assim, salienta-se que a análise da variação dos níveis de amido e carboidratos solúveis em gemas e ramos durante o período de repouso pode auxiliar no entendimento dos impactos que diferentes

práticas de manejo, que variações do ambiente, entre outros fatores, podem exercer sobre a fisiologia da planta na fase inicial de um novo ciclo de crescimento e produção.

2.7 Hormônios vegetais

Os hormônios vegetais são os mensageiros químicos primários que carregam a informação entre células, tecidos e órgãos, coordenando a diferenciação, o crescimento e desenvolvimento das plantas. A sequência de eventos iniciada pelos hormônios geralmente ocorre em três estágios: a percepção do sinal, a via de transdução e amplificação do sinal e a resposta final (Taiz & Zeiger, 2009). São compostos orgânicos, não nutrientes, de ocorrência natural nas plantas (endógenos) que, em baixas concentrações, promovem, inibem ou modificam processos fisiológicos e morfológicos, sendo esses efeitos, na maioria das vezes, em locais diferentes de onde foram sintetizados (Peixoto & Peixoto, 2009).

Estes mensageiros químicos se apresentam como importantes mediadores endógenos, condicionando as plantas ao ajuste de desenvolvimento e crescimento em situações extremas. Estudos fisiológicos e genéticos revelam funções hormonais individuais em diferentes processos e em funções sobrepostas. O resultado do desenvolvimento é determinado por uma rede complexa na qual a atividade de um hormônio é modulada por outras vias hormonais contribuintes. A atividade de cada hormônio vegetal é determinada pela sua disponibilidade e pela eficiência da percepção e transdução do sinal hormonal (Vanstraelen & Benková, 2012).

Dentre os hormônios vegetais relacionados com o crescimento, diferenciação e desenvolvimento, destacam-se: auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico, etileno, ácido Jasmônico e ácido salicílico (Tarkowská *et al.*, 2014).

Auxinas

A auxina foi o primeiro hormônio a ser descoberto nas plantas. Em meados de 1930, esta molécula sinal foi identificada como um ácido indol-3-acético (AIA), sendo este considerado a auxina de maior abundância e relevância fisiológica (Tarkowská *et al.*, 2014). É o mais estudado, sendo considerado o “hormônio do crescimento”, pois está envolvido em quase todos os processos de desenvolvimento, incluindo dominância apical, formação de órgãos, formação vascular e gravitropismo (Enders & Strader, 2015; Nanda & Melnyk, 2018).

Folhas jovens em desenvolvimento produzem auxina, a qual é transportada por proteínas, como as proteínas PIN-FORMED (PIN), em direção à base das plantas. Auxina também está envolvida na resposta ao estresse (ex.: ferida), com as proteínas PIN transportando auxina para o local, onde desencadeia a regeneração do tecido vascular (Nanda & Melnyk, 2018).

A rota de síntese da auxina que é conhecida tem origem a partir do aminoácido triptofano por três vias diferentes: rota do ácido indolpirúvico (utilizada pela maioria das espécies vegetais), rota da triptamina e rota da indolacetaldoxima (via característica das famílias Brassicaceae, Poaceae e Musaceae) (Davies, 1995).

A dominância apical é definida amplamente como “o controle inibitório do ápice sobre o crescimento de gemas laterais”, sendo que, as auxinas e citocininas parecem ter um importante papel no controle deste processo (Napoli *et al.*, 1999). A auxina tem um efeito inibitório sobre o crescimento de gemas axilares, enquanto a citocinina promove o crescimento destas. O mecanismo de crescimento de gemas axilares depende da relação destes dois fitormônios e não dos níveis absolutos destes (Shimizu-Sato & Mori, 2001).

Na viticultura, a dominância apical apresenta-se de modo desfavorável e favorável, dependendo do momento do ciclo. Ou seja, a fase desfavorável é no início do ciclo, pois, se não houver nenhuma intervenção de poda, as gemas nas porções apicais dos ramos brotam e inibem a brotação das gemas nas porções mais basais do ramo, gerando uma grande desuniformidade de crescimento. Em contrapartida, quando os sarmentos já estão desenvolvidos e com a proporção desejada de folhas para a maturação da uva, a dominância apical apresenta-se como um mecanismo favorável, pois inibe o surgimento de brotações laterais (feminelas) e ajuda a manter um dossel mais aberto. Mas este efeito só ocorre quando as plantas estão equilibradas (sem excesso de vigor), pois se houver a demanda por práticas de desponte, vai ocorrer o estímulo destas brotações

laterais.

Em resposta à perda dos meristemas apicais, como pela poda, por exemplo, as plantas manifestam mecanismos rápidos de sinalização de longa distância para liberar as gemas axilares e induzir novas brotações na planta. O esgotamento de AIA, pela retirada da porção apical do ramo e, conseqüentemente, dos tecidos fonte, é comumente tido como o indutor de crescimento de novas brotações (Domagalska & Leyser, 2011; Dun *et al.*, 2012).

Para explicar este processo, experimentos clássicos sugerem que a auxina proveniente do ápice do ramo age como um sinal repressivo para o crescimento das gemas basilares (Thimann & Skoog, 1933). Estudos propostos por Sachs (1968, 1969) levaram à ideia de que a saturação de auxina no fluxo de transporte do ramo principal poderia bloquear o transporte de auxina de fontes laterais. Sachs (1970) propôs que o fluxo de transporte de um ramo intacto (sem poda), carregado de auxina, repele o desenvolvimento da vascularização de gemas e, portanto, bloqueando seu crescimento. A poda esgota a fonte apical de auxina no ramo e, então, libera as gemas para o crescimento. Sachs (1981) refinando seus experimentos sugere que a poda estimula a vascularização das gemas e, este aumento na vascularização que permite o crescimento dos brotos.

No entanto, desvendar o papel da auxina que derivada do ápice tem sido um desafio, principalmente porque a auxina move-se de maneira decrescente no câmbio vascular do caule e, aparentemente, não pode mudar de direção para entrar nas gemas axilares e ramos (Brewer *et al.*, 2009).

Em experimento com ervilhas (*Pisum sativum*) Morris *et al.* (2005) demonstraram que a dinâmica de esgotamento de auxina após a decapitação (corte pela poda) não está correlacionada com o crescimento inicial da gema, sugerindo que existe um sinalizador anterior à auxina neste processo.

A constatação que a auxina apical não se desloca para as gemas axilares resultou em um debate entre os pesquisadores quanto à forma como a auxina inibe essas gemas (Mason *et al.*, 2014). As principais teorias sobre a dominância apical não são mutuamente exclusivas. No modelo baseado na canalização de transporte de auxina, gemas axilares permanecem dormentes até que uma quantidade suficiente de auxina é capaz de fluir para fora das gemas (Domagalska & Leyser, 2011). Na segunda teoria, a auxina derivada do ápice inibe o crescimento da gema axilar indiretamente através da inibição da produção de citocinina e/ou promovendo a síntese de estrigolactona (Dun *et al.*, 2012; Brewer *et al.*, 2013; Brewer *et al.*, 2009). Ao contrário da auxina, citocinina e estrigolactona

movem-se na gema axilar para promover ou inibir o crescimento do broto, respectivamente (Dun *et al.*, 2012).

Foi demonstrado que a auxina inibe nos botões laterais a expressão de um subconjunto de genes de isopenteniltransferase (IPT) que codificam a enzima que catalisa o primeiro passo da síntese de citocinina. Este resultado e outros dados sugerem que as citocininas responsáveis pelo crescimento das gemas axilares podem ser sintetizadas na própria gema e não necessariamente transportadas da raiz (Kieber, 2006).

Em *Lupinus angustifolius*, um ramo vegetativo da planta produz cerca de 20 nós. As gemas axilares nos nós de 1 a 5 e nos nós de 13 a 20 crescem rapidamente, enquanto as gemas axilares de 6 a 12 crescem lentamente em plantas intactas. A decapitação do ápice após a gema 12 promove o crescimento acelerado das gemas axilares de 8 a 12 que estavam com crescimento retardado (Miguel *et al.*, 1998). Este comportamento é muito semelhante ao observado em plantas de *Vitis vinifera*.

Além do exposto, evidências recentes sugerem que o gatilho inicial do crescimento de gemas laterais após a remoção do ápice está associado ao desvio de fotoassimilados. Ou seja, com a poda retira-se a força de dreno de carboidratos para o ápice e aumenta-se a disponibilidade destes para as gemas axilares dormentes (Fichtner *et al.*, 2017; Chabikwa *et al.*, 2019).

No geral, este fenômeno complexo de dominância apical só pode ser melhor compreendido através de uma combinação de resultados e abordagens. Os efeitos da interação hormonal e da combinação destes com outros fatores, como carboidratos, são complexos e necessitam ainda de mais estudos para se dispor de uma elucidação clara sobre a importância ou contribuição de cada fator.

Ácido Abscísico

O Ácido Abscísico (ABA) é o hormônio no qual seu envolvimento na dormência é amplamente discutido. As concentrações endógenas desse hormônio aumentam a medida que as gemas iniciam o processo de dormência no outono e, diminuem durante a retomada do crescimento da videira após a superação da dormência. Estudos mostraram a correlação entre o conteúdo máximo de ABA endógeno e o momento em que a dormência das gemas atinge seu estágio mais profundo na endodormência (Lavee & May, 1997; Villar *et al.*, 2017).

O ABA desempenha resposta no desenvolvimento da planta, como germinação e maturação de sementes, regulação da abertura estomática e manutenção da dormência (Vishwakarma *et al.* 2017; Nanda & Melnyk, 2018). Além de ser o hormônio principalmente correlacionado com a dormência, o ABA também está intimamente relacionado as respostas de estresse biótico e abiótico, os quais provocam o acúmulo deste hormônio nas plantas afetadas (Nanda & Melnyk, 2018).

O metabolismo do ABA é interessante pois seus níveis são alterados de forma abrupta em determinados tecidos, durante o desenvolvimento ou em resposta a mudanças nas condições ambientais (Or *et al.*, 2000). Em plantas submetidas a estresse hídrico, por exemplo, os níveis de ABA nas folhas podem aumentar cerca de 50 vezes dentro de quatro a oito horas (Taiz & Zeiger, 2009).

A poda em si, bem como as variações de intensidade e data de ocorrência, pode se apresentar como diferentes condições de estresse abiótico e exercer alguma influência nos níveis de ABA. Portanto, pela importância metabólica, esse hormônio é um fator importante de se avaliar.

Citocininas

As citocininas (CKs) são hormônios derivados de adenina e envolvidos em vários aspectos do desenvolvimento das plantas, incluindo a divisão celular, a formação das raízes laterais e manutenção do meristema. Seus efeitos ocorrem frequentemente por meio da interação com a via de sinalização da auxina (Schaller *et al.*, 2015; Nanda & Melnyk, 2018).

As citocininas são sintetizadas em toda a planta e a adenosina fosfato-isopenteniltransferase (IPT), que catalisa o primeiro passo da biossíntese de citocininas, é expressa em toda a planta (Miyawaki *et al.*, 2004; Muller & Leyser, 2011).

Experimentos em ervilha mostraram que os genes biossintéticos de citocina ISOPENTENYLTRANSFERASE1 e ISOPENTENYLTRANSFERASE2 (PsIPT1 e PsIPT2) são expressos nas regiões nodais dos caules, e são diferencialmente expressos antes e depois da decapitação (Tanaka *et al.*, 2006; Muller & Leyser, 2011). Com base nesses dados, Tanaka *et al.* (2006) propuseram um modelo em que um papel da auxina na dominância apical é reprimir a biossíntese local da citocinina nas gemas.

As raízes são uma fonte importante de citocinina nas plantas, sendo sintetizadas e transportadas pelo xilema para gemas e parte aérea. No entanto, elas também podem ser sintetizadas em tecidos meristemáticos ou jovens, em sementes em desenvolvimento

e frutos jovens, ou seja, em regiões com alta divisão celular (Muller & Leyser, 2011)

As citocininas naturais contêm uma cadeia lateral isoprenóide ou uma cadeia lateral aromática na posição N⁶ - assim, são chamadas convencionalmente de citocininas isoprenóides ou citocininas aromáticas. Essa variação estrutural altera a sua atividade biológica e estabilidade. Entre as citocininas isoprenóides a trans-zeatina é uma das mais importantes, devido à sua alta atividade biológica e ocorrência; já o seu isômero, cis-zeatina, possui baixa atividade (Bajguz & Piotrowska, 2009).

Giberelinas

As giberelinas (GAs) desempenham importante papel no desenvolvimento das plantas, particularmente no crescimento, promovendo a expansão, diferenciação e proliferação celular (Nanda & Melnyk, 2018).

Estudos demonstraram que os níveis endógenos de GA diminuem após a decapitação em ervilha e tabaco e podem ser recuperados após tratamento com auxina apical (Ross *et al.*, 2000; 2003), sugerindo que a auxina desencadeia a biossíntese ou acúmulo de GA (Nanda & Melnyk, 2018).

Giberelinas também são conhecidas por sua relação antagônica com o ABA na regulação de vários processos de desenvolvimento, sendo o modelo mais conhecido a dormência e germinação de sementes. Neste caso, GA aumenta a germinação em uma ampla gama de espécies, enquanto o ABA aumenta a indução e regulação da dormência (Seo *et al.*, 2006; Zheng *et al.*, 2018). A relação ABA/GA₃ endógena em gemas florais aumentou durante a indução de dormência natural e diminuiu durante a liberação de dormência (Duan *et al.*, 2004). Estes resultados sugerem que esses hormônios podem agir de forma semelhante na dormência de gemas (Wang *et al.*, 2016).

Os principais locais de síntese de giberelinas são as partes jovens das plantas, como os ápices de caules, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento e raízes jovens. São sintetizadas em um processo de três etapas com regulação: a primeira ocorre nos plastídios dos tecidos meristemáticos a partir da conversão do geranylgeranyl pirofosfato (GGPP), o qual é um precursor comum dos diterpenos. Depois, no exterior do retículo endoplasmático, é convertido em GA₁₂-aldeído, um composto de 20 carbonos, o qual, na terceira etapa, é convertido em diferentes giberelinas ativas e inativas de 19 ou 20 carbonos. Essa fase da síntese ocorre no citosol, entretanto as giberelinas a serem formadas dependem da espécie, do estágio de desenvolvimento e do tecido no qual está sendo sintetizada (Tschiersch & Sonnewald, 2004).

Para a videira, as giberelinas exercem efeito negativo na transição floral, inibindo a inflorescência e formação das flores (Carmona *et al.*, 2008).

Ácido Jasmônico

O ácido Jasmônico (AJ) é um hormônio vegetal derivado de lipídios, conhecido principalmente por sua ativação como mecanismo de defesa durante estresses abióticos e bióticos (Santino *et al.*, 2013; Nanda & Melnyk, 2018).

Em plantas induzidas por ferimentos ou altas temperaturas, o acúmulo de AJ é fortemente induzido (Schaller & Stintzi, 2008).

Ácido Salicílico

O ácido salicílico (AS) é um hormônio reconhecido por desempenhar função nas respostas de defesa das plantas, além de regular processos de desenvolvimento (Tarkowská *et al.*, 2014).

O AS é considerado uma molécula sinalizadora na planta, capaz de induzir a resistência contra o ataque de predadores. Esta função foi sugerida pelo fato de o AS se acumular em plantas submetidas a condições adversas, tanto por ataque patogênico quanto pelo tratamento com elicitores químicos (Martinez *et al.*, 2000).

2.8 Tipos de gemas e formação da gema fértil

Em videira existem diversos tipos de gemas, conforme pode ser observado na Figura 2. Elas podem ser classificadas em: (1) gema pronta; (2) gema franca (latente); (3) gema basilar; (4) gema cega e (5) gemas latentes ou de madeira velha.

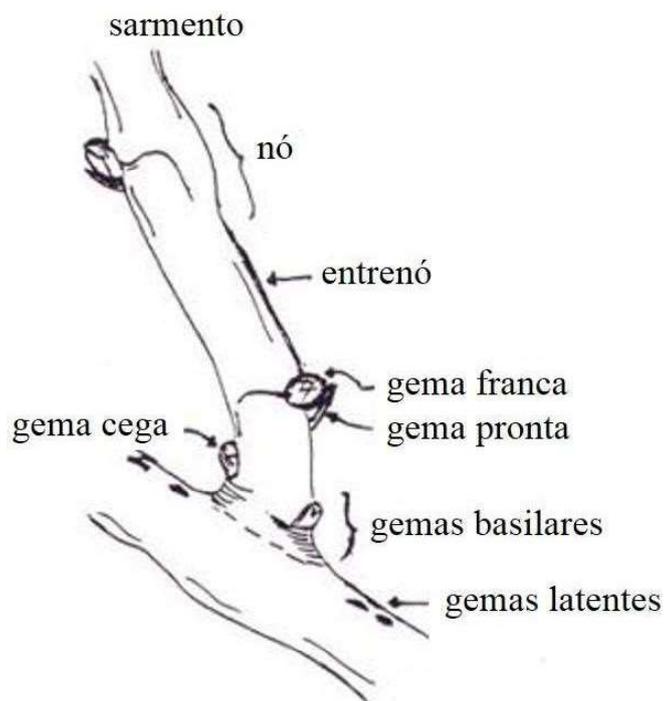


FIGURA 2. Sarmento de videira com os diferentes tipos de gemas. Fonte: Adaptado de Chauvet & Raynier, 1979 (Apud Mandelli & Miele, 2003).

As gemas prontas podem desenvolver-se no mesmo ciclo de sua formação e originar brotações feminelas (ramo antecipado), com menor desenvolvimento e fertilidade. Localizam-se na axila das folhas, ligeiramente descentralizadas e abaixo da gema franca. A gema franca (axilar ou latente) forma-se junto a inserção do pecíolo foliar permanecendo dormente durante o ano de diferenciação (um a três cachos em *Vitis vinifera* e até quatro cachos em *Vitis labrusca*). A gema basilar não é bem diferenciada, se forma na base do sarmento junto à inserção da brotação do ano com a madeira de ano e só brota com poda curta ou quando acontece alguma injúria na gema franca (ex.: geada) e geralmente é infértil em *Vitis vinifera*. A gema cega é a mais desenvolvida das basilares, sendo fértil em *Vitis labrusca* e pode produzir um cacho em algumas variedades de *Vitis vinifera*. As gemas de madeira velha não são muito desenvolvidas e cobertas pelas sucessivas formações de tecido (suberizado), que quando brotam dão origem a sarmentos “ladrões” em sua maioria estéreis (Mandelli & Miele, 2003).

A formação de estruturas reprodutivas em videiras é um processo complexo e altamente influenciado por fatores ambientais e práticas culturais (Vasconcelos *et al.*, 2009). A videira é caracterizada por possuir gemas compostas que são divididas

internamente em gemas primárias, secundárias e terciárias. A gema latente primária produz duas ou mais brácteas antes de produzir primórdios de folha, enquanto as gemas nas axilas dessas duas brácteas são chamadas de latentes secundárias e terciárias (Figura 3) (Srinivasan & Mullins, 1981).

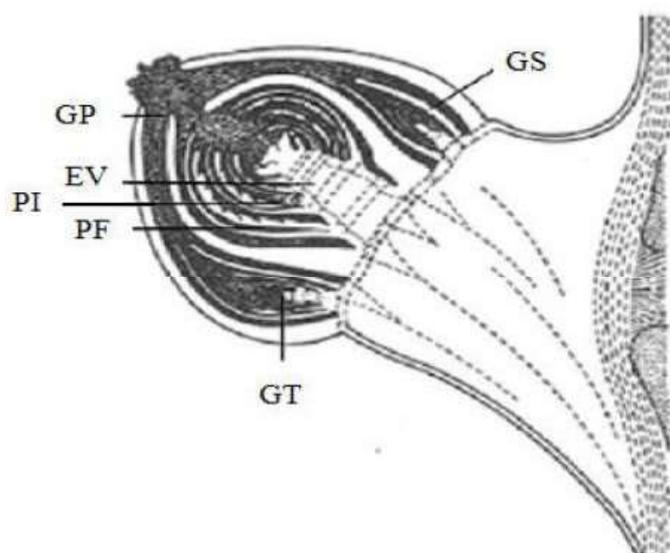


FIGURA 3. Seção longitudinal da gema da videira antes da brotação. GP: gema principal (primária); GS: gema secundária; GT: gema terciária; PF: primórdio foliar; PI: primórdio de inflorescência; EV: eixo vegetativo. Fonte: Vasconcelos *et al.* (2009).

Estas gemas têm o crescimento limitado e produzem principalmente primórdios foliares. As gemas secundárias podem formar primórdios de inflorescência em alguns casos, no entanto, as gemas terciárias permanecem vegetativas na maioria das vezes. As gemas latentes totalmente maduras contendo um ou mais primórdios de inflorescência são chamadas férteis. São denominadas de latentes pois não se desenvolvem no ano de sua formação, ficando em estado de repouso aparente (Reynier, 1995).

O processo de florescimento em videiras acontece ao longo de duas estações (Figura 4). Durante o desenvolvimento das gemas, o meristema apical (SAM) produz tanto primórdios foliares como uma estrutura meristemática chamada *anlagen* (do Alemão, primórdio não comprometido) (Srinivasan & Mullins, 1981; Vasconcelos *et al.*, 2009). O primórdio indiferenciado se transformará em uma estrutura axilar extra. Quando os

primórdios indiferenciados são formados dentro de gemas latentes podem se desenvolver em primórdios de inflorescência. No entanto, quando os primórdios indiferenciados são formados em brotos de rápido crescimento (gema pronta) geralmente se desenvolvem em gavinhas (Vasconcelos *et al.*, 2009).

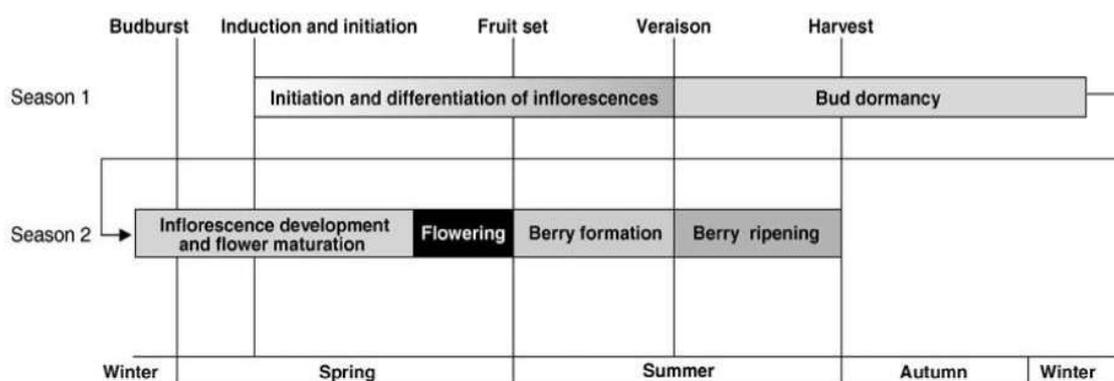


FIGURA 4. Ciclo reprodutivo da videira em duas estações. Fonte: Vasconcelos *et al.* (2009).

Enquanto a gema pronta pode se transformar em uma brotação no ano em que é produzida, dependendo das condições ambientais, a gema latente brotará de 9 a 12 meses após o seu desenvolvimento inicial. Todas as três gemas dentro da gema latente composta permanecem adormecidas durante a estação de crescimento em que se formam (Vasconcelos *et al.*, 2009).

De maneira simplificada, o desenvolvimento floral na videira envolve três etapas principais: (1) formação do *anlagen* ou primórdio indiferenciado; (2) diferenciação do *anlagen* em primórdio de inflorescência (PI) e (3) diferenciação de flores. Após curto período vegetativo, onde se desenvolvem de três a cinco primórdios foliares, o meristema apical produz o primeiro meristema lateral (*anlagen*), uma estrutura em forma de cubo em posição oposta ao primórdio de folha mais jovem, o qual sofrerá ramificações repetidas e se desenvolverá em inflorescência imatura. Os primórdios indiferenciados que formarão os primórdios de folhas são formados no meristema apical (Srinivasan & Mullins, 1981). Na Austrália, por exemplo, a iniciação do *anlagen* em gemas latentes de ‘Chardonnay’ começa quatro semanas após a brotação, na estação 1 (Watt *et al.*, 2008). Este período coincide com o momento de mudança de cor dos sarmentos de verde para marrom ou lignificação (Vasconcelos *et al.*, 2009).

Os primórdios que foram direcionados para se desenvolverem como inflorescências vão se ramificando repetidamente para formar uma estrutura cônica composta por muitos primórdios ramificados arredondados. Os estádios de *anlagen* e PI são completados durante a estação corrente, enquanto o estágio final (formação das flores) ocorre antes e durante a brotação da gema na próxima primavera (Srinivasan & Mullins, 1981; May, 2000). Morfologicamente, quando o primórdio de inflorescência está completamente diferenciado em uma gema, apresenta-se na forma de um eixo com inúmeras protuberâncias, correspondentes as futuras flores a serem formadas, assemelhando-se a um cacho de uva (Botelho *et al.*, 2004).

Após a diferenciação, as inflorescências imaturas permanecem durante o inverno em estado quiescente na gema dormente e, após a brotação das gemas na primavera, o processo de desenvolvimento continua até a completa formação das flores (Boss *et al.*, 2003). Entretanto, outros autores sugerem um desenvolvimento continuado em nível celular (atividade mitótica) na formação do primórdio de inflorescência, mesmo durante o período de dormência, mostrando que, apesar do aparente estado quiescente das gemas, a divisão celular e o desenvolvimento da inflorescência continuam durante os meses de inverno (Jones *et al.*, 2009).

Deste modo, o processo de florescimento em *Vitis vinifera* é dependente de dois ciclos vegetativos para ocorrer. Inflorescências e gavinhas tem uma origem comum como primórdio indiferenciado, sendo que, o destino deste primórdio depende do equilíbrio entre citocininas e giberelinas (Figura 5). As giberelinas promovem a iniciação do meristema lateral mas inibem o seu desenvolvimento em inflorescências, favorecendo o crescimento de gavinhas (Carmona *et al.*, 2008). Já as citocininas parecem contribuir positivamente para o desenvolvimento de inflorescências do meristema lateral. Numa primeira instância, quando os primórdios de gavinha são isolados e desenvolvidos *in vitro* numa solução com citocininas, estes ramificam rapidamente e desenvolvem estruturas de inflorescências (Srinivasan & Mullins, 1981). Em um estágio inicial, as giberelinas são promotores da floração porque a formação do *anlagen* é um processo que requer a presença dessa classe hormonal. Contudo, mais tarde no desenvolvimento as giberelinas agem como inibidoras da floração, pois estimulam o crescimento vegetativo e direcionam o *anlagen* para o desenvolvimento de gavinhas.

Nessa mesma etapa, a presença de um balanço favorável de citocininas estimula a formação dos primórdios de inflorescência a partir do estímulo de ramificação de gavinhas (Vasconcelos *et al.*, 2009). Ou seja, nesta sequência evolutiva do

desenvolvimento, toda inflorescência um dia foi uma gavinha (Figura 5).

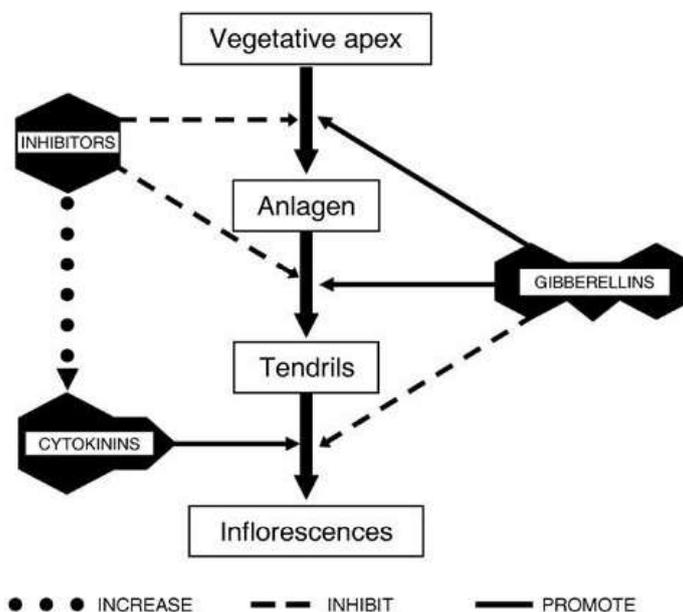


FIGURA 5. Esquema hipotético do controle hormonal da formação de *anlagen*, gavinhas e inflorescências em videira (*Vitis vinifera* L.). Fonte: Vasconcelos *et al.* (2009).

Dentre os fatores ambientais, destaca-se que altas temperaturas e alta luminosidade são estímulos de indução para o florescimento; o fotoperíodo e a vernalização não são muito relevantes. A combinação de curto período com altas temperaturas, iluminação e ausência de estresse hídrico e nutricional são requeridos para uma ótima iniciação (Vasconcelos *et al.*, 2009). Temperaturas entre 20 e 30°C são tidas como ótimas para o florescimento.

2.9 Referências Bibliográficas

ALVES, M. E. B.; TONIETTO, J. **Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2016 em regiões produtoras de vinhos finos no Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016 (Comunicado Técnico, 187).

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS*, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 762-773. (CDROM).

BAJGUZ, A.; PIOTROWKA, A. Conjugates of auxin and cytokinin. **Phytochemistry**,

New York, v. 70, p. 957-969, 2009.

BARNES, M. M. Relationships among pruning time response, symptoms attributed to grape bud mite and temporary early season boron deficiency in grapes. **Hilgardia**, California, v. 28, p. 193–226, 1958.

BARTH, C. V.; CARVALHO, R. I. N. de; SIMÕES, F. Expressão da fertilidade de gemas da videira em função de diferentes épocas de poda e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 7, n. 1-2, p. 67-73, 2006.

BIEMELT, S.; TSCHIERSCHE, H.; SONNEWALD, U. Impact of altered gibberellin metabolism on biomass accumulation, lignin biosynthesis, and photosynthesis in transgenic tobacco plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 135, n. 1, p. 254-265, 2004.

BOSS, P. K.; BUCKERIDGE, E. J.; POOLE, A. New insights into grapevine flowering. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 30, n. 6, p. 593-606, 2003.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Efeitos de reguladores vegetais na qualidade de uvas 'Niagara Rosada' na região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 74-77. 2004.

BOUARD, J. Influence de l'époque de la taille sur la production des raisins. **Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France**, Paris, v. 53, p. 639–644, 1967.

BREWER, P. B. *et al.* Strigolactone acts downstream of auxin to regulate bud outgrowth in pea and Arabidopsis. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 150, n. 1, p. 482-493, 2009.

BREWER, P. B.; KOLTAI, H.; BEVERIDGE, C. A. Diverse roles of strigolactones in plant development. **Molecular Plant**, Oxford, v. 6, n.1, p. 18-28, 2013.

BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo sistema CCM geovíticola. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 2004, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: SBF, 2004. 4p. 1 CD-ROM.

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

CHABIKWA, T. G.; BREWER, P. B.; BEVERIDGE, C. A. Initial bud outgrowth occurs independent of auxin flow out of buds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 179, p. 55-65, 2019. doi: 10.1104/pp.18.00519.

CHAVARRIA, G. *et al.* Maturação de uvas Moscato Giallo sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2010.

COOMBE, B. G. The winter treatment of grapevines with zinc and its interactions with time of pruning. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, East Melbourne, v. 4, p. 241–246, 1964.

CUI, K. *et al.* Comparison of sample pretreatment methods for the determination of multiple phytohormones in plant samples by liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry. **Microchemical Journal**, New York, v. 121, p. 25-31, 2015. doi:10.1016/j.microc.2015.02.004.

DAMI, I.; HAMMAN, R.; STUSHNOFF, C.; WOLF, T. K. Use of oils and alginate to delay budbreak of grapevines. *In: PROCEEDINGS... of the American Society for Enology and Viticulture 50th Anniversary Meeting*. Davis, California, USA: American Society for Enology and Viticulture, 2000. p. 73–76

DAMI, I. Freezing and survival mechanisms of grapevines. *In: STRIEGLER, R. K.; ALLEN, A.; BERGMEIER, E.; CAPLE, H. (Ed.). In: UNDERSTANDING and preventing freeze damage in vineyards*. Missouri : University of Missouri, 2007. p.13-20.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry, and molecular biology**. London: Kluwer Academic Publishers, 1995.

DOMAGALSKA, M. A.; LEYSER, O. Signal integration in the control of shoot branching. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 12, n. 4, p. 211-221, 2011.

DOMOTO, P. **Methods of Vineyard Frost Protection**. [2017]. Disponível em: <http://viticulture.hort.iastate.edu/info/06iawgmtg/vineyardfrostprotection.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2017.

DUAN, C. *et al.* Studies on regulations of endogenous ABA and GA3 in sweet cherry flower buds on dormancy. **Acta Horticulturae Sinica**, Beijing, v. 31, p. 149-154, 2004.

DUN, E. A. *et al.* Antagonistic action of strigolactone and cytokinin in bud outgrowth control. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 158, n. 1, p. 487-498, 2012.

ENDERS, T. A.; STRADER, L. C. Auxin activity: past, present, and future. **American Journal of Botany**, Philadelphia, v. 102, p. 180-196, 2015. doi: <https://doi.org/10.3732/ajb.1400285>.

EL-ZEFTAWI, B. M; WESTE, H. L. Time and level of pruning with cincturing or PCPA in relation to yield and quality of Zante currant. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, East Melbourne, v. 10, p. 454–487, 1970.

FICHTNER, F. *et al.* Trehalose 6-phosphate is involved in triggering axillary bud outgrowth in garden pea (*Pisum sativum* L.). **The Plant Journal**, Oxford, v. 92, n. 4, p. 611-623, 2017. doi:10.1111/tbj.13705.

FRIEND, A. P. *et al.* Manipulating bud break dates in grapevines. *In: 52nd Annual Meeting of the American Society for Enology and Viticulture*, 52, 2001, San Diego, CA, United States of America. **Proceedings...** San Diego, CA, 2001. p. 28-30.

FRIEND, A. P. **Berry set and development in *Vitis vinifera* L.** 2005. PhD thesis - Lincoln University, New Zealand, 2005.

FRIEND, A. P.; TROUGHT, M. C. T. Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 13, p. 157-164, 2007.

FRIEND, A. P. *et al.* Effect of delaying budburst on shoot development and yield of *Vitis vinifera* L. Chardonnay 'Mendoza' after a spring freeze event. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 17, p. 378-382, 2011.

FRIONI, T. *et al.* Postbudburst Spur Pruning Reduces Yield and Delays Fruit Sugar Accumulation in Sangiovese in Central Italy. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 67, n. 4, p. 419-425, 2016.

GARDEA, A. A. **Freeze damage of Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) as affected by bud development. INA bacteria, and a bacterial inhibitor.** 1987. 98 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Oregon State University, 1987.

GATTI, M.; PIREZ, F. J.; CHIARI, G.; TOMBESI, S.; PALLIOTI, A.; MERLI, M. C. PONI, S. Phenology, Canopy Aging and Seasonal Carbon Balance as Related to Delayed Winter Pruning of *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese Grapevines. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, article 659, p. 1-14, 2016.

GATTI, M. Calibrated, delayed-cane winter pruning controls yield and significantly postpones berry ripening parameters in *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], p. 1-12, 2018. doi: 10.1111/ajgw.12330

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa.** Porto Alegre: Renascença, 1999. p. 364

GREER, D. H.; WESTON, C. Effects of fruiting on vegetative growth and development dynamics of grapevines (*Vitis vinifera* cv. Semillon) can be traced back to events at or before budbreak. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 37, p. 756-766, 2010.

HOLZAPFEL, B. *et al.* Dynamics of carbohydrate reserves in cultivated grapevines. **Horticultural reviews**, Westport, v. 37, p. 143-211, 2010. doi: 10.1002/9780470543672.ch3.

HOWELL, G. S.; SABBATINI, P. **Prevention and management of winter damage.** [2018]. Disponível em: http://aces.nmsu.edu/ces/viticulture/documents/4-march-n-mexico-2013_cold-hardiness.pdf Acesso em: 02 jun. 2018.

IBRAVIN - INSTITUTO BRASILEIRO DA UVA E DO VINHO. **Produção de espumantes.** [2019]. Disponível em: <http://www.ibravin.org.br/>. Acesso em: 08 jan. 2019.

JENSEN, F.; DOKOOZLIAN, N. The influence of time of pruning, dormant, at bud break, and after bud break, on yield of Perlette vines [Abstract]. *In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENOLOGY AND VITICULTURE*, 42., 1991, Seattle, Washington, USA. **Technical Abstracts**. Seattle, Washington, USA: American Society for Enology and Viticulture, 1991. p. 12

JONES, J. E.; MENARY, R. C.; WILSON, S. J. Continued development of *V. vinifera* inflorescence primordia in winter dormant buds. **Vitis**, [Siebeldingen über Landau], v. 48, n. 3, p. 103-105, 2009.

KELLER, M.; MILLS, L. J. Effect of pruning on recovery and productivity of cold-injured Merlot grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 58, p. 351-357, 2007.

KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 56, n. 2, p. 170-181, 2005.

LAVEE, S.; MAY, P. Dormancy of grapevine buds – facts and speculation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 3, p. 31-46, 1997.

LAVEE, S. *et al.* Necrosis in grapevine buds (*Vitis vinifera* cv. Queen of the Vineyard). Relation to vigour. **Vitis**, [Siebeldingen über Landau], v. 20, p. 8-14, 1981.

LEBON, G. *et al.* Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 10, p. 2565-2578, 2008. doi:10.1093/jxb/ern135.

MANDELLI, F.; MIELE, A. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPUV, 2003.

MANDELLI, F.; MIELE, A.; RIZZON, L. A.; ZANUS, M. C. Efeito da poda verde na composição físico-química do mosto da uva Merlot. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 667-674, 2008.

MARTÍN, S.; DUNN, G. Effect of pruning time and hydrogen cyanamide on budburst and subsequent phenology of *Vitis vinifera* L. variety Cabernet Sauvignon in central Victoria. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 6, p. 31-39, 2000.

MARTINEZ, C. *et al.* Salicylic acid mediated by the oxidative burst is a key molecule in local and systemic responses of cotton challenged by an avirulent race of *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 122, p. 757-766, 2000.

MASON, M. G. *et al.* Sugar demand, not auxin, is the initial regulator of apical dominance. **PNAS**, Washington, v. 111, n. 16, p. 6092-6097, 2014.

MAY, P. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 6, p. 82-98, 2000.

MELLO, L. M. R. de. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2017**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2018 (Comunicado Técnico, 207).

MIELE, A.; MIOLO, A. **O sabor do vinho**. Bento Gonçalves: Vinícola Miolo: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 33-56.

MENEGUZZO, J. **Caracterização físico-química e sensorial dos vinhos espumantes da Serra Gaúcha**. 2010. 89 f. Tese (doutorado em Biotecnologia) - Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, 2010.

MIGUEL, L. C. *et al.* Bud development. **PNAS**, Washington, v. 19, p. 714-16, 1998.

MIYAWAKI, K.; MATSUMOTO-KITANO, M.; KAKIMOTO, T. Expression of cytokinin biosynthetic isopentenyltransferase genes in Arabidopsis: tissue specificity and regulation by auxin, cytokinin, and nitrate. **The Plant Journal**, Oxford, v. 37, p. 128-138, 2004.

MORRIS, S. E. *et al.* Auxin dynamics after decapitation are not correlated with the initial growth of axillary buds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 138, p. 1665-1672, 2005.

MULLER, D.; LEYSER, O. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. **Annals of Botany**, London, v. 107, p. 1203-1212, 2011. doi:10.1093/aob/mcr069.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. *In*: MULLINS, M. G. (ed.) **Biology of the grapevine**. Cambridge: Cambridge University Press. 1992.

MURCH, S. J. Neurotransmitters, neuroregulators and neurotoxins in plants. *In*: BALUSKA, F.; MANCUSO, S.; VPLKMANN, D. **Communication in plants: neuronal aspect of plant life**. Berlin, 2006. cap. 10, p. 137.

NANDA, A. K.; MELNYK, C. W. The role of plant hormones during grafting. **Journal of Plant Research**, Tokio, v. 131, p. 49-58, 2018. doi: <https://doi.org/10.1007/s10265-017-0994-5>.

NAPOLI, C. A.; BEVERIDGE, C. A.; SNOWDEN, K. C. Reevaluating concepts of apical dominance and the control of axillary bud outgrowth. **Current Topics in Developmental Biology**, San Diego, v. 44, p. 127-169, 1999.

OLIVEIRA, H. T. **Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no Estado do Rio Grande do Sul**. 1997. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

OLIVEIRA, P. B. *et al.* Dry matter partitioning, carbohydrate composition, protein reserves, and fruiting in ‘Autumn bliss’ red raspberry vary in response to pruning date and cane density. **Hortscience**, Alexandria, v. 42, n. 1, p. 77-82, 2007.

OLIVIER, J. M. Best time for pruning table grapes at Vaalharts. **Farming in South Africa**, [Pretoria], v. 40, p. 5–6, 1964.

OR, E. *et al.* Changes in endogenous ABA level in relation to the dormancy cycle in grapevines grown in a hot climate. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 75, n. 2, p. 190-194. 2000.

PALLIOTTI, A. *et al.* Doublepruning grapevines as a management tool to delay berry

ripening and control yield. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 68, p. 412- 421, 2017.

PARKIN, R. Late pruning improves wine quality. **Agricultural Gazette of New South Wales**, Sydney, v. 91, p. 36–37, 1980.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinamica do Crescimento Vegetal: Principios Basicos. *In*: CARVALHO, C. A. L. *et al.*(ed.) **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009. v. 1, p. 36-53.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba, 2007. Disponível em: file:///C:/Users/usuario/downloads/livro%20agrometeorologia%20pereira%20Angelocci%20sentelhas.pdf.pdf. Acesso em: 10 mar. 2017.

POLING, E. B. Spring cold injury to winegrapes and protection strategies and methods. **Hortscience**, Alexandria, v. 43, n. 6, p. 1652-1662, 2008.

PROTAS J. F. da S.; MELLO, L. M. R.; CAMARGO, U. A. **A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008.

PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A. **Vitivinicultura brasileira: panorama setorial de 2010**. Brasília: SEBRAE, Bento Gonçalves: IBRAVIN/Embrapa Uva e Vinho, 2011. 110 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, p. 856.

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

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J.; ABARZUA, C. E. **Elaboração de vinho espumante na propriedade vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000.

ROSS, J. J. *et al.* Evidence that auxin promotes gibberellin A1 biosynthesis in pea. **The Plant Journal**, Oxford, v. 21, p. 547-552, 2000. doi:10.1046/j.1365-313x.2000.00702.

ROSS, J. J.; O'NEILL, D. P.; RATHBONE, D. A. Auxin-gibberellin interactions in pea: integrating the old with the new. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 22, p. 99-108, 2003. doi:10.1007/s00344-003-0021-z.

SACHS T. On the determination of the pattern of vascular tissue in peas. **Annals of Botany**, London, v. 32, p. 781-790, 1968.

SACHS, T. Polarity and the induction of organized vascular tissues. **Annals of Botany**, London, v. 33, p. 263-275, 1969.

SACHS, T. A control of bud growth by vascular tissue differentiation. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 19, p. 484-498, 1970.

SACHS, T. The control of the patterned differentiation of vascular tissues. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 9, p. 151-262, 1981.

SANTINO, A. *et al.* Jasmonate signaling in plant development and defense response to multiple (a) biotic stresses. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 32, p. 1085-1098, 2013. doi:10.1007/s00299-013-1441-2.

SCHALLER, A.; STINTZI, A. Jasmonate biosynthesis and signaling for induced plant defense against herbivory. *In*: SCHALLER, A. (ed). **Induced Plant Resistance to Herbivory**. Heidelberg: Springer, 2008. p. 349-365.

SCHALLER, G. E.; BISHOPP, A.; KIEBER, J. J. The yin-yang of hormones: cytokinin and auxin interactions in plant development. **Plant Cell Online**, [Rockville], n. 27, p. 44-63, 2015. doi:10.1105/tpc.114.133595.

SEO, M. *et al.* Regulation of hormone metabolism in Arabidopsis seeds: phytochrome regulation of abscisic acid metabolism and abscisic acid regulation of gibberellin metabolism. **The Plant Journal**, Oxford, v. 48, p. 354-366, 2006.

SHERSON, S. M. *et al.* Roles of cell-wall invertases and monosaccharide transporters in the growth and development of Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, p. 525-531, 2003.

SHIMIZU-SATO, S.; MORI, H. Control of outgrowth and dormancy in axillary buds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 127, n. 4, p. 1405-1413, 2001.

SIMÕES, D. S. de. **Ambiente físico e meteorológico para análise do risco de geada**. 2015. 131 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SMILEY, L. *et al.* **A review of cold climate grape cultivars**. Iowa State University, 2008.

SNYDER, R. L. **Protección contra las heladas**: fundamentos, práctica y economía. FAO N° 10, v. 1, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/008/y7223e/y7223e07.htm>. Acesso em: 5 abr. 2017.

SNYDER, R. L.; MELO-ABREU, J. P. **Active protection methods**. *In*: SNYDER, R. L.; MELO-ABREU, J. P. Frost protection: fundamentals, practice and economics. Roma: FAO, 2005. v. 1, p. 142-187.

SRINIVASAN, C.; MULLINS, M. G. Physiology of flowering in the grapevine – A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 32, n. 1, 1981.

STRIEGLER, R. K. *et al.* (Ed.). **Understanding and preventing freeze damage in vineyards**. Missouri: University of Missouri, 2007.

SUGAR, D. *et al.* Strategies for frost protection. *In*: HELLMAN, E. W. (Ed.). **Oregon viticulture, strategies for frost protection**. Corvallis: Oregon State University, 2003. p. 213-217.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TANAKA, M. *et al.* Auxin controls local cytokinin biosynthesis in the nodal stem in apical dominance. **The Plant Journal**, Oxford, v. 45, p. 1028-1036, 2006.

TARKOWSKÁ, D. *et al.* Quo vadis plant hormone analysis? **Planta**, Berlin, v. 240, p. 55-76, 2014.

THIMANN, K. V.; SKOOG, F. Studies on the growth hormone of plants. The inhibiting action of the growth substance on bud development. **PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA, Washington, v. 19, p. 714-716, 1933.

TONIETTO, J. O conceito de denominação de origem como agente promotor da qualidade dos vinhos. *In*: SIMPÓSIO MINEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 1., 2002, Andradas, MG. Viticultura e Enologia: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG, 2002. p. 151-164.

TONIETTO, J.; FACALDE, I. **Regiões vitivinícolas brasileiras**: uvas para processamento. Bento Gonçalves: Uva e Vinho, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 134p. (Frutas do Brasil, 34).

TROUGHT, M. C. T.; HOWELL, G. S.; CHERRY, N. '**Practical considerations for reducing frost damage in vineyards**' in Frost Damage and Management in vineyards. Lincoln University, 1999. Disponível em: https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4236/frost_damage_in_vineyards.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2018.

TROUGHT, M. C. T.; BENNETT, J. S.; BOLDINGH, H. L. Influence of retained cane number and pruning time on grapevine yield components, fruit composition and vine phenology of Sauvignon Blanc vines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 17, p. 258-262, 2011.

VANSTRAELEN, M.; BENKOVÁ, E. Hormonal interactions in the regulation of plant development. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 28, p. 463-487, 2012. doi: 10.1146/annurev-cellbio-101011-155741.

VILLAR, L. *et al.* Abscisic acid treatment to avoid late spring frosts damage during 'Chardonnay' vines budbreak. **ISHS Acta Horticulturae**, n.1188, 2017. X International Symposium. on Grapevine Physiology and Biotechnology. doi:10.17660/ActaHortic.2017.1188.25

VASCONCELOS, M. C. *et al.* The flowering process of *Vitis vinifera*: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 60, n. 4, p. 411-434, 2009.

VISHWAKARMA, K. *et al.* Abscisic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and future prospects. **Frontiers in Plant Science**,

Lausanne, v. 8, article 161, 2017. doi:10.3389/fpls.2017.0016.

WATT, A. M. *et al.* Development of inflorescence primordial in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay from hot and cool climates. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 14, p. 46-53, 2008.

WINKLER, A. J. **Viticultura**. México: Continental, 1976. 792 p.

WINKLER, A. *et al.* **General Viticulture**. University of California Press, Berkeley. 1974. 710 p.

WHITTLES, J. G. The effect of time of winter pruning on the production of wine-grapes. **Te Kauwhata Research Station Oenological and Viticultural Bulletin**, v. 48, p. 9-14, 1986.

WOLF, T. K.; BOYER, J. D. **Vineyard site selection**. Virginia Cooperative Extension. Disponível em: <https://pubs.ext.vt.edu/463/463-020/463-020.html>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ZAPATA C. *et al.* Grapevine culture in trenches. Root growth and dry matter partitioning. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, [Australia], v. 7, p. 127-131, 2001.

ZAPATA C. *et al.* Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 161, p. 1031-1040, 2004.

ZHENG, W. *et al.* Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, north-central Spain. **OENO One**, Villenave-d'Ornon, v. 51, n. 4, p. 363-372, 2017.

ZHENG, C. *et al.* Distinct gibberellin functions during and after grapevine bud dormancy release. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 69, p. 1635–1648, 2018. doi:10.1093/jxb/ery022.

3 CAPÍTULO 1 - O atraso da poda hiberna nas variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) e seus efeitos nos componentes de rendimento

3.1 Introdução

Os espumantes são considerados produtos de excelência na vitivinicultura brasileira, sendo reconhecidos por diversas premiações em concursos internacionais (Gabbardo *et al.*, 2016). Em função disso, essa classe de vinhos tem apresentado um aumento significativo na produção e no consumo. Somente de 2007 a 2017, a elaboração da bebida cresceu 102 % (IBRAVIN, 2019).

Este reconhecimento mostra que o Brasil possui vantagens competitivas para a produção de espumantes e, dentro deste cenário, a Serra Gaúcha apresenta-se como a principal região vitícola do Brasil. O clima frio desta região conserva a acidez e preserva os aromas varietais das uvas, característica essencial para este tipo de bebida. Produtos com características jovens até os de maturação longa sobre as borras são procurados (Rizzon *et al.*, 2000), sendo elaborados pelos métodos Charmat e Tradicional, principalmente com as variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.).

Apesar deste cenário favorável, destaca-se algumas fragilidades na produção de espumantes da Serra Gaúcha. Inicialmente, ambas variedades ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ são de brotação precoce, ocorrendo tradicionalmente no mês de agosto (final do inverno). Como neste período a região ainda dispõe de um alto risco de ocorrência de geadas, a partir de frentes frias tardias até meados de setembro, tornam os vinhedos destas cultivares como os mais suscetíveis aos danos causados por geadas tardias na primavera.

Apesar deste risco, as condições climáticas da Serra Gaúcha podem ser ainda mais agravantes para esses genótipos de brotação precoce se considerarmos os cenários de mudanças climáticas. Esse tema tem sido uma questão amplamente abordada em diversas partes do mundo, demonstrando suas implicações para os cultivos (Arndal *et al.*, 2013; Nelson *et al.*, 2014; Marshall *et al.*, 2016). As evidências sobre este fenômeno foram destacadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima em seu quinto relatório de avaliação (AR5, IPCC, 2014). A viticultura é uma atividade que depende das condições climáticas que ocorrem durante o ciclo produtivo, sendo que a qualidade das uvas e vinhos também são afetadas por mudanças no clima (Leeuwen & Darriet, 2016). Destaca-se também que estas mudanças podem ser cíclicas e não necessariamente

uma tendência de alteração permanente no clima local, porém podem promover grandes impactos no potencial produtivo da videira, principalmente nos genótipos de brotação precoce.

Considerando o período de inverno dos últimos 10 anos (2008-2018) foram observadas algumas alterações climáticas no Sul do Brasil, que culminam com a ocorrência de um período mais estendido de frio no final do inverno, tendo a continuidade do risco de geadas em uma época em que as temperaturas normalmente são mais altas. Nestas condições, a disponibilidade de frio no inverno tem apresentado atraso para o início e também para o final, simulando um deslocamento das estações ao longo dos meses do ano. Além disso, tem sido registrado a ocorrência de picos de calor durante o inverno, os quais podem fazer com que as videiras precoces brotem ou antecipem de modo parcial o estado de superação da dormência, favorecendo ainda mais as condições para os danos e perdas de produção por frios tardios. Isso tem sido mais crítico para ‘Chardonnay’, pela sua importância no setor de espumantes e pelo fato desse genótipo necessitar de apenas 136 horas de frio para superar o estado de dormência, enquanto a ‘Cabernet Sauvignon’, por exemplo, necessita de 392 horas de frio (Anzanello *et al.*, 2018). Portanto, essa necessidade pode ser facilmente atendida com os primeiros frios do inverno e, conseqüentemente, agrava o risco deste genótipo precoce brotar durante o inverno ou com o aumento de temperatura neste período.

Diante disso, dentre algumas possibilidades de manejo para minimizar danos, como por exemplo a escolha do local ou uso de vento e calor artificial, o atraso da poda hibernal vem sendo testado em diferentes regiões vitícolas do mundo como uma das alternativas. A primeira lógica no uso da poda tardia é promover um atraso na brotação das gemas basais, estendendo o estado de dormência das mesmas a partir da brotação e dominância das gemas apicais (Howell & Wolpert 1978; Trought *et al.* 1999). Contudo, algumas regiões também testam essa estratégia de manejo para ajustar a fenologia de alguns genótipos precoces com as condições climáticas locais que sejam mais favoráveis com a qualidade enológica (Jones *et al.* 2005; Mosedale *et al.*, 2016)

Considerando o propósito de minimizar os riscos de geada, destaca-se que os resultados com poda tardia são muito distintos entre as regiões vitivinícolas. Na Nova Zelândia, Friend e Trought (2007) relatam um aumento médio de 79 %, em três ciclos consecutivos, no rendimento da variedade Merlot com o emprego de podas tardias. Além disso, Friend e colaboradores (2011) também relatam que a poda tardia minimizou os efeitos ocasionados por geada tardia na ‘Chardonnay’. Com a variedade Sauvignon

Blanc, Trought e colaboradores (2011) não obtiveram nenhum efeito negativo da poda tardia sobre o rendimento em cultivos da Nova Zelândia. Em Barossa Valley, Austrália, o rendimento da variedade Shiraz também foi inalterado com a poda tardia em três ciclos, sendo até favorecido com essa técnica em um dos ciclos, quando comparado com a época de poda tradicional (Moran *et al.*, 2017).

Apesar destes efeitos favoráveis, destaca-se que na região central da Itália, Frioni *et al.* (2016) relatam uma redução de 55 % no rendimento da variedade Sangiovese com a poda tardia (em maio) e não obtiveram nenhuma produção com a poda muito tardia (em junho). Com a mesma variedade no Norte da Itália, Gatti *et al.* (2016) também relataram uma redução expressiva no rendimento das plantas com poda tardia. Resultados de redução no rendimento também foram encontrados por Palliotti *et al.* (2017). Na região vitícola de La Rioja, Espanha, Zheng *et al.* (2017) registraram uma redução de 41% no rendimento da variedade Maturana com o uso da poda tardia.

Deste modo, destaca-se que os resultados com o uso de poda tardia podem variar conforme o genótipo, o local de experimentação e, possivelmente, o momento de execução desta técnica de manejo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos do atraso da poda hiberna sobre os componentes de rendimento nas variedades Chardonnay e Pinot Noir cultivadas na Serra Gaúcha, tradicional região produtora de uvas e vinhos do Brasil.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Pinto Bandeira-RS, nas dependências da Vinícola Cave Geisse. O local pertence à tradicional região produtora de Uvas e Vinhos do país, a Serra Gaúcha, que está situada na Encosta Superior da Serra do Nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Pinto Bandeira obteve recentemente o reconhecimento de Indicação de Procedência (IP) para os vinhos finos e está em andamento o processo para o selo de Denominação de Origem (DO) (Asprovinho, 2019).

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfb, temperado úmido (Moreno, 1961). A região é caracterizada por um relevo acidentado, com solos rasos e pedregosos, predominando os solos enquadrados na classificação brasileira como Argissolo Bruno Acinzentado (Flores *et al.*, 1999).

Todas as ações foram realizadas em três ciclos produtivos consecutivos,

2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, e em duas localizações distintas dos vinhedos da Vinícola Geisse (Figura 6) em quatro áreas. A área 1 é a correspondente da variedade Pinot Noir e está localizada geograficamente em uma área de menor altitude, com histórico de prejuízos por geadas tardias ($29^{\circ}08'39,2''$ Sul e $51^{\circ}25'30,6''$ Oeste; 660 metros de altitude). As áreas 2, 3 e 4 estão localizadas geograficamente em uma área de maior altitude dentro da propriedade ($29^{\circ}09'01,6''$ Sul e $51^{\circ}25'39,2''$ Oeste; 738 metros de altitude). Na Área 2 está localizado outro vinhedo da variedade Pinot Noir e as áreas 3 e 4 contemplam a variedade Chardonnay.



FIGURA 1. Áreas experimentais localizadas na Vinícola Geisse. Área 1: ‘Pinot Noir’ área baixa; Área 2: ‘Pinot Noir’ área alta e Áreas 3 e 4: ‘Chardonnay’ área alta. Fonte: Google Earth.

Em todas as áreas as plantas estão enxertadas sobre porta-enxerto Paulsen 1103 e foram conduzidas em sistema de condução espaldeira, com poda Guyot Duplo. A área 1 está espaçada de 2,60 m entre linhas e 1,20 m entre plantas, enquanto as áreas 2, 3 e 4 estão espaçadas de 2,00 m por 1,00 m.

Foram instaladas estações meteorológicas nos maiores contrastes de altitude

(área 1 X áreas 2, 3 e 4) para monitoramento de temperaturas máximas, médias e mínimas e precipitação durante os ciclos em avaliação. Na Área 1 foi instalada uma estação automática Campbell (CR10), enquanto nas Áreas 2, 3 e 4 os dados climáticos foram registrados com uma estação automática Davis (Pro2 6152).

Tratamentos

No primeiro ciclo produtivo, 2015/2016, os tratamentos consistiram em sete datas de podas, com aproximadamente 15 dias de intervalo: (P1) 10/07/2015; (P2) 03/08/2015; (P3) 17/08/2015; (P4) 31/08/2015; (P5) 14/09/2015; (P6) 28/09/2015 e (P7) 14/10/2015. Em cada data, as videiras foram podadas em cordão esporonado. Estes tratamentos foram repetidos igualmente em três áreas distintas, sendo a área de ‘Pinot Noir B’ com histórico de incidência de geadas (Área 1), enquanto as áreas de ‘Pinot Noir A’ e ‘Chardonnay’ se apresentam sem histórico de geada (Áreas 2 e 3). Em cada área foi empregado o delineamento em parcelas subdivididas, sendo selecionadas aleatoriamente sete filas (uma para cada data de poda ou tratamento). Em cada fila, as plantas foram divididas em cinco blocos, com sete plantas em cada bloco, totalizando 35 plantas por fila.

No segundo ciclo produtivo, 2016/2017, os tratamentos também consistiram em sete datas de podas: (P1) 13/07/2016; (P2) 03/08/2016; (P3) 16/08/2016; (P4) 31/08/2016; (P5) 14/09/2016; (P6) 28/09/2016 e (P7) 11/10/2016. O delineamento seguiu a mesma disposição, conforme ciclo anterior, no entanto com a adição de mais uma área de avaliação (Área 4). Nessa área adicional, plantas de ‘Chardonnay’ foram submetidas aos mesmos tratamentos de data de poda, mas seguidas de uma aplicação de cianamida hidrogenada (CH) (Área 4) nas mesmas datas de cada poda. Esta área com CH serviu para contrastar o uso dessa substância no potencial de brotação das plantas. Na aplicação de CH utilizou-se a dose de 2,5 % de ingrediente ativo (Dormex® 52 % i.a.), com pincelamento do produto apenas nas gemas dormentes.

No ciclo 2017/2018, diferente dos dois ciclos anteriores, foram efetuados tratamentos com pré-poda (PP). Assim como no ciclo 2015/2016, foram utilizadas as três áreas. A área com aplicação de CH não foi repetida. Nas plantas submetidas aos tratamentos com pré poda, no dia 20/07/2017 foram cortados os sarmentos dormentes do ciclo anterior em comprimento de aproximadamente 30 cm, deixando-se em média oito

gemas. Os ramos foram organizados para que ficassem em posição vertical em relação à planta. A poda final, ou seja, poda em cordão esporonado com duas gemas, nos tratamentos com pré-poda foi realizada nas seguintes datas: agosto (15/08/2017), setembro (13/09/2017) e outubro (13/10/2017).

Os tratamentos na Área 1 (Pinot Noir B) foram os seguintes: (T1) PP (julho) + poda em agosto; (T2) PP (julho) + poda em setembro; (T3) PP (julho) + poda em outubro; (T4) Poda convencional em agosto; (T5) Poda convencional em setembro e (T6) Poda convencional em outubro. Nas áreas 2 e 3 (Pinot Noir A e Chardonnay) foram efetuados os seguintes tratamentos: (T1) Poda convencional em julho; (T2) PP (julho) + poda em agosto; (T3) Poda convencional em agosto; (T4) PP (julho) + poda em setembro; (T5) poda convencional em setembro; (T6) PP (julho) + poda em outubro e (T7) poda convencional em outubro.

Avaliações

Em cada tratamento, nas duas plantas de cada bloco, foram monitoradas e avaliadas com relação à carga de gemas (número total de gemas deixadas após a poda), à brotação (%) e ao número de ramos férteis por planta, no decorrer do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. As outras cinco plantas foram mantidas para a coleta de gemas para análises bioquímicas (Capítulo 2).

Em todas as áreas e blocos de cada tratamento foi realizado quinzenalmente um monitoramento da fenologia, conforme a metodologia descrita por Eichhorn & Lorenz (1997) (Anexos A e B). No momento da colheita, no campo, foi feita a contagem do número total de cachos por planta e o peso total por planta (Kg), obtendo-se, de maneira indireta, o peso médio de cachos. Foi realizada uma amostragem de três cachos por planta, os quais foram levados para o Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Uva e Vinho

para as avaliações físicas e químicas. Durante este transporte, os cachos foram armazenados em sacos de polietileno e em caixas térmicas com gelo eutético.

Com relação às avaliações físicas, foram determinados o número médio de bagas por cacho e o peso médio de bagas. Das bagas restantes, 50 foram selecionadas aleatoriamente para a preparação do mosto e a realização das avaliações químicas (°Brix, pH e acidez).

Para a determinação de sólidos solúveis totais (°Brix) do mosto, empregou-se um refratômetro de bancada (Atago PAL-3). O aparelho foi calibrado previamente com água destilada e, após, o mosto foi distribuído sobre o prisma, sendo a leitura diretamente obtida em °Brix. O pH foi determinado através da leitura das amostras em pHmetro de bancada (Hanna, HI 3221), calibrado com soluções tampão a pH 4,0 e pH 7,0. A acidez total titulável (ATT) foi determinada em bureta automática (Titrette®) e obtida em meq L⁻¹, segundo metodologia proposta por OIV (2016).

Análises estatísticas

A análise estatística de todas as variáveis foi feita com o auxílio do programa estatístico R (2019). Para a maioria das variáveis, foi feita análise de regressão como uma função polinomial da data de poda, dentro de cada área cultivada, com estimativa simultânea dos parâmetros de todas as áreas. Além disso, foi também feita análise de variância (ANOVA) separadamente para cada área, sendo as médias de diferentes datas de poda comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3.3 Resultados

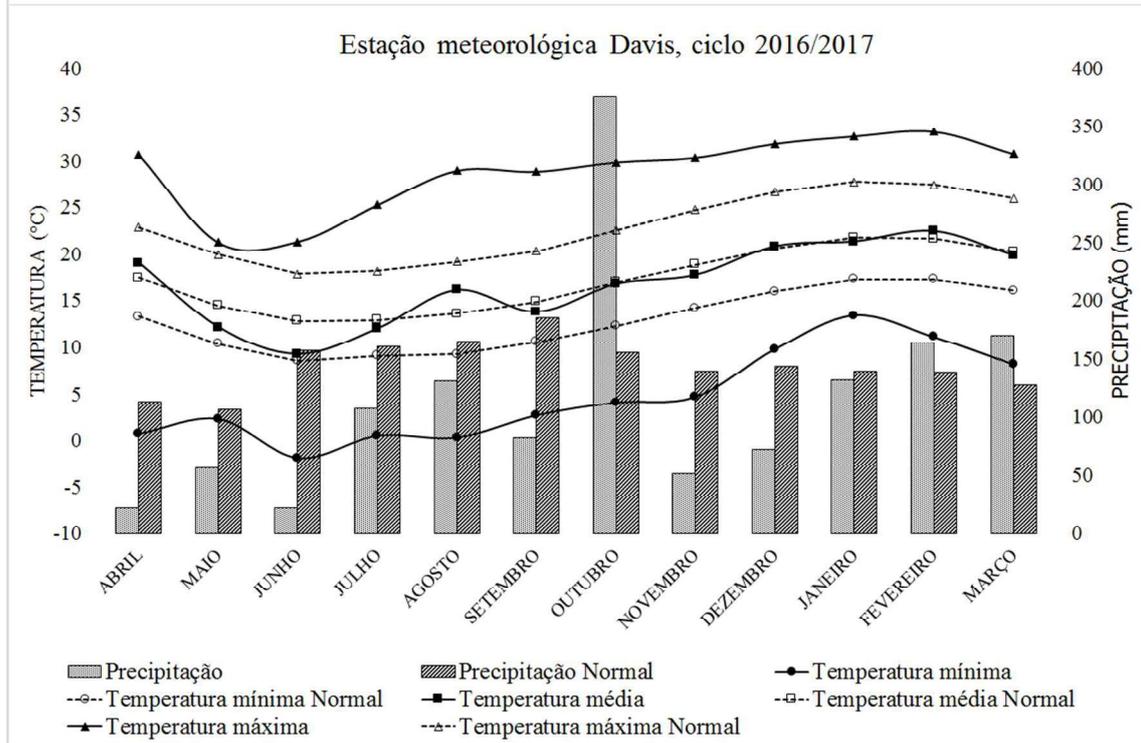
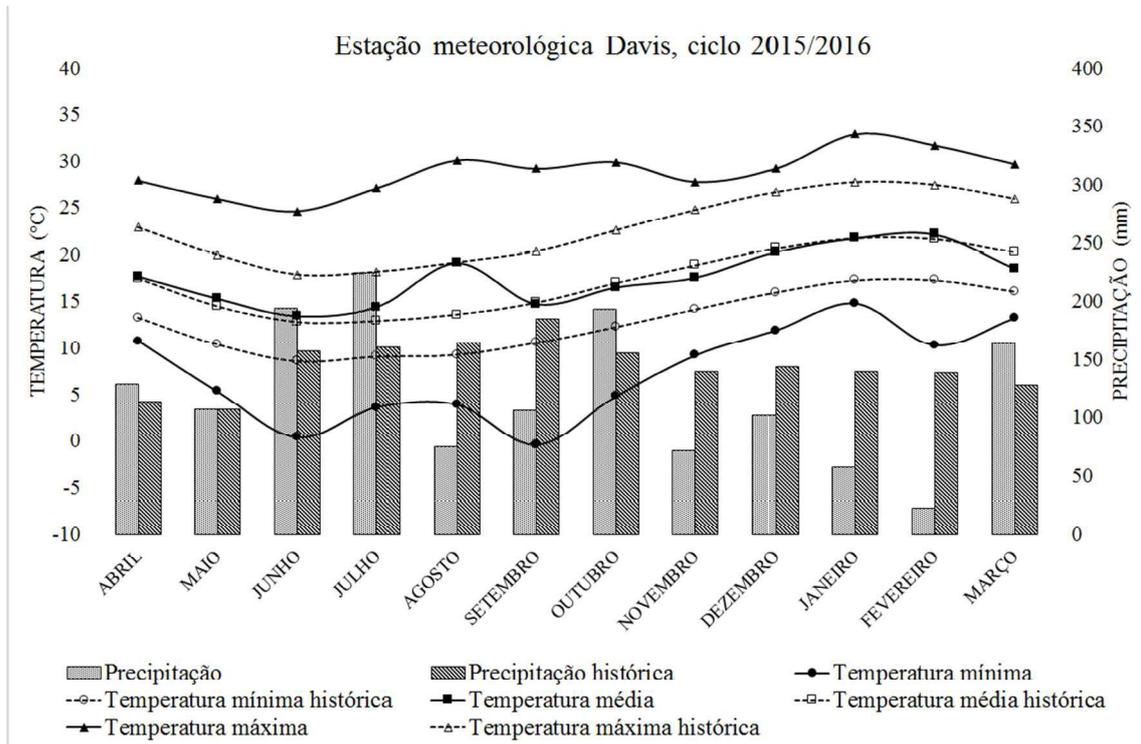
Os elementos meteorológicos influenciam todo o ciclo produtivo da videira. Isto porque as condições do tempo e do clima interferem em todas as fases de desenvolvimento, desde a dormência, passando pela brotação, floração, frutificação e crescimento das bagas, até a maturação completa e colheita das uvas.

Os dados meteorológicos registrados na Estação Meteorológica Automática Davis (Figura 7), situado na área mais alta dos vinhedos, correspondente às variedades Pinot Noir A e Chardonnay, foram muito similares aos dados registrados na Estação

Automática Campbell, instalada na área de menor altitude com Pinot Noir B. Na média, a diferença foi de apenas 1 mm em precipitação, 0,5°C de temperatura média e 1,0°C de temperatura máxima na Campbell em relação à Estação Automática Davis. Portanto, para representação das condições climáticas dos ciclos, utilizou-se apenas os dados da Estação Davis.

As condições meteorológicas foram contrastantes entre os ciclos, principalmente no período de inverno. As temperaturas mínimas médias se mantiveram abaixo da normal climatológica (INMET, 2019, dados Bento Gonçalves-RS), nos três ciclos. Entretanto, os dias mais frios em 2015 ocorreram em junho e setembro, enquanto em 2016, ocorreram em junho e julho e em 2017, principalmente no mês de julho (Figura 7). Este período frio ocorrido em setembro de 2015 está principalmente relacionado à ocorrência de geadas tardias nos dias 13 e 14. Dos três ciclos, destaca-se que o inverno de 2016 foi o mais estável em temperatura mínima, favorecendo as condições para um maior acúmulo de frio hibernal. As temperaturas médias durante os três ciclos se mantiveram próximas à normal climatológica, porém, é verificado alta amplitude entre as temperaturas máximas, médias e mínimas registradas nos ciclos em relação à normal. É notável aumento das temperaturas máximas de junho a janeiro ou fevereiro nos três ciclos.

A precipitação pluviométrica (mm) também foi contrastante entre os ciclos. No ciclo 2015/2016 o período de maior precipitação ocorreu nos meses de inverno, principalmente entre junho e julho, estando os valores acima da normal climatológica. Os outros meses ficaram, em média, abaixo da normal climatológica e, principalmente, os meses de colheita (janeiro e fevereiro) foram favorecidos pelos baixos índices pluviométricos. Porém, no ciclo 2016/2017 observou-se um período de inverno com precipitação abaixo da normal climatológica e grande período chuvoso no mês de outubro, que coincide com o período de floração da videira. Os meses de fevereiro e março também apresentaram alto índice pluviométrico, acima da normal climatológica. No ciclo 2017/2018 as chuvas ficaram concentradas principalmente nos meses de maio e junho, ficando muito acima da média do período histórico.



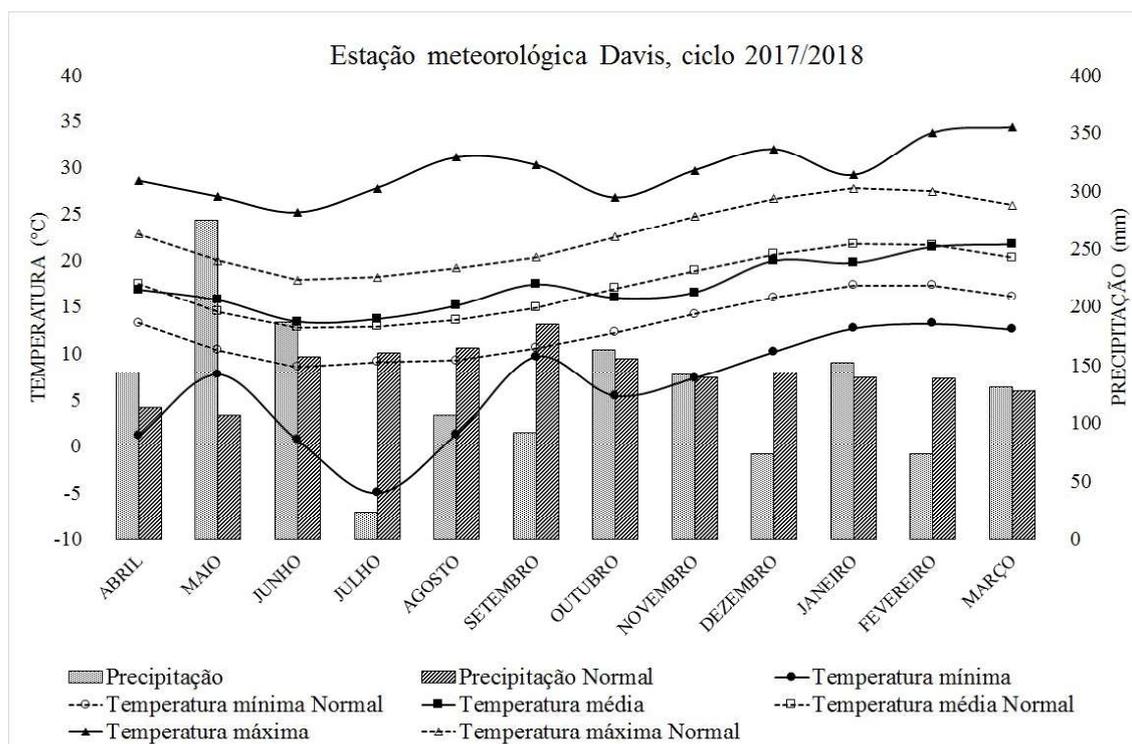


FIGURA 2. Médias mensais das temperaturas (°C) máximas, médias e mínimas e precipitação pluviométrica (mm) dos ciclos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. Dados registrados em Estação Automática Davis. Normais climatológicas para o período de 1961-1990. Pinto Bandeira-RS, 2019.

As horas de frio (HF < 7,2°C) acumuladas no período de abril a setembro de 2015 foram de apenas 139HF. Este acúmulo de frio neste ano foi muito inferior à normal climatológica da região, que é de 409 HF para o período de abril a setembro. No mês de agosto/2015 foi verificado apenas 8 HF < 7,2°C, como pode ser verificado na Figura 8, as temperaturas médias diárias deste mês ficaram sempre acima de 15°C. Contudo, no mês de setembro/2015 foi verificado um acúmulo de 30 HF. Esse frio tardio, conforme relatado anteriormente, veio acompanhado de uma forte geada, comprometendo a área experimental 1 da Pinot Noir B. As áreas 2, 3 e 4, pelo fato de estarem no topo do relevo e mais expostas aos ventos predominantes, não foram afetadas pela geada. Já em 2016, no mesmo período, foram acumuladas 545 HF, valor superior à normal climatológica, proporcionando um período hibernar típico e adequado para a completa superação da dormência das videiras. No ciclo 2017/2018, assim como no primeiro ciclo, as HF ficaram aquém do esperado para a região, mas ainda superiores às condições observadas em 2015. O acumulado de abril a setembro de 2017 foi de 259 HF, sendo estas HF concentradas principalmente no mês de julho. Destaca-se que na primavera de 2016 e 2017 não foi

registrado a ocorrência de geadas tardias, pois o maior acúmulo de frio nestes anos ocorreu até julho.

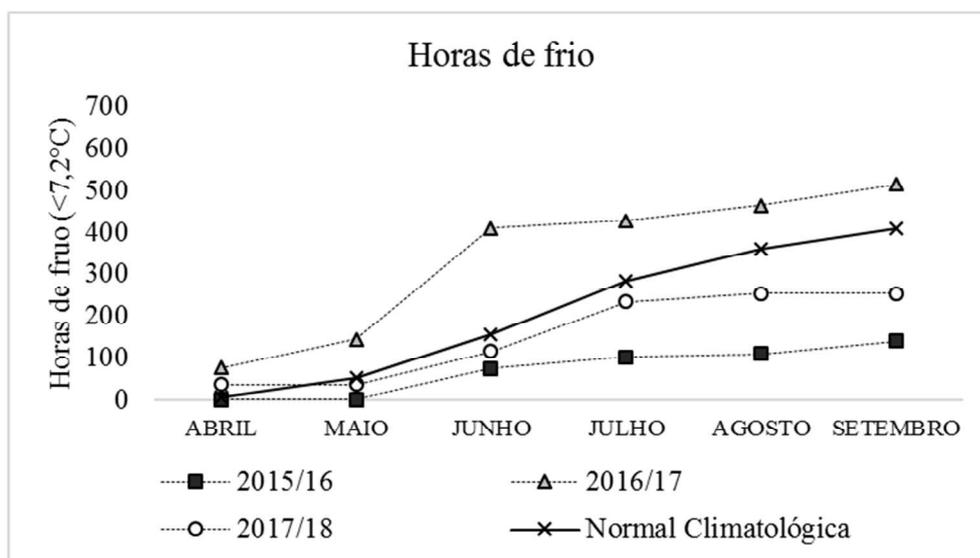


FIGURA 3. Horas de frio (<7,2°C) registradas em Estação Automática Davis nos ciclos 2015/2016, 2016/017 e 2017/2018. Norma climatológica para o período de 1961-1990. Pinto Bandeira-RS, 2019.

A soma térmica (graus-dia = GD) foi determinada conforme metodologia proposta por Mandelli (2002) e calculada separadamente para as variedades conforme sua temperatura base. Para a Chardonnay foi considerada temperatura base de 6,1°C e para a Pinot Noir de 8,7°C (Pouget, 1988) (Figura 9).

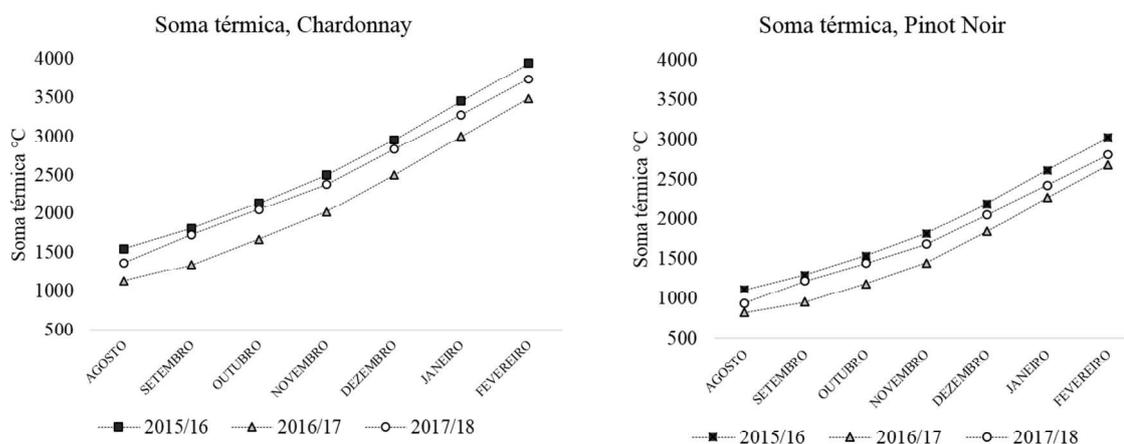


FIGURA 4. Soma térmica, acumulada em graus-dia, do período de agosto a fevereiro dos ciclos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 para as variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.). Pinto Bandeira-RS, 2019.

A soma térmica calculada de agosto a fevereiro nos três ciclos produtivos variou entre as variedades e entre os anos. No geral, a ‘Chardonnay’ acumulou maior soma térmica para atingir a plena maturação, por apresentar temperatura base menor que a ‘Pinot Noir’. Com relação aos ciclos, salienta-se que em 2015/2016 e 2017/2018 foram os mais próximos na disponibilidade de soma térmica para ambas as cultivares, onde ‘Chardonnay’ acumulou 3943 e 3739 GD da brotação a colheita, a ‘Pinot Noir’ acumulou 3028 e 2812 GD, respectivamente em cada ciclo. Entretanto, em 2016/2017 a soma térmica foi mais restritiva, atingindo 3488 e 2680 GD para ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’, respectivamente.

Considerando o impacto dos fatores ambientais sobre o comportamento vegetativo e produtivo de cada ciclo, salienta-se inicialmente que o percentual de brotação foi diretamente associado à disponibilidade de frio hibernal, com grande impacto do inverno de 2015. Além disso, destaca-se no geral que o atraso na data de poda também exerceu uma certa restrição no percentual de brotação, com variação de intensidade entre cultivares e anos. No ciclo 2015/2016, a taxa de brotação na ‘Chardonnay’ foi significativamente distinta ($p < 0,001$) no contraste das épocas de poda (Figura 10). O maior percentual de brotação (72,46 %) foi verificado na poda 3 (17/08/2015), porém, não diferiu estatisticamente das podas 1, 2, 4, 5 e 6. A última data de poda (14/10/2015) apresentou queda no percentual total de brotação (46,56 %).

Já para a ‘Pinot Noir’ A (Área 2 - sem histórico de geada), em 2015/16 a época de poda não promoveu diferenças significativas no percentual total de brotação ($p > 0,05$), atingindo uma taxa média de 70,08% de brotação entre as datas de poda (Figura 10). Na ‘Pinot Noir’ B (Área 1 - com histórico de geada), assim como na ‘Chardonnay’, a época de poda foi significativa ($p < 0,001$) sobre a taxa de brotação. Nesta cultivar/área, o maior percentual de brotação (70,63 %) foi verificado na poda 1 (10/07/2015), porém não diferiu estatisticamente das podas 2, 4, 5, 6, e 7. O maior contraste foi observado na poda 3 (17/08/2015), que apresentou apenas 54,33% de brotação. A redução de brotação nesta data é explicada pela ocorrência de geada tardia nesse local, promovendo a queima de gemas que já estavam inchadas e próximas da época de brotação. Quando as gemas incham, devido a hidratação e ativação metabólica na saída do estado de dormência, estes tecidos tornam-se altamente susceptíveis à temperatura de congelamento (Howell & Sabbatini, 2013).

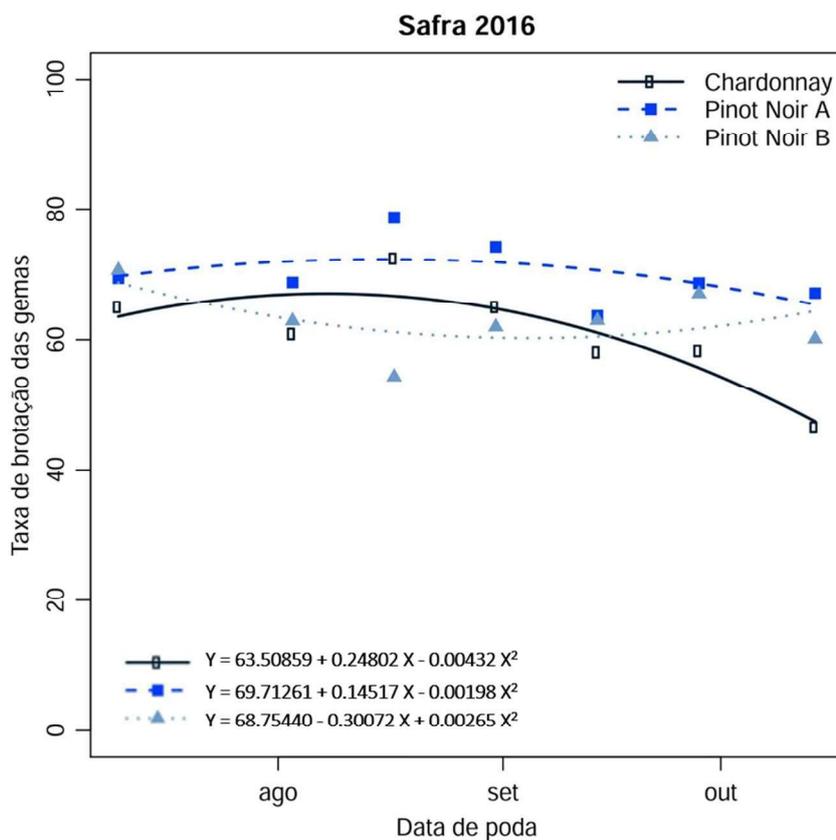


FIGURA 5. Taxa de brotação total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. ‘Chardonnay’ (área 3); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1). Pinto Bandeira-RS, 2016.

Conforme destacado anteriormente nos dados meteorológicos, neste ciclo 2015/16 houve uma forte onda de frio na primeira quinzena de setembro culminando com a ocorrência de geada nos dias 13 e 14/09/2015. Esta Área 1 (Pinot Noir B) foi fortemente atingida e danificada, sendo que as primeiras brotações foram queimadas e mortas pela geada, tanto nas brotações basais dos tratamentos que já haviam sido podados (podas 1 e 2) como nas brotações apicais dos tratamentos subsequentes (Figura 11). As áreas 2 e 3 por estarem localizadas em área de maior altitude e com maior circulação de ar não foram atingidas, pois o ar frio é mais denso e tende a se acumular nas partes mais inferiores do relevo (Howell & Sabbatini, 2013).



FIGURA 6. Danos promovidos por geada tardia (13/09/2015) em brotações de ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.). A) Planta podada em 03/08/2015 e B) planta não podada. Imagens capturadas em 15/09/2015, dois dias após a geada. Pinto Bandeira-RS, 2015.

No ciclo 2016/17, que teve maior disponibilidade de frio entre os anos de estudo, já se observou um nível de brotação próximo de 90%. Contudo, mesmo nestas condições o atraso na data de poda teve impacto significativo sobre essa variável e com mais expressão na ‘Chardonnay’ do que na ‘Pinot Noir’ (Figura 12). Focando na ‘Chardonnay’ sem manejo com CH, salienta-se que o percentual variou significativamente ($p < 0,001$) de 89,59 % (poda 1, 13/07/2016) para 62,09 e 60,62% no final (podas 6, 28/09/2016; e poda 7, 11/10/2016). No caso da ‘Chardonnay’ tratada com CH, assim como observada nas plantas não tratadas, as podas 1 a 5 foram similares, mas ainda com queda significativa ($p < 0,001$) nas podas 6 (69,99%) e 7 (75,08%). Na média das datas 6 e 7, as plantas de ‘Chardonnay’ variaram de 61,35% de brotação para 72,53% com a aplicação de CH. Portanto, mesmo com a aplicação de CH para estimular a brotação, não

foi possível eliminar o efeito restritivo das podas tardias sobre a brotação.

Para ‘Pinot Noir’, no geral, percebe-se um efeito mais atenuado das datas de poda sobre a brotação, quando se compara com a ‘Chardonnay’. Contudo, nas duas áreas desta variedade (A e B) também foi observado uma influência significativa entre as épocas de poda ($p < 0,001$), sendo mais expressivo a variação na B (área 1). A ‘Pinot Noir’ A apresentou maior taxa de brotação na terceira data de poda (86,71 %), no entanto, diferindo estatisticamente apenas das plantas podadas na quinta data (75,18 %). Já na ‘Pinot Noir’ B, a maior taxa de brotação foi também na poda 3 (92,24 %), mas a menor taxa foi na poda 7 (67,30 %).

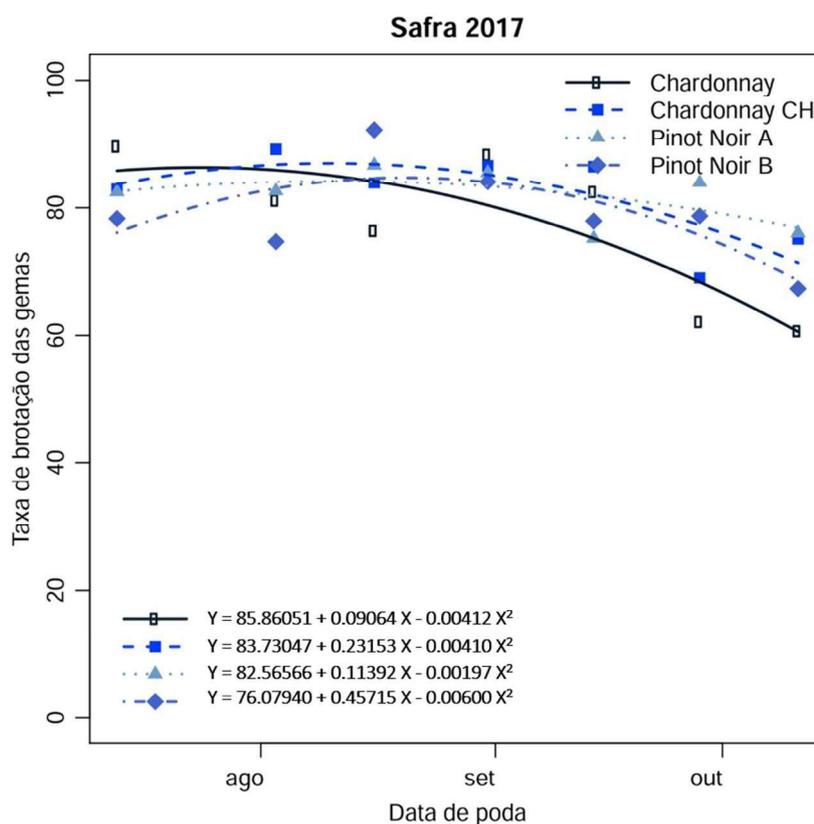


FIGURA 7. Taxa de brotação total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. ‘Chardonnay’ (área 3); ‘Chardonnay’ CH (área 4); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1). Pinto Bandeira-RS, 2017.

Na análise do último ciclo (2017/18), salienta-se uma similaridade de máxima brotação com o ciclo anterior, porém com valores até superiores ao número de gemas deixadas na poda (>100%) (Figura 13). Esse maior estímulo foi associado ao manejo de pré-poda, introduzido neste ciclo, que, em associação com as condições meteorológicas do ano, promoveram uma maior proporção na brotação dupla ou tripla de gemas (Figura 14).

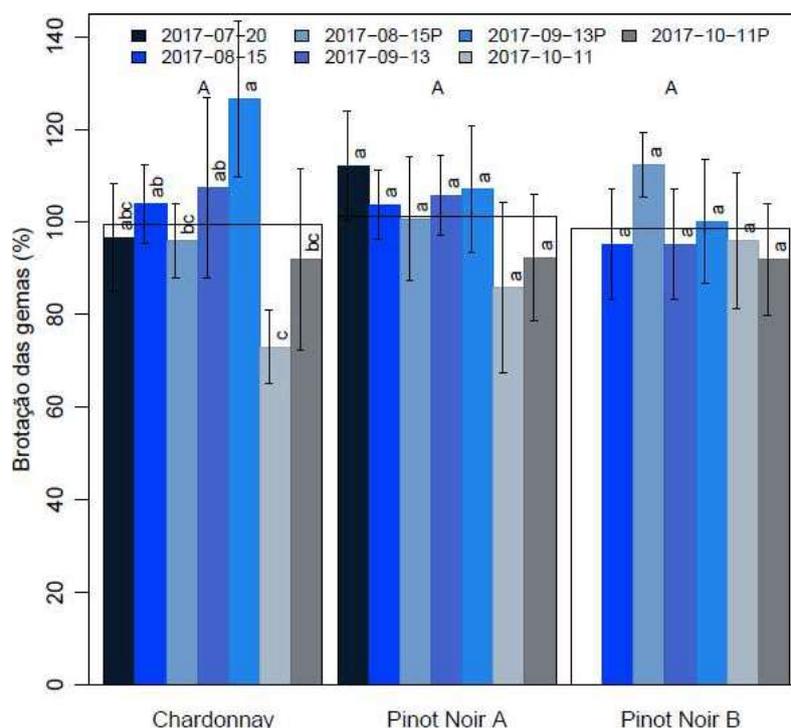


FIGURA 8. Taxa de brotação total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação aos tratamentos de poda e pré-poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.



FIGURA 14. Brotações de gemas duplas e triplas ocorridas nas variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.). Pinto Bandeira-RS, 2018.

No geral, conforme já destacado nos ciclos anteriores, a ‘Chardonnay’ foi mais responsiva em relação ao atraso na data de poda, em relação a ‘Pinot Noir’, sendo as datas 6 e 7 significativamente ($p < 0,001$) as mais restritivas. Portanto, nas podas de outubro, tanto nas plantas submetidas à pré-poda quanto nas plantas sem manejo prévio (poda convencional) observa-se o efeito restritivo do atraso da poda, principalmente na ‘Chardonnay’ (Figura 13). Contudo, destaca-se que nas plantas de ‘Chardonnay’ que foram submetidas à pré-poda o impacto da data de poda foi significativamente atenuado. Essa mesma intensidade de efeito da pré-poda não foi observado na ‘Pinot Noir’, independente da área avaliada, atingindo uma média geral de brotação de 101,1% e 98,5%, respectivamente para as áreas A e B.

Caracterizando em conjunto a brotação dos três ciclos, nota-se que os maiores percentuais de brotação foram verificados nos ciclos 2016/2017 e 2017/2018. Isso pode ser explicado pelo maior acúmulo de frio no período do inverno nestes anos, favorecendo a brotação e a uniformização dos brotos. O ciclo 2015/2016 apresentou apenas 139 HF, com proporção de dias quentes no inverno e frio tardio em setembro, favorecendo o menor percentual de brotação das gemas deste ciclo. Para evidenciar o impacto deste ciclo 2015/16 sobre a brotação, destaca-se na Figura 15 o aspecto visual da brotação na ‘Pinot Noir’ A, em relação a época de poda. Claramente, pode-se verificar a uniformidade de brotação nas primeiras podas (1 e 3), o que não é visto nas podas mais tardias (5). Quanto mais tarde foi a poda neste ciclo, maior foi a presença de novos ramos com diferentes estádios fenológicos (Figura 15).

Ou seja, pode ser verificado no mesmo sarmento do guyot algumas gemas dormentes e brotos em estágio de ponta verde ou 1º folha separada. Isso se deve a uniformidade de brotação que já está presente no sarmento, quando se realiza a poda tardia, pois na planta ainda não podada nesta fase já existem brotações em estágio de 2 ou 3 folhas separadas ou 5 ou 6 folhas separadas nas porções mais apicais dos sarmentos, enquanto as gemas basais e medianas tendem a permanecer dormentes por um período maior (Figura 16). Portanto, se o ano foi favorável a antecipação de brotação, maior será esta variabilidade das gemas nos sarmentos que forem selecionados como braços do guyot. Isso salienta que para o manejo de poda tardia, necessariamente deve-se adotar poda em cordão esporonado, deixando-se apenas esporão (gemas basais) após a poda.



FIGURA 9. Brotação de plantas da variedade Pinot Noir A (*Vitis vinifera* L.) no ciclo 2015/2016. A) Poda 1 (10/07/2016); B) Poda 3 (17/08/2016); C) Poda 5 (14/09/2016) e D) Planta ainda não podada. Imagens registradas no mesmo dia, 14/09/2016. Pinto Bandeira- RS, 2016.

Apesar do atraso na poda ter proporcionado reduções no percentual de brotação salienta-se que o impacto na fertilidade foi ainda mais expressivo, principalmente na ‘Chardonnay’ e nas últimas datas de poda. No ciclo 2015/2016, especialmente nas áreas 2 e 3 (Pinot Noir A e Chardonnay), houve uma forte redução ($p < 0,001$) na fertilidade dos novos ramos, com o atraso da época de poda (Figura 17). Enquanto nas datas 1 e 2 (10/07/2015 e 03/08/2015) as plantas atingiram, respectivamente, uma taxa de 81,62 e 72,25% na fertilidade dos brotos, a poda 3 apresentou 36,43 % de fertilidade total. Contudo, o efeito mais drástico na fertilidade dos ramos foi registrado nas podas 4, 5, 6 e 7, atingindo apenas 8,32 % na última data de poda (P7, 14/10/2015). Comportamento similar de redução na fertilidade também foi verificado na ‘Pinot Noir’ A ($p < 0,001$). As podas 1, 2 e 3 apresentaram o maior percentual de fertilidade total, com média entre os três tratamentos de 69,23 %, diferindo de todos os outros tratamentos de poda. As podas 4 e 5 apresentaram média de 43,29 % de fertilidade total, diferindo das podas 6 e 7, as atingiram a mais drástica redução, com apenas 15,95 e 12,73 % de taxa de fertilidade, respectivamente.

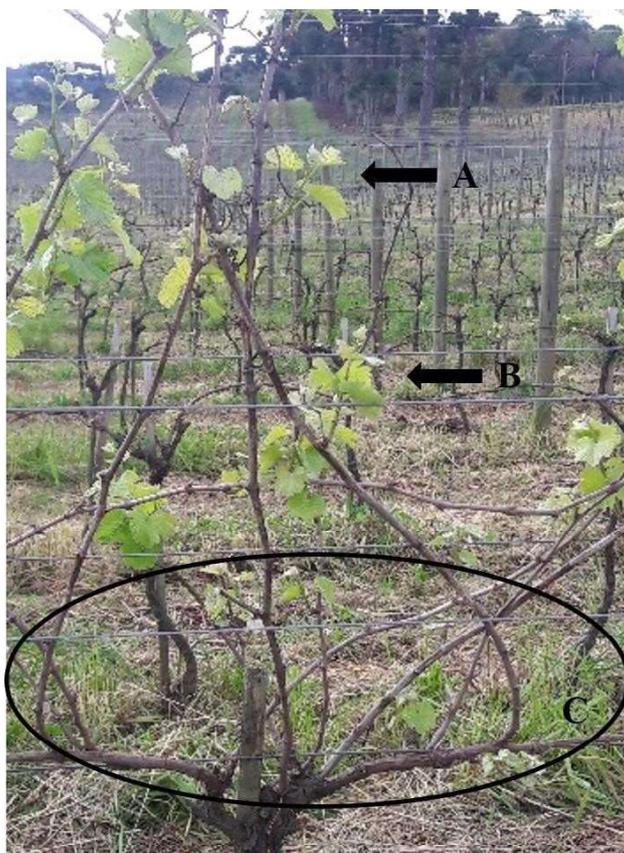


FIGURA 10. Brotação da variedade Pinot Noir A (*Vitis vinifera* L.) no ciclo 2016/2017 em planta ainda não podada (tratamento de poda tardia) evidenciado os diferentes estádios fenológicos na mesma planta. A) Brotação em estágio de 2 ou 3 folhas separadas; B) Brotação em estágio de 5 ou 6 folhas separadas e C) Gemas basais dormentes. Imagem registrada em 14/09/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.

Na variedade Pinot Noir B também foi verificado uma diferença estatística significativa entre as épocas de poda ($p < 0,001$). Nesta área, em contraste com as demais, as podas 4 e 5 é que apresentaram o maior percentual de fertilidade, com 46,88 e 36,42 %, respectivamente, e diferindo estatisticamente das outras datas de poda. Um detalhe importante é que o baixo valor de fertilidade nestas datas 4 e 5 está correlacionado com os valores observados nestas mesmas datas na ‘Pinot Noir’ A, o que corresponde ao impacto similar da data de poda em ambos os locais.

As podas 3 e 6 da ‘Pinot Noir’ B apresentaram 21,66 e 16,83 % de fertilidade, enquanto as podas 1, 2 e 7 tiveram acentuada redução no percentual total, com média de 8,73 %. Esta redução de fertilidade nas podas 1, 2 e 3 é explicada pela ocorrência de

geada neste ciclo (13 e 14/09/2015), quando as plantas destas primeiras podas já haviam iniciado a brotação, acarretando em morte dos brotos oriundos das gemas primárias e, conseqüente, redução de fertilidade.

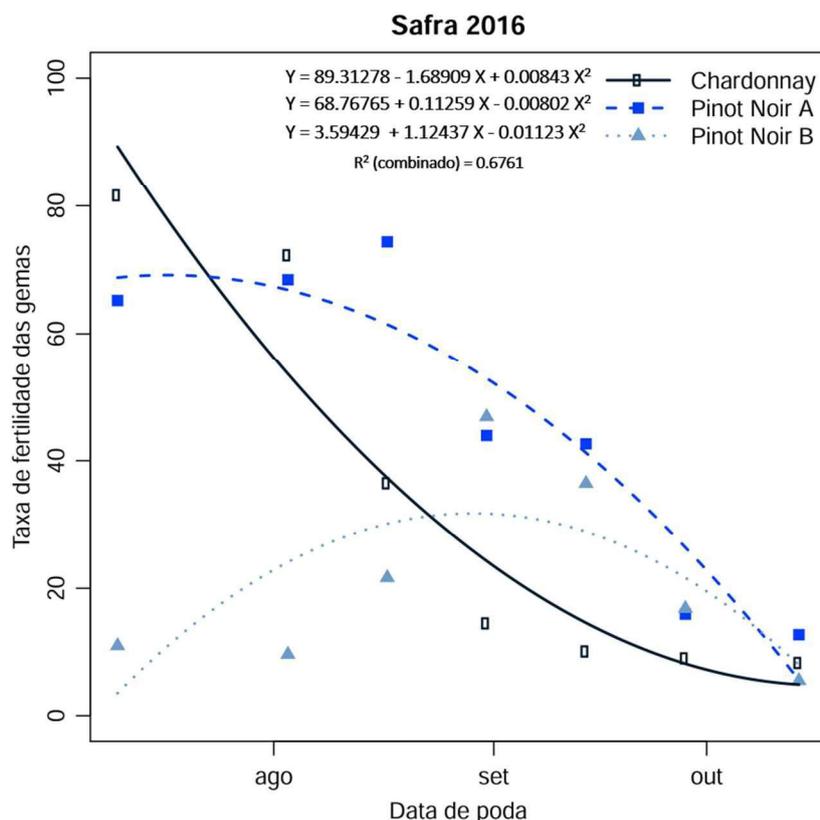


FIGURA 11. Taxa de fertilidade total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. ‘Chardonnay’ (área 3); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1). Pinto Bandeira-RS, 2016.

No segundo ciclo produtivo (2016/2017), também foi registrada a mesma redução extrema da fertilidade dos ramos com o atraso da época de poda em todas as áreas, reforçando o efeito da época de poda de modo independente do ano (Figura 18). Na ‘Chardonnay’, os maiores percentuais de fertilidade foram encontrados nas podas 1, 2 e 3, com média de 73,22 %, diferindo ($p < 0,001$) da poda 4 (54,59 %) e da poda 5 (18,75 %). As podas 6 e 7 tiveram drástica redução com média de apenas 4,12 % de fertilidade total dos ramos. Estas reduções foram até um pouco mais significativas, quando

comparadas aos efeitos do atraso da poda do ciclo anterior, possivelmente por algum efeito cumulativo entre as duas safras consecutivas devido ao fato da utilização das mesmas plantas nos tratamentos. Contudo, essa hipótese é rejeitada pelo fato das plantas da área 4 (Chardonnay com controle de CH) terem apresentado efeitos muito similares, com plantas distintas de anos anteriores. Nesta área 4 a época de poda também foi significativa ($p < 0,001$), sendo as podas 1 e 2 com as maiores taxas de fertilidade (71,04 e 62,13 %), seguido das podas 3, 4 e 5 com 47,50, 44,53 e 27,18 % de fertilidade, respectivamente, e as podas 6 e 7 com apenas 8,02 % em média. Percebe-se que os resultados são similares aos encontrados na área 3 de 'Chardonnay' sem CH, evidenciando que o uso dessa substância, nas condições do experimento, não teve nenhum benefício sobre a fertilidade total.

No caso das duas áreas com 'Pinot Noir', destaca-se um contraste de fertilidade em favor da área B (Figura 18). Ou seja, enquanto na Pinot Noir A as podas 1, 2, 3 e 4 foram superiores, com uma média de fertilidade de 40,33 % e diferindo estatisticamente das podas 6 e 7 (média 3,86 %), as mesmas podas 1, 2, 3 e 4 na Pinot Noir B atingiram em média 67,12 %, seguido das podas 5 (49,43 %), 7 (32,75 %) e 6 (15,3 %). Esse contraste entre as áreas de 'Pinot Noir' possivelmente esteja associado ao fato da produção na área B ter sido comprometida no ciclo anterior pela geada, favorecendo o acúmulo de reservas e a fertilidade de gemas para o ciclo seguinte, enquanto a área A teve safra cheia.

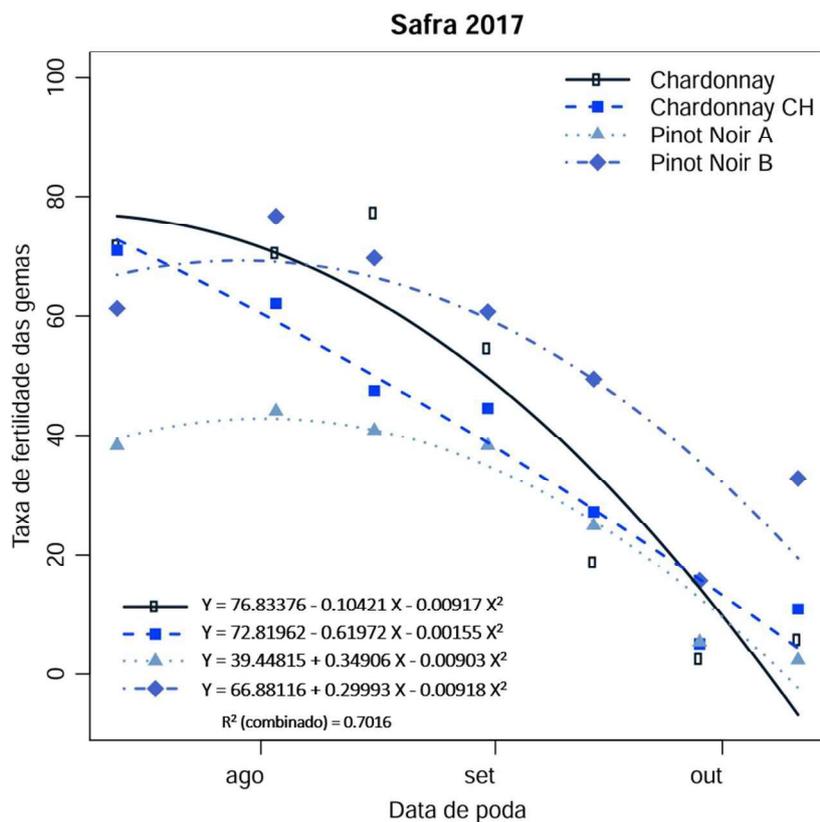


FIGURA 12. Taxa de fertilidade total (%) das gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. ‘Chardonnay’ (área 3); ‘Chardonnay’ CH (área 4); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1). Pinto Bandeira-RS, 2017.

Na taxa de fertilidade total (%) do terceiro ciclo (2017/2018), onde foram realizados testes com o manejo de pré-poda, ambas variedades apresentaram novamente reduções significativas ($p < 0,001$) com o atraso na poda. Em termos gerais, as áreas mais influenciadas pela poda tardia foram a de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ A, enquanto a ‘Pinot Noir’ B teve menor impacto. Em média, nas podas convencionais de julho e agosto e no tratamento com pré-poda em julho + poda em agosto foi registrado as maiores médias de fertilidade total (57,35 %) para ‘Chardonnay’, enquanto nas podas de setembro e outubro foi registrado 9,94%, independente de terem sido submetidos ou não à pré-poda. Contudo, na ‘Pinot Noir’, apesar da similaridade de fertilidade com a ‘Chardonnay’ em julho e agosto (60 a 75%), as podas de setembro e outubro, com ou sem pré-poda, apresentaram uma média de 22,03 % de fertilidade total. No caso da ‘Pinot Noir’ B, nestas mesmas podas tardias, o impacto foi menor ainda, com média de fertilidade entre 32,32%.

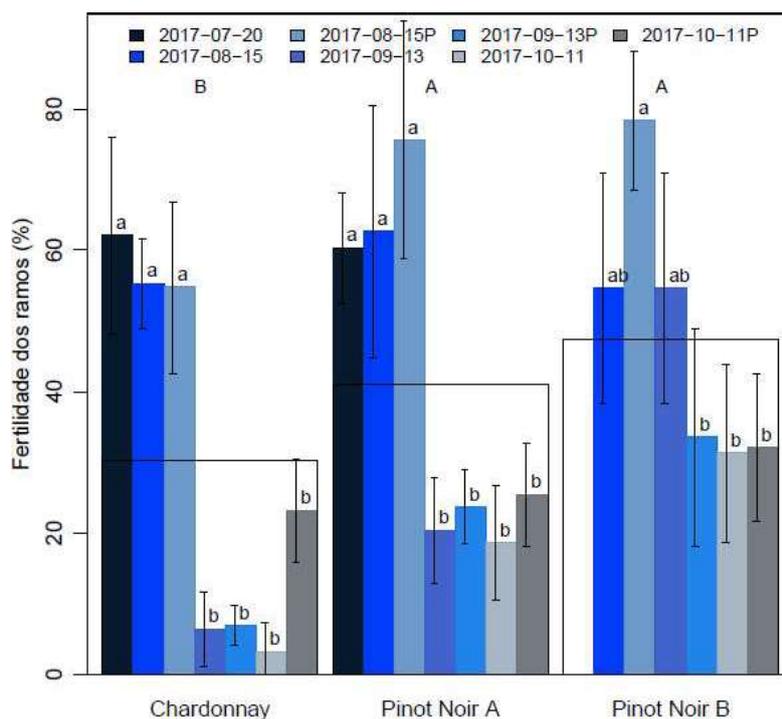


FIGURA 13. Taxa de fertilidade total (%) dos ramos de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ (*Vitis vinifera* L.) com relação aos tratamentos de poda e pré-poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.

A Figura 20 apresenta o número de cachos colhidos por planta nos dois primeiros ciclos produtivos avaliados. Em 2015/2016, a época de poda foi significativa para a variável número de cachos ($p < 0,001$) para todas as variedades. Na ‘Chardonnay’ fica evidente a redução no número médio de cachos conforme se atrasa a época de poda. As podas 1 e 2 apresentaram maiores médias (17,7 e 16,2 cachos por planta, respectivamente), significativamente superior às podas 3 e 4 (8,1 e 3,4 cachos). Já as podas 5, 6 e 7 apresentaram queda substancial nesta variável, apresentando em média 1,2 cachos por planta.

A variedade Pinot Noir A apresentou comportamento similar, sendo que as podas 1, 2 e 3 obtiveram média de 13,1 cachos por planta, significativamente superior a todas as outras podas. As podas 4, 5 e 6 apresentaram em média 5,8 cachos por planta, enquanto a poda 7 apresentou maior redução no número de cachos (3 cachos por planta).

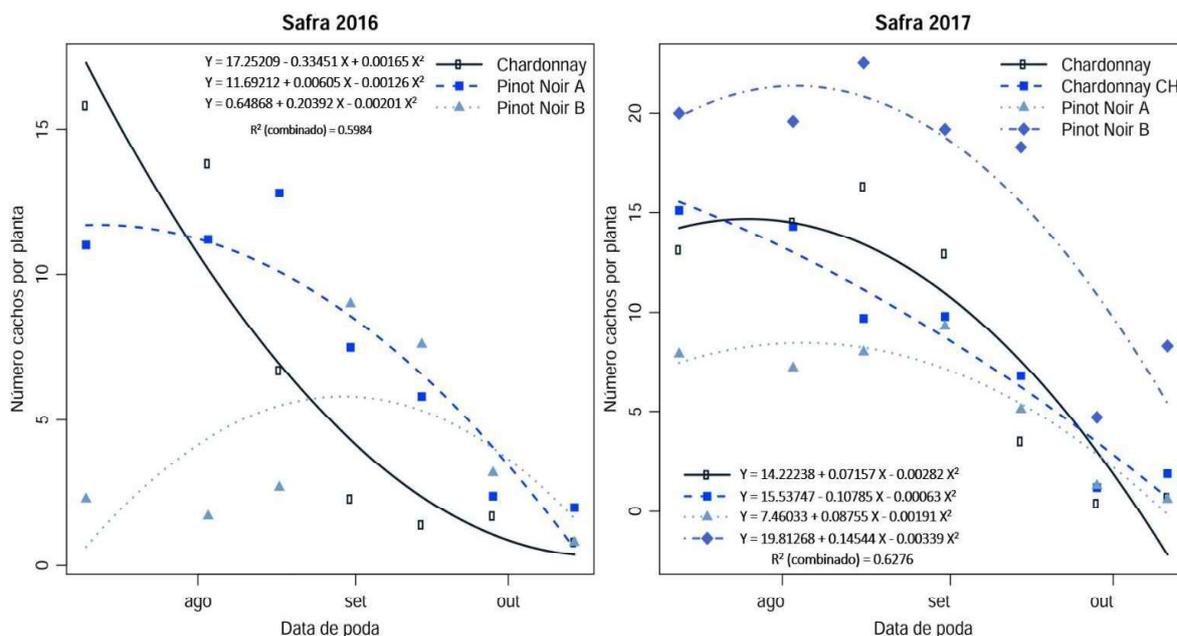


FIGURA 14. Número de cachos por planta das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. ‘Chardonnay’ (área 3); ‘Chardonnay’ CH (área 4); ‘Pinot Noir’ A (área 2) e ‘Pinot Noir’ B (área 1). Pinto Bandeira-RS, 2017.

A variedade Pinot Noir B, por ter sido acometida por geada no início da brotação das primeiras podas apresentou comportamento distinto das variedades Chardonnay e Pinot Noir A. O maior número de cachos foi encontrado nas podas 4, 5 e 6 (média de 7,2 cachos por planta), enquanto as outras podas apresentaram média de apenas 2,9 cachos por planta.

No ciclo 2016/2017 a época de poda foi significativa para o número de cachos ($p < 0,001$) para todas as áreas estudadas (Figura 20). Nas duas áreas da variedade Chardonnay, verifica-se grande queda no número de cachos nas podas 5, 6 e 7, com média de 1,5 cachos por planta na ‘Chardonnay’ e 5,6 cachos na ‘Chardonnay com CH’, valores significativamente inferiores às podas mais precoces. Nas podas 1, 2, 3 e 4 da variedade Chardonnay foi verificado média de 16,3 cachos por planta, enquanto na variedade Chardonnay com controle de CH foi verificado média de 14,6 cachos por planta.

Já para a variedade Pinot Noir A, as maiores médias para o número de cachos foram verificadas nas podas 2, 3 e 4 (12,3 cachos por planta), enquanto a poda 1 apresentou média inferior de apenas 8,8 cachos e as podas 5, 6 e 7, com apenas 3,5 cachos por planta.

A ‘Pinot Noir B’ apresentou maior número de cachos em relação às outras áreas

estudadas. Isto ocorreu por essa área ter sido acometida por geada na safra anterior e com produção muito inferior às outras áreas, deste modo, devido a uma possível alternância de produção, as reservas de carbono armazenadas no ciclo anterior podem ter proporcionado aumento de produção na safra 2016/2017. As podas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram média de 23,1 cachos por planta, significativamente superior à média das podas 6 e 7 (9,7 cachos por planta). Apesar desta área ter apresentado maior número de cachos, o comportamento de redução com as podas mais tardias se manteve.

No ciclo 2017/2018, o qual foram efetuados tratamentos com pré-poda, a média do número de cachos por planta seguiu o comportamento dos ciclos anteriores com redução com as podas tardias (Figura 21). A variedade Chardonnay apresentou maior número de cachos por planta nos tratamentos 1, 2 e 3, (poda de julho e podas de agosto com e sem pré-poda) com média de 25 cachos por planta, diferindo estatisticamente ($p < 0,001$) dos outros tratamentos, que obtiveram média de 1,85 cachos por planta. Na ‘Pinot Noir’ A o comportamento foi similar, ficando os três primeiros tratamentos com média de 29,8 cachos por planta, diferindo estatisticamente ($p < 0,001$) dos tratamentos com podas em setembro e outubro, os quais apresentaram, em média, 8,1 cachos por planta.

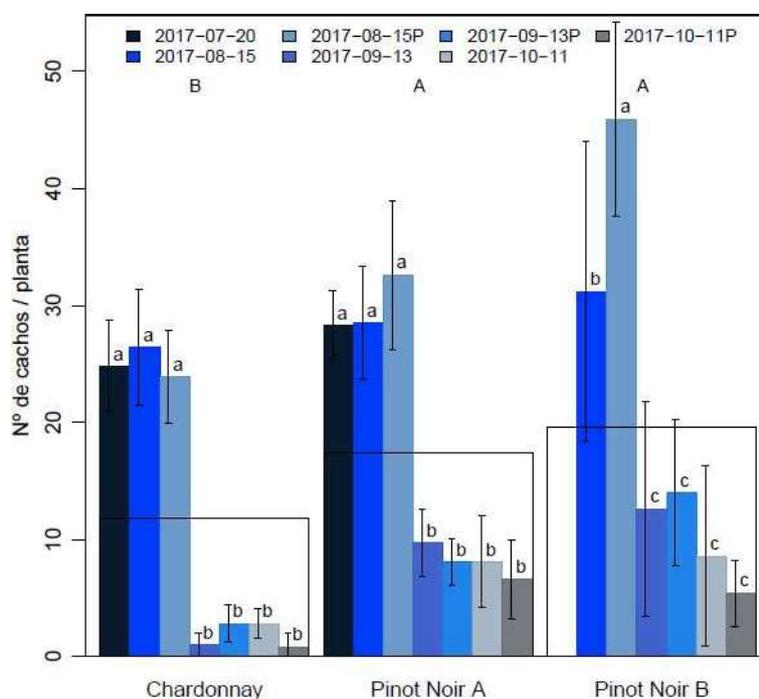


FIGURA 15. Número de cachos por planta das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação aos tratamentos de poda e pré-poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.

Na variedade Pinot Noir B, localizada na Área 1, o tratamento 1, com pré-poda + poda em agosto apresentou o maior número de cachos por planta (45,9), diferindo ($p < 0,001$) dos outros tratamentos. A poda convencional em agosto obteve 31,2 cachos por planta em média, enquanto os tratamentos com podas em setembro e outubro obtiveram as menores médias para o número de cachos por planta (10,15).

Nota-se que na ‘Pinot Noir’ localizada na área de menor altitude (Área 1), as médias para o número de cachos são superiores em relação à ‘Pinot Noir’ da Área 2. Esses resultados são explicados pela diferença de idade entre as plantas e pela possível diferença clonal entre as duas áreas, conforme relato da empresa.

Na análise conjunta da produção e demais componentes de rendimento nas três áreas, observa-se com mais clareza o efeito de ano, de cultivar e de local (Tabelas 1, 2 e 3). Contudo, neste conjunto de dados também fica evidente o impacto do atraso da poda, independente dos demais fatores. No primeiro ciclo (2015/2016), a produção por planta (Kg) foi a menor registrada entre os ciclos. Estes números estão muito abaixo do esperado para estas variedades *Vitis vinifera* e está associado as condições meteorológicas atípicas ocorridas neste primeiro ciclo, tais como baixo acúmulo de horas de frio no período hibernal, calor excessivo em agosto, seguido de geadas tardias. Este efeito não foi verificado somente no local do experimento, mas em toda a região da Serra Gaúcha (Alves & Tonietto, 2016). Apesar disto, verificou-se uma redução significativa ($p < 0,001$) entre as datas de podas para todas as áreas avaliadas, como já destacado nos dados de fertilidade e número de cachos. Entre as cultivares, em todos os ciclos a ‘Chardonnay’ foi sempre a mais impactada com o atraso da poda, seguido da ‘Pinot Noir’ A, com impacto intermediário, e da ‘Pinot Noir’ B, com menor impacto. Além disso, destaca-se que quanto maior for as condições de fertilidade ou produção do ciclo, maior é o contraste ou a redução das podas tardias, em todos os genótipos.

No detalhamento dos componentes de rendimento, salienta-se que o impacto da produção em função da data de poda está sendo explicado principalmente pela variação na fertilidade de ramos e, conseqüentemente, pelo número de cachos por planta (Figuras 17 a 21), apesar de algumas diferenças significativas no peso médio de cachos, número de bagas por cacho e peso médio de bagas (Tabelas 1, 2 e 3). Em todos os anos, quando comparadas as datas de poda com a máxima e mínima produção, a ‘Chardonnay’ apresentou uma redução média de 98,8% na produção (Kg/planta), 96 % no número de cachos por planta, 84 % no peso médio de cachos, 86,3% no número de bagas por cacho

e 33,4% no peso médio de bagas. Já na variedade Pinot Noir A (Área 2), houve redução de 97 % na produção, 79 % no número de cachos por planta, 88 % no peso médio de cachos, 67 % no número de bagas por cacho e 36 % no peso médio de bagas.

TABELA 1. Componentes de rendimento das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.

Data de poda	Produção (Kg)	Peso médio de cachos (Kg)	Número de bagas por cacho	Peso médio de baga (g)
-----Chardonnay-----				
(P1)	0,56 a	0,031 ab	44,5 ab	1,34 ab
(P2)	0,72 a	0,044 a	51,4 a	1,33 ab
(P3)	0,29 b	0,032 a	42,1 ab	1,40 a
(P4)	0,09 bc	0,027 ab	28,0 bc	1,26 ab
(P5)	0,03 c	0,026 abc	12,3 cd	1,08 abc
(P6)	0,01 c	0,008 c	14,9 cd	1,02 bc
(P7)	0,01 c	0,014 bc	9,6 d	0,80 c
-----Pinot Noir A-----				
(P1)	0,16 b	0,013 c	40,9 bc	1,21 ab
(P2)	0,65 a	0,051 a	72,3 a	1,38 a
(P3)	0,68 a	0,045 ab	68,9 a	1,10 b
(P4)	0,23 b	0,035 b	55,6 ab	1,16 b
(P5)	0,10 b	0,017 c	25,1 c	1,24 ab
(P6)	0,19 b	0,033 b	43,2 bc	1,06 bc
(P7)	0,02 b	0,006 c	23,6 c	0,88 c
-----Pinot Noir B-----				
(P1)	0,09 b	0,029 ab	20,0 d	1,33 ^{ns}
(P2)	0,09 b	0,032 ab	34,0 cd	1,27
(P3)	0,13 b	0,041 ab	46,4 abc	1,18
(P4)	0,55 a	0,053 a	57,7 ab	1,22
(P5)	0,34 ab	0,046 ab	64,2 a	1,18
(P6)	0,14 b	0,022 b	38,4 bcd	1,10
(P7)	0,04 b	0,024 b	17,26 d	1,19
CV (%)	22,89	0,72		1,91

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. Datas de podas: (P1) 10/07/2015; (P2) 03/08/2015; (P3) 17/08/2015; (P4) 31/08/2015; (P5) 14/09/2015; (P6) 28/09/2015 e (P7) 14/10/2015.

TABELA 2. Componentes de rendimento das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. Pinto Bandeira-RS, 2017.

Data de poda	Produção (Kg)	Peso médio de cachos (Kg)	Número de bagas por cacho	Peso médio de baga (g)
-----Chardonnay-----				
(P1)	1,31 b	0,086 ab	60,6 ab	1,47 ^{ns}
(P2)	1,99 a	0,110 a	77,1 a	1,44
(P3)	1,90 ab	0,110 a	81,2 a	1,36
(P4)	1,41 ab	0,096 ab	68,3 ab	1,28
(P5)	0,21 c	0,066 bc	54,8 b	1,40
(P6)	0,003 c	0,007 c	5,8 c	1,09
(P7)	0,045 c	0,041 c	19,6 c	1,16
-----Chardonnay CH-----				
(P1)	1,39 a	0,088 ab	66,1 a	1,48 a
(P2)	1,34 a	0,104 a	66,4 a	1,53 a
(P3)	1,61 a	0,113 a	68,3 a	1,49 a
(P4)	1,63 a	0,108 a	69,3 a	1,43 a
(P5)	0,48 b	0,062 bc	50,4 ab	1,41 a
(P6)	0,03 b	0,031 c	18,8 c	1,01 b
(P7)	0,43 b	0,045 c	34,9 bc	0,94 b
-----Pinot Noir A-----				
(P1)	0,66 b	0,077 ab	56,4 bc	1,41 ^{ns}
(P2)	1,23 a	0,107 a	82,8 ab	1,45
(P3)	1,09 ab	0,092 a	78,7 ab	1,38
(P4)	1,45 a	0,108 a	89,3 a	1,28
(P5)	0,71 b	0,106 a	67,2 ab	1,31
(P6)	0,05 c	0,030 c	24,0 d	1,19
(P7)	0,09 c	0,049 bc	29,2 cd	1,13
-----Pinot Noir B-----				
(P1)	2,26 abc	0,106 ab	87,7 a	1,52 ^{ns}
(P2)	2,31 abc	0,106 ab	89,3 a	1,46
(P3)	3,40 a	0,148 a	86,2 ab	1,48
(P4)	3,23 a	0,120 ab	87,8 a	1,42
(P5)	2,34 ab	0,088 bc	61,7 abc	1,44
(P6)	0,55 bc	0,045 c	44,1 bc	1,51
(P7)	0,43 c	0,045 c	41,9 c	1,31
CV (%)	57,95	1,10		1,66

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. Datas de podas: (P1) 13/07/2016; (P2) 03/08/2016; (P3) 16/08/2016; (P4) 31/08/2016; (P5) 14/09/2016; (P6) 28/09/2016 e (P7) 11/10/2016.

TABELA 3. Componentes de rendimento das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação aos tratamentos de poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.

Data de poda	Produção (Kg)	Peso médio de cachos (Kg)	Número de bagas por cacho	Peso médio de baga (g)
----- Chardonnay -----				
(T1)	1,66 a	0,064 a	83,74 a	1,19 a
(T2)	1,50 a	0,062 a	65,54 ab	1,23 a
(T3)	1,38 a	0,050 ab	52,47 b	1,17 a
(T4)	0,07 b	0,027 b	26,47 b	0,85 b
(T5)	0,02 b	0,027 b	23,60 c	0,82 b
(T6)	0,01 b	0,014 b	11,83 c	1,04 ab
(T7)	0,07 b	0,029 b	27,07 c	1,18 a
----- Pinot Noir A -----				
(T1)	1,78 a	0,062 a	71,00 a	1,31 ^{ns}
(T2)	1,64 a	0,050 ab	77,06 a	1,26
(T3)	1,36 ab	0,047 ab	85,60 a	1,15
(T4)	0,27 c	0,033 b	43,73 b	1,07
(T5)	0,30 bc	0,032 b	35,33 b	1,08
(T6)	0,27 c	0,040 ab	40,20 b	1,15
(T7)	0,33 bc	0,039 ab	37,60 b	1,27
----- Pinot Noir B -----				
(T1)	3,67 a	0,077 a	89,14 a	1,29 ab
(T2)	1,18 bc	0,075 a	51,28 bc	1,23 ab
(T3)	0,15 c	0,024 c	33,53 c	1,39 a
(T4)	1,94 b	0,059 ab	68,61 ab	1,33 ab
(T5)	0,57 c	0,043 bc	40,54 c	1,09 b
(T6)	0,20 c	0,022 c	28,10 c	1,17 ab
CV (%)	71,90	34,33	33,69	10,46

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre tratamentos de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. Tratamentos: Chardonnay e Pinot Noir A: (T1) poda em julho; (T2) PP + poda em agosto; (T3) poda em agosto; (T4) PP + poda em setembro; (T5) poda em setembro; (T6) PP + poda em outubro e (T7) poda em outubro. Pinot Noir B: (T1) PP + poda em agosto; (T2) PP + poda em setembro; (T3) PP + poda em outubro; (T4) poda em agosto; (T5) poda em setembro e (T6) poda em outubro. PP = pré-poda.

Os resultados de perda de fertilidade e produção, com o atraso da poda tardia, conforme verificado nos dois primeiros ciclos se repete em 2017/2018 com os tratamentos de pré-poda, os quais não influenciaram na tentativa de manter a produção das plantas com o atraso da poda.

A composição química (°Brix, pH e acidez total titulável) do mosto das uvas do ciclo 2015/2016 pode ser visualizada na Tabela 4. Para a variável °Brix, a época de poda foi significativa somente para as duas áreas da variedade Pinot Noir ($p < 0,001$), sendo que, os menores valores foram encontrados para as podas mais tardias, por não ter ocorrido maturação uniforme nessas podas.

O pH e a acidez total diferiram estatisticamente ($p < 0,001$) com relação às podas em todas as três áreas avaliadas. Na avaliação de pH, houve tendência dos menores valores serem encontrados nas podas mais tardias, o que se confirma com os maiores valores de acidez total (mEq). Esses resultados, assim como na avaliação de °Brix, confirmam a ocorrência de uma maturação desuniforme e mais atrasada, em decorrência das podas tardias.

Isto ocorreu também, pois, no momento de realização das podas mais tardias, em setembro e outubro, algumas gemas estavam dormentes e outras em estágio mais avançado. Em alguns casos já haviam gemas em início de brotação e em outras gemas dormentes, acarretando em desenvolvimento vegetativo desuniforme e consequente maturação irregular. Sendo que, a colheita de todas as plantas de mesmo tratamento foram realizadas no mesmo dia.

É importante salientar que as colheitas foram feitas de forma escalonada, conforme se atingia entre 17 e 18 °Brix, que é o padrão de colheita de uvas para vinho base para espumante. Porém, como as podas mais tardias demoraram mais para atingir este grau de maturação e pela incidência de podridões nos cachos (*Glomerella cingulata* e *Botrytis cinérea*, principalmente), alguns tratamentos tiveram que ser colhidos antes da maturação ideal.

TABELA 4. Composição química do mosto das uvas das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.

Data de poda	SST (°Brix)	pH	ATT (meq)
-----Chardonnay-----			
(P1)	17,8 ^{ns}	3,04 a	140,6 b
(P2)	16,9	2,94 abc	174,4 b
(P3)	17,3	2,95 abc	194,8 b
(P4)	14,8	2,85 bc	275,1 a
(P5)	15,1	2,97 ab	187,6 b
(P6)	12,8	2,81 bc	207,1 ab
(P7)	15,0	2,75 c	*
-----Pinot Noir A-----			
(P1)	17,0 abc	3,15 a	127,4 c
(P2)	17,3 ab	3,09 ab	154,2 bc
(P3)	18,2 a	3,09 ab	133,8 bc
(P4)	17,4 ab	3,06 ab	147,2 bc
(P5)	16,3 bcd	3,00 b	166,2 abc
(P6)	15,3 cd	2,98 b	217,7 a
(P7)	14,9 d	2,96 b	189,2 ab
-----Pinot Noir B-----			
(P1)	15,9 ab	2,93 abc	192,3 b
(P2)	17,3 a	3,04 a	163,8 b
(P3)	16,5 a	2,95 ab	188,6 b
(P4)	17,0 a	2,96 ab	181,6 b
(P5)	16,6 a	2,87 abc	205,9 b
(P6)	14,0 ab	2,80 bc	281,2 a
(P7)	12,6 b	2,74 c	163,4 b
CV (%)	22,79	0,27	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. * = repetição sem mosto suficiente para a análise. SST = sólidos solúveis totais. ATT = acidez total titulável. Datas de podas: (P1) 2015-07-10; (P2) 2015-08-03; (P3) 2015-08-17; (P4) 2015-08-31; (P5) 2015-09-14; (P6) 2015-09-28 e (P7) 2015-10-14.

Na Tabela 5 pode ser verificada a composição química do mosto nas quatro áreas estudadas no ciclo 2016/2017.

TABELA 5. Composição química do mosto das uvas das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2016/2017. Pinto Bandeira-RS, 2017.

Data de poda	SST (°Brix)	pH	ATT (meq)
-----Chardonnay-----			
(P1)	15,6 ^{ns}	3,02 ^{ns}	165,8 ^{ns}
(P2)	15,7	2,99	165,2
(P3)	17,3	3,11	150,3
(P4)	16,3	3,01	185,8
(P5)	16,5	2,98	182,6
(P6)	12,6	2,77	222,5
(P7)	15,3	2,99	239,0
-----Chardonnay CH-----			
(P1)	16,1 a	3,03 ab	155,6 b
(P2)	15,3 a	2,94 bc	176,1 b
(P3)	17,0 a	3,08 a	161,9 b
(P4)	15,0 a	3,02 ab	202,4 b
(P5)	16,1 a	2,98 ab	189,8 b
(P6)	11,2 b	2,83 c	329,3 a
(P7)	9,3 b	2,71 d	300,9 a
-----Pinot Noir A-----			
(P1)	16,2 ab	3,09 ab	124,1 d
(P2)	15,9 ab	2,99 bc	159,8 bcd
(P3)	15,8 ab	3,00 abc	159,6 bcd
(P4)	16,8 a	3,12 a	159,2 cd
(P5)	16,0 ab	3,04 abc	190,7 bc
(P6)	15,7 ab	2,95 cd	219,1 ab
(P7)	14,0 b	2,84 d	275,9 a
-----Pinot Noir B-----			
(P1)	16,3 ^{ns}	3,14	123,5 b
(P2)	17,0	3,10	127,6 b
(P3)	15,2	2,97	178,3 ab
(P4)	17,0	3,09	130,7 b
(P5)	17,6	3,10	135,8 b
(P6)	15,6	3,04	170,5 ab
(P7)	14,8	2,94	266,8 a
CV (%)	14,12	0,34	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. SST = sólidos solúveis totais. ATT = acidez total titulável. Datas de podas: (P1) 2016-07-13; (P2) 2016-08-03; (P3) 2016-08-16; (P4) 2016-08-31; (P5) 2016-09-14; (P6) 2016-09-28 e (P7) 2016-10-11.

Para a avaliação de °Brix, somente as áreas ‘Chardonnay CH’ e ‘Pinot Noir A’ apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$), sendo que as diferenças foram pronunciadas nas podas mais tardias, possivelmente pela desuniformidade na maturação, como citado no ciclo anterior.

Para o pH, também foram verificadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$) somente nas áreas de ‘Chardonnay CH’ e ‘Pinot Noir A’. Pode ser verificado que há tendência para redução do valor do pH com o aumento das podas tardias.

Para a acidez total titulável no ciclo 2016/2017, foram verificadas diferenças estatísticas significativas nas áreas de ‘Chardonnay’ com controle de CH e nas duas áreas da variedade Pinot Noir (A e B). Os resultados referentes à acidez refletem em parte o que foi verificado na avaliação do pH do mosto. Há tendência dos maiores valores de acidez com o aumento da data de poda, conforme relatado para os valores de pH.

Esses resultados são em decorrência da desuniformidade de maturação dos cachos dentro da mesma planta e entre plantas do mesmo tratamento, conforme ocorrido no ciclo 2015/2016 também.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores da composição química dos mostos obtidos no ciclo 2017/2018. Foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$) para todas as variáveis analisadas nas três áreas.

Nas três áreas, os valores mais baixos de °Brix foram encontrados nos tratamentos de setembro, com e sem pré-poda. Para o pH verificou-se redução nos valores com as podas mais tardias e maiores médias de acidez total titulável, comportamento similar aos ciclos anteriores e que reflete a desuniformidade da maturação, principalmente, com os tratamentos de podas tardias.

TABELA 6. Composição química do mosto das uvas das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2018.

Data de poda	SST (°Brix)	pH	ATT (meq)
-----Chardonnay-----			
(T1)	19,15 a	3,16 a	94,43 c
(T2)	18,43 ab	3,11 a	102,82 c
(T3)	18,05 ab	3,05 a	108,99 c
(T4)	10,87 c	2,57 c	301,47 a
(T5)	19,75 a	2,56 c	313,62 a
(T6)	16,02 b	2,77 b	195,55 b
(T7)	16,35 b	2,64 bc	175,12 b
-----Pinot Noir A-----			
(T1)	18,92 a	3,26 a	80,42 c
(T2)	17,40 a	3,14 ab	102,73 bc
(T3)	17,90 a	3,12 b	101,21 bc
(T4)	14,78 b	2,80 c	150,40 a
(T5)	15,22 b	2,81 c	157,24 a
(T6)	17,96 a	2,76 c	134,61 ab
(T7)	18,04 a	2,73 c	138,52 ab
-----Pinot Noir B-----			
(T1)	17,20 abc	3,11 a	108,18 c
(T2)	15,44 bc	2,85 b	155,26 a
(T3)	17,50 ab	2,76 b	151,00 ab
(T4)	18,16 a	3,10 a	111,44 bc
(T5)	15,34 c	2,83 b	168,11 a
(T6)	18,94 a	2,82 b	133,19 abc
CV (%)	5,38	2,01	11,53

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. SST = sólidos solúveis totais. ATT = acidez total titulável. Tratamentos: Chardonnay e Pinot Noir A: (T1) poda em julho; (T2) PP + poda em agosto; (T3) poda em agosto; (T4) PP + poda em setembro; (T5) poda em setembro; (T6) PP + poda em outubro e (T7) poda em agosto. Pinot Noir B: (T1) PP + poda em agosto; (T2) PP + poda em setembro; (T3) PP + poda em outubro; (T4) poda em agosto; (T5) poda em setembro e (T6) poda em outubro.

3.4 Discussão

No conjunto, todos resultados salientam a redução nos componentes de rendimento, principalmente no número de cachos por planta, e atraso na evolução da maturação com o atraso na data de poda. Os efeitos foram mais expressivos na poda de outubro nas cultivares Pinot Noir e Chardonnay, mas principalmente na última. Portanto, esses resultados são contrastantes com os efeitos benéficos da poda tardia que foram encontrados nas variedades Merlot, Chardonnay e Sauvignon Blanc (*Vitis vinifera*) na Nova Zelândia e Austrália (Friend & Trought, 2007; Friend *et al.*, 2011; Trought *et al.*, 2011; Moran *et al.*, 2017). Resultados similares ao deste trabalho, mas de menor impacto, foram também encontrados por Frioni *et al.* (2016), os quais destacam uma redução de rendimento com as podas tardias de 55 %, de 44 % a menos no número de cachos por planta, de 26 % a menos no peso do cacho e de 17 % a menos no número de bagas por cacho, quando comparado às podas tradicionais com a variedade Sangiovese, na Itália. Estes autores italianos associam estes resultados negativos da poda tardia especialmente às limitações de reservas, acarretado pela competição entre crescimento vegetativo dos brotos apicais e o desenvolvimento reprodutivo concomitante das gemas basais.

Considerando estes contrastes, deve-se fazer uma análise detalhada no aspecto da diferenciação dos componentes de rendimento das videiras. As fases na formação dos órgãos reprodutivos são extensas e envolvem três fases principais, distribuídas em dois ciclos de crescimento consecutivos: a primeira estação, que ocorre no ciclo anterior à brotação, é destinada à formação do primórdio indiferenciado (*anlagen*) e à diferenciação do primórdio indiferenciado em primórdio de inflorescência. Enquanto na segunda estação, pós brotação, ocorre a formação das flores e o florescimento em si (Vasconcelos *et al.*, 2009). Estas etapas são dependentes do balanço hormonal nas gemas, considerando a relação entre citocininas e giberelinas. As giberelinas favorecem a iniciação do meristema lateral, mas inibem o desenvolvimento em inflorescências, já as citocininas promovem a formação das inflorescências (Srinivasan & Mullins, 1981). Este balanço hormonal pode ser influenciado de modo direto e indireto por outros fatores, tais como carga de gemas e produção do ciclo anterior, estado nutricional, disponibilidade hídrica, vigor de porta- enxerto, entre outros.

Diante do exposto, a fertilidade de gemas basais em todos os genótipos, áreas e ciclos empregados neste estudo foi definida no ciclo anterior e está caracterizada pelos valores máximos que foram obtidos nas primeiras datas de poda (exceto na área 1,

quando houve danos por geada tardia em 2015). Considerando a pequena variação no percentual de brotação, mais influenciado pelas condições de cada inverno, os resultados de fertilidade de ramos foram claramente reduzidos pelo atraso nas datas de poda, atingindo valores próximos de zero na última data (meados de outubro). Portanto, a fertilidade das gemas basais, inicialmente registrada nas datas iniciais de poda em cada ciclo, foi aparentemente perdida com esse atraso. Dentre as possibilidades para explicar essa perda de fertilidade nas brotações de gemas basais, salienta-se inicialmente uma possível ocorrência de filagem, onde o primórdio de inflorescência parcialmente diferenciado pode ser revertido ao primórdio de gavinha (Shikhamany, 1999). Pinto *et al.* (2003) estudaram a fertilidade potencial e real da variedade Superior Seedless na região de Pirapora/MG e constataram que a fertilidade real não correspondeu à fertilidade potencial devido à ocorrência de filagem. No entanto, não foi verificado a campo a presença deste distúrbio fisiológico nos diferentes tratamentos de poda tardia.

Outra possível causa de perda na produção, poderia ser a ocorrência de ‘desavinhos’ no período de floração das podas tardias. Desavinho é caracterizado como um transtorno fisiológico resultante da ausência de fecundação das flores e consequente abortamento, impedindo a formação completa das bagas, deixando os cachos com menor número de bagas. Isto pode acontecer quando ocorre períodos frios e chuvosos ou de altas temperaturas na floração (Delas, 2000). Esse fator pode ter se apresentado de modo parcial, pois nas podas tardias os cachos tiveram menor número de bagas. No entanto, quando se analisa de modo conjunto todos os ciclos (com variações meteorológicas contrastantes), a variação do número de bagas por cacho não explica toda a variação que ocorreu na produção entre as datas iniciais e finais de poda. Além disso, na análise inicial das brotações de gemas basais, nos registros de fenologia, já foi constatado a ausência dos cachos. Portanto, neste estudo, o desavinho não pode ser considerada com uma das causas da perda de fertilidade nos atrasos de poda.

A redução da fertilidade nas brotações de gemas basais com podas tardias pode também estar associada ao dreno das reservas de carbono que as brotações apicais podem exercer sobre as posições mais basais dos sarmentos. Essa teoria é defendida por trabalhos recentes com podas tardias na Itália (Gatti *et al.*, 2016; Frioni *et al.*, 2016), considerando que as brotações apicais, enquanto não atingem a autossuficiência fotossintética, atuam como drenos fortes das reservas do sarmento, restringindo o potencial de produção das gemas basais.

Na mesma linha do efeito do dreno, os brotos apicais também podem atuar como

tecidos fontes ou drenos de hormônios, exercendo também uma influência hormonal sobre a fertilidade das gemas basais. Yahyaoui e colaboradores (1998) realizaram um estudo *in vitro* com primórdios de inflorescências excisados de gemas de ‘Pinot Noir’ e ‘Chardonnay’ e cultivados em diferentes meios de cultura com hormônios. Eles obtiveram a reversão do primórdio de inflorescência à formação de um broto com três folhas e à gavinha quando cultivados em meio de cultura com giberelina ou com giberelina associada a auxina. Portanto, isso indica que uma reversão ou desdiferenciação pode ser possível na gema de videira, variando o que foi definido no ciclo anterior como estruturas reprodutivas para vegetativas.

Os hormônios vegetais exercem influências importantes nas etapas de formação e desenvolvimento das inflorescências, especialmente auxinas, citocininas, giberelinas e suas vias bioquímicas associadas (Carmona *et al.*, 2008). De acordo com May (2004) também pode ser possível que a formação das flores nas porções basais e medianas dos ramos possa ter sido inibida pela auxina dos brotos apicais que cresceram mais cedo até o momento de cada data de poda. Por outro lado, sabe-se também que durante a segunda estação do ciclo de diferenciação das inflorescências, as giberelinas, produzidas nos tecidos vegetativos da parte aérea, causam a inibição floral em *Vitis vinifera* (Srinivasan & Mullins, 1981). Portanto, uma das linhas para se explicar a influência negativa do atraso da poda é o fato dos brotos apicais também atuarem como fonte hormonal sobre as porções inferiores do sarmento, induzindo a reversão dos primórdios de inflorescência nas gemas basais.

Considerando em conjunto todas as possibilidades de influência dos brotos apicais, alguns estudos sugerem que a partir do momento que se aumenta a temperatura pré- brotação, o número de flores por inflorescência diminui (Eltom *et al.*, 2017). Dunn e Martin (2000), em estudo com ‘Cabernet Sauvignon’, utilizaram o atraso na poda para induzir a brotação em diferentes condições de temperatura. Ao mesmo tempo, estes autores descobriram que o número de flores por inflorescência diminuiu ligeiramente quando as temperaturas do solo e do ar eram mais elevadas nos dias em torno da brotação. É fato que o atraso na poda coincide com temperaturas mais elevadas, especialmente no período de floração e, isto pode ter acontecido na safra 2015/2016. No entanto, a safra seguinte (2016/2017) apresentou temperaturas médias mais inferiores, inclusive com ondas de frio nos meses de setembro, outubro e novembro, o que de fato, não explicaria a redução de fertilidade de maneira isolada. De qualquer forma, as temperaturas médias nos meses de setembro, outubro e novembro nos três ciclos, foram muito próximas da

normal climática (15°C), tendo inclusive picos de máxima próximo de 30°C (Figura 7). Ou seja, nesta região da Serra Gaúcha a condição térmica é alta e com grande disponibilidade hídrica, o que favorece o vigor vegetativo dos brotos apicais e, conseqüentemente, o efeito negativo destes sobre as gemas basais com o atraso na data de poda.

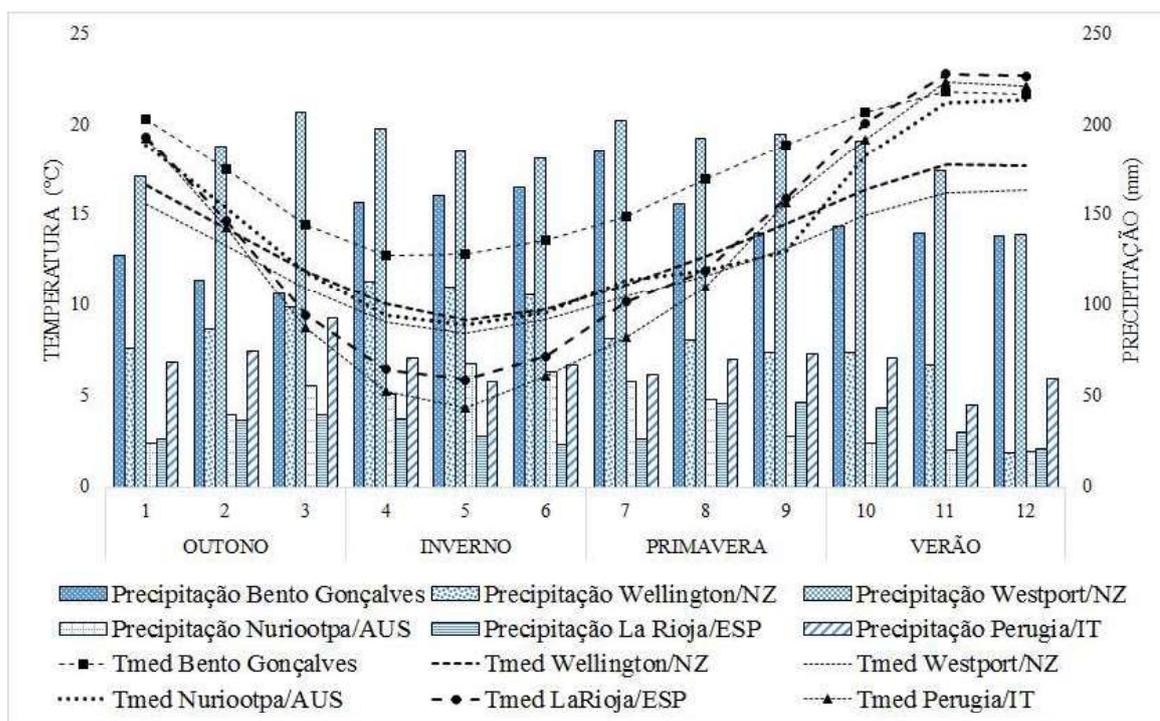


FIGURA 16. Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) médias e precipitação pluviométrica (mm) mensais entre as estações climáticas do ano apresentadas pelas normas climatológicas de Bento Gonçalves, Nuriootpa (Austrália), Wellington (Nova Zelândia), La Rioja (Espanha), Westport (Nova Zelândia) e Perugia (Itália). Bento Gonçalves-RS, 2019.

A influência do vigor das brotações apicais e, conseqüentemente, a modulação deste crescimento sobre o efeito positivo ou negativo do atraso na data de poda fica mais claro quando se considera em conjunto o contraste das condições climáticas entre as regiões vitícolas no mundo. Por exemplo, enquanto no Norte da Ilha Sul da Nova Zelândia e em Barossa Valley na Austrália a fertilidade foi inalterada ou até favorecida com a poda tardia, na Itália Central, na Espanha e no Brasil (Serra Gaúcha) a fertilidade foi drasticamente reduzida com o atraso na data de poda. Contrastando o clima na primavera destas regiões, na Nova Zelândia (Wellington e Westport) e na Austrália as temperaturas médias das estações são, respectivamente, $12,8$, $11,8^{\circ}\text{C}$ e $12,3^{\circ}\text{C}$ (Figura 22).

Esta condição térmica é muito inferior às médias verificadas no Brasil, na Itália e Espanha, e pouco superior à temperatura base da videira (10°C), favorecendo um lento crescimento vegetativo após a saída da dormência. Em contrapartida, em La Rioja e na Itália (Perugia), a temperatura média nos meses da primavera são de $16,0$ e $15,3^{\circ}\text{C}$ (Figura 22), respectivamente, o que corresponde uma condição térmica mais favorável ao rápido crescimento vegetativo após a saída da dormência. No Brasil (Bento Gonçalves) a primavera tem uma temperatura média elevada ($16,9^{\circ}\text{C}$), em comparação as demais regiões, em conjunto com uma alta precipitação média mensal (160 mm). Essa condição climática na Serra Gaúcha é ainda mais favorável ao crescimento vegetativo em relação a Itália e Espanha e, principalmente, à Nova Zelândia e Austrália. Isso fica evidente nos dados fenológicos das brotações apicais e imagens das duas cultivares antes de se efetuar as últimas datas de poda.



FIGURA 17. Crescimento vegetativo dos tratamentos de poda tardia conforme os meses na variedade Chardonnay (*Vitis vinifera* L.). (A) 15/08/2015; (B) 14/09/2015; (C) 15/10/2015 e (D) Inflorescência visível em planta não podada, 15/10/2015. Pinto Bandeira-RS, 2015.

Quando se compara as informações de crescimento das brotações apicais nestes diferentes locais, salienta-se que na Nova Zelândia a poda muito tardia (outubro, nas condições do Hemisfério Sul) ocorreu quando as brotações dos ramos apicais apresentavam aproximadamente 5 cm de comprimento (Friend e Trought, 2007). Estes autores também relataram um aumento médio de 79 % no rendimento da variedade Merlot em três ciclos consecutivos com estas podas tardias. Na Austrália, a poda muito tardia ocorreu quando os ramos apicais apresentavam somente 2 a 3 folhas separadas, sendo que o rendimento foi inalterado com este manejo (Moran *et al.*, 2017). Portanto, este pequeno vigor de crescimento apical nestas duas regiões está associado com as condições climáticas destes locais (Figura 22). Contudo, quando se considera as regiões em que a poda tardia foi negativa para os componentes de rendimento, salienta-se que na Itália a poda muito tardia ocorreu em maio e junho (Hemisfério Norte) quando os brotos apicais já estavam com inflorescências desenvolvidas (Frioni *et al.*, 2016). Nesta região, a poda em junho inclusive não apresentou nenhum rendimento de cachos. Na Espanha, a poda muito tardia também ocorreu quando haviam inflorescências desenvolvidas nas brotações apicais, culminando com uma queda de 41% no rendimento de cachos (Zheng *et al.*, 2017). Na Serra Gaúcha, este mesmo comportamento foi registrado, onde as podas muito tardias já apresentavam crescimento vegetativo elevado e presença de inflorescências (Figura 23D). Nos três ciclos avaliados, em média, houve uma redução de 97 % no rendimento da variedade Chardonnay, de 89 % na Pinot Noir (A - área alta) da época de maior produção (julho e agosto) em relação à época de poda mais tardia (outubro).

A redução mais expressiva no rendimento em função do atraso na poda na Serra Gaúcha está diretamente relacionada às condições climáticas do local, favorecendo o vigor do crescimento apical. Além disso, destaca-se que apesar os três ciclos serem distintas em condições meteorológicas, especialmente pelo acúmulo e distribuição de frio ao longo dos meses (não somente no período hibernar), os resultados obtidos foram repetidos e consistentes, não sendo efeito isolado de um ano atípico, por exemplo. Deste modo, esse conjunto de resultados fortalece a importância das condições edafoclimáticas locais sobre redução da produção com a poda tardia, vinculando esse efeito ao favorecimento do crescimento vegetativo excessivo dos brotos apicais e a influência negativa na fertilidade das gemas basais, por causas ainda desconhecidas.

De acordo com Gatti *et al.* (2016) os ápices nas podas tardias com mais de 4 folhas desenvolvidas já causam limitação de rendimento sustentável. Palliotti *et al.* (2017) demonstrou que quando a poda final é realizada com os ápices com 2 ou 3 folhas desenvolvidas os resultados são uma limitação mínima no rendimento e maturação adequada. O mesmo trabalho também confirmou que se a poda é atrasada, quando os brotos apicais já exibem mais de quatro folhas, a limitação da fonte resultante reduz drasticamente a produtividade da videira até que o cultivo seja zerado.

Conforme o exposto, é notável que o tempo de atraso da poda hiberna é o limitante na garantia de rendimento. Contudo, esse efeito negativo da poda tardia só se manifesta se as condições locais de cultivo favorecem um crescimento apical muito vigoroso. Nas condições estudadas neste experimento na Serra Gaúcha, corroborando com Palliotti *et al.* (2017), nota-se que o atraso da poda hiberna não afeta o rendimento até o estágio fenológico de 2 ou 3 folhas separadas (Figura 24).



FIGURA 18. Brotações apicais em planta não podada da variedade Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) em estágio fenológico de 2 ou 3 folhas separadas em 10/08/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.

Isto está relacionado com as condições climáticas de cada ciclo produtivo e conforme a soma térmica, no entanto, na média dos três ciclos avaliados a data de máximo atraso da poda hiberna é até a primeira quinzena do mês de agosto, para que não

haja limitação na fertilidade e conseqüente redução no rendimento produtivo das plantas.

3.5 Conclusões

O atraso da poda hiberna nas variedades Chardonnay e Pinot Noir nas condições da Serra Gaúcha reduz drasticamente o rendimento e não é considerado um manejo viável. O efeito negativo das podas tardias depende do vigor de crescimento apical que as condições locais podem impor, tendo como limite máximo o estágio fenológico de 2 ou 3 folhas separadas.

3.6 Referências Bibliográficas

ALVES, M. E. B.; TONIETTO, J. **Condições meteorológicas e sua influência na Safra Vitícola de 2016 em Regiões Produtoras de Vinhos Finos do Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. (Comunicado Técnico, 187).

ANZANELLO, R.; FIALHO, F. B.; SANTOS, H. P. dos. Chilling requirements and dormancy evolution in grapevine buds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 364-371, 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018424014618.

ARNDAL, M. F. et al. Net root growth and nutrient acquisition in response to predicted climate change in two contrasting heathland species. **Plant and Soil**, v. 369, n. 1-2, p. 615- 629, 2013.

ASPROVINHO - Associação dos Produtores de Vinho de Pinto Bandeira. Indicação de Procedência. Disponível em: <http://www.asprovinho.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=7&Itemid=16>. Acesso em: 18 mar. 2019.

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.

DELAS, J. **Fertilisation de la Vigne** - 2e édition, 2010.

DUNN, G. M.; MARTIN, S. R. Do temperature conditions at budburst affect flower number in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon? **Australian Journal of Grape and Wine Research**, n. 6, p. 116-124, 2000.

EICHHORN, K.; LORENZ, D. Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, Stuttgart, v. 29, p. 119-120, 1997.

ELTOM, M. et al. Pre-budburst temperature influences the inner and outer arm morphology, phenology, flower number, fruitset, TSS accumulation and variability of *Vitis vinifera* L. Sauvignon Blanc bunches. **Australian Society of Viticulture and Oenology Inc**, v. 23, p. 1-7, 2017.

FLORES, C. A.; FASOLO, P. J.; POTTER, R. O. **Solos: Levantamento semidetalhado**. In: FALCADE, I. et al. Vale dos Vinhedos: caracterização geográfica da região. Caxias do Sul: EDUCS, 1999. p.87-134.

FRIEND, A. P.; TROUGHT, M. C. T. Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, p. 157-164, 2007.

FRIEND, A. P. et al. Effect of delaying budburst on shoot development and yield of *Vitis vinifera* L. Chardonnay 'Mendoza' after a spring freeze event. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, p. 378-382, 2011.

FRIONI, T. et al. Postbudburst Spur Pruning Reduces Yield and Delays Fruit Sugar Accumulation in Sangiovese in Central Italy. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 67, n. 4, p. 419-425, 2016.

GABBARDO, M. et al. Aromatic characterization of Brazilian sparkling wines using olfactometry and a sensory panel. 39th World Congress of Vine and Wine. **BIO Web Conferences**, v. 7, 02005, p. 1-5, 2016.

GATTI, M. et al. Phenology, Canopy Aging and Seasonal Carbon Balance as Related to Delayed Winter Pruning of *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese Grapevines. **Frontiers in Plant Science**, v.7, article 659, p. 1-14, 2016.

HOWELL, G. S.; WOLPERT, J. A. Nodes per cane, primary bud phenology, and spring freeze damage to Concord grapevines. A preliminary note. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 29, n. 4, p. 229-232, 1978.

HOWELL, G. S.; SABBATINI, P. **Prevention and management of winter damage**. Disponível em: <http://aces.nmsu.edu/ces/viticulture/documents/4-march-n-mexico-2013_cold-hardiness.pdf> Acesso em: 17 abr. 2018.

IBRAVIN - Instituto Brasileiro da Uva e do Vinho. **Produção de espumantes**. Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/>>. Acesso em: 08 jan. 2019.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia e Estatística. **Normais climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IPCC - **Climate change 2014: synthesis report**. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (Geneva Switzerland: IPCC), p. 151, 2014.

JONES, G. et al. Climate change and global wine quality. **Climatic Change**, v. 73, p. 319- 343, 2005.

LEEUWEN, C. van; DARRIET, P. The impact of climate change on viticulture and wine quality. **Journal of Wine Economics**, v.11, n.1, p. 150-167, 2016.

MANDELLI, F. **Relações entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na Serra Gaúcha**. 2002. 196 f. Tese (doutorado em Fitotecnia, Área de concentração Agrometeorologia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

MARSHALL, N. A. et al. Some primary producers are more likely to transform their agricultural practices in response to climate change than others. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 222, p. 38-47, 2016.

MAY, P. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 6, 82-98, 2000.

MORAN, M. A.; SADRAS, V. O.; PETRIE, P. R. Late pruning and carry-over effects on phenology, yield components and berry traits in Shiraz. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 23, p. 390-398, 2017.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961, 42 p.

MOSEDALE, J. R. et al. Climate change impacts and adaptive strategies: lessons from the grapevine. **Global Change Biology**, v.22, p. 3814-3828, 2016.

NELSON, G. C. et al. Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 9, p. 3274-3279, 2014.

OIV - International Organisation of Vine and Wine – **Compendium International Methods of Analysis of Wines and Musts**. Disponível em: < <http://www.oiv.int/en/technical-standards-nddocuments/methods-analysis/compendium-international-methods-analysis-wines-and-musts-2-vol>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

PALLIOTTI, A. et al. Doublepruning grapevines as a management tool to delay berry ripening and control yield. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 68, p. 412-421, 2017.

PINTO, D. C. R.; CAMARGO, U. A.; NACHTIGAL, J. C. Fertilidade de gemas das cultivares Thompson, Crimson, Superior e Catalunha em Pirapora-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 222.

POUGET, R. Le débourrement des bourgeons de la vigne: méthode de prévision et principes d'établissement d'une échelle de précocité de débourrement. **Connaissance de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 22, n. 2, p. 105-123, 1988.

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J.; ABARZUA, C. E. **Elaboração de vinho espumante na propriedade vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000.

SHIKHAMANY, S. D. Physiology and cultural practices to produce seedless grapes in tropical environments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999, p. 43-48.

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.

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

TROUGHT, M. C. T.; HOWELL, G. S.; CHERRY, N. '**Practical considerations for reducing frost damage in vineyards**' in Frost Damage and Management in vineyards. Lincoln University, 1999. Disponível em

<https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4236/frost_damage_in_vineyards.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2018.

VASCONCELOS, M. C. et al. The flowering process of *Vitis vinifera*: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 4, p. 411-434, 2009.

YAHYAOU, T.; BARBIER, M.; BESSIS, R. *In vitro* morphogenesis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) inflorescence primordia, cvs Pinot Noir and Chardonnay. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, n. 4, p. 111-120, 1998.

ZHENG, W. et al. Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, north-central Spain. **OENO One**, v. 51, n. 4, p. 363-372, 2017.

4 CAPÍTULO 2 - Fertilidade, carboidratos e hormônios em gemas - influências do atraso na data de poda em videira (*Vitis vinifera* L.).

4.1 Introdução

O atraso na poda hiberna tem sido utilizado em diferentes regiões vitícolas de clima frio como uma estratégia para prevenir ou evitar os danos por geadas tardias (Howell & Wolpert, 1978; Trought et al., 1999; Friend & Trought, 2007; Friend *et al.*, 2011). Além disso, em algumas destas regiões, a poda tardia também tem sido utilizada para alterar o padrão de maturação da uva e obter vinhos mais equilibrados, atrasando a fase fenológica para condições climáticas distintas do ciclo tradicional, modulando o teor de açúcar, a acidez e a concentração aromática e fenólica (Jones *et al.*, 2005; Mosedale *et al.*, 2016; Zheng *et al.*, 2017). Contudo, em termos de produtividade do vinhedo, os resultados da poda tardia são muito variáveis entre as regiões estudadas e, em algumas destas, o emprego desta prática pode acarretar em grandes prejuízos.

Na Serra Gaúcha, quanto maior o atraso da poda hiberna nas variedades Chardonnay e Pinot Noir (Capítulo 1) maior foi a redução da produtividade. Nos três ciclos avaliados, em média, houve uma redução de 97 % no rendimento da ‘Chardonnay’ e de 89% na ‘Pinot Noir’, contrastando-se as datas de poda com maior produção (julho e agosto) em relação à época mais tardia (outubro). Neste trabalho foi comprovado, inclusive amarrando fenótipo com condições climáticas de outras regiões no mundo que testaram poda tardia, que esse efeito negativo do atraso na poda está associado ao nível de crescimento das brotações apicais até o momento de cada poda. Ou seja, quanto maior for o atraso da poda em locais que favorecem o vigor de crescimento (ex.: Serra Gaúcha), maior será o impacto negativo desta prática sobre a produtividade das gemas basais, que ficam nas plantas após a poda.

Alguns trabalhos recentes da Itália sobre esse tema defendem a hipótese de que o impacto negativo da poda tardia está associado ao dreno das reservas de carboidratos que as brotações apicais exercem sobre as gemas basais (Gatti *et al.*, 2016; Frioni *et al.*, 2016). Contudo, esta afirmação está incompleta pois não evidenciam como a redução de reserva de carboidratos pode reverter a fertilidade das gemas basais. Na videira, a formação dos órgãos reprodutivos envolve três fases principais, distribuídas em dois ciclos consecutivos de crescimento: a primeira estação, que ocorre no ciclo anterior à brotação, é destinada à

formação do primórdio indiferenciado (*anlagen*) e à diferenciação do primórdio indiferenciado em primórdio de inflorescência. Enquanto a segunda estação, pós brotação, é responsável pelo desenvolvimento das flores, culminando no florescimento. Portanto, todas as plantas que são podadas em diferentes datas, no final do inverno ou ao longo da primavera, estão com os mesmos primórdios de inflorescência que foram definidos no ciclo anterior. Se as gemas basais permanecem fechadas ou dormentes sobre a influência das brotações apicais, a simples variação nos níveis de carboidratos pode estimular uma desdiferenciação destes primórdios de inflorescência? Será que a variação nos níveis de carboidratos é tão expressiva que pode explicar toda a redução de produção que as plantas apresentam com o atraso na data de poda? Essas questões são importantes para se identificar as causas fisiológicas do impacto das podas tardias, ainda obscuras.

Salienta-se que no processo de desenvolvimento da inflorescência, desde a definição do primórdio até o desenvolvimento final da flor, os hormônios vegetais são considerados cruciais, especialmente auxinas, citocininas, giberelinas e suas vias bioquímicas associadas (Carmona *et al.*, 2008). As giberelinas, por exemplo, favorecem a iniciação do meristema lateral, mas inibem o avanço do desenvolvimento deste meristema para o primórdio de inflorescência, sendo esta etapa dependente das citocininas (Srinivasan & Mullins, 1981; Vasconcelos *et al.*, 2009). O balanço hormonal de uma planta também é muito variável e responsivo aos estresses bióticos e abióticos, ao genótipo (copa e porta- enxerto) e ao manejo adotado no vinhedo. Portanto, além do balanço entre citocininas e giberelinas, a fertilidade nas gemas basais pode ter sido afetada pelos níveis de auxina que as plantas com podas tardias podem apresentar, pois os brotos apicais são os principais tecidos fontes de auxinas e giberelinas (May, 2000).

Na literatura, já existem evidências de que a variação hormonal pode induzir a reversão de meristemas com primórdio de inflorescência em simples ramos vegetativos. Yahyaoui e colaboradores (1998) obtiveram a reversão do primórdio de inflorescência em um broto com três folhas e gavinha em gemas de ‘Pinot Noir’ e ‘Chardonnay’ cultivadas em meio de cultura com giberelina ou com giberelina associada a auxina. Portanto, a reversão ou desdiferenciação de estruturas reprodutivas em vegetativas é possível em gemas de videiras *in vivo*, principalmente com a intervenção destas classes hormonais.

Diante do exposto, além dos carboidratos, os hormônios podem ter relação com o fenótipo de redução na produção, em decorrência da poda tardia na Serra Gaúcha. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos que a poda tardia pode exercer

nas reservas e na regulação hormonal em gemas das variedades Chardonnay e Pinot Noir na Serra Gaúcha.

4.2 Material e Métodos

Área de estudos

A área de estudos está localizada no município de Pinto Bandeira-RS, nas dependências da Vinícola Cave Geisse, nas mesmas condições edafoclimáticas citadas no Capítulo 1. A área 1 é a correspondente da variedade Pinot Noir (*Vitis Vinifera* L.) e está localizada geograficamente em uma área de menor altitude com histórico de prejuízos por geadas tardias (29°08'39,2" Sul e 51°25'30,6" Oeste; 660 metros de altitude). As áreas 2 e 3 estão localizadas geograficamente em uma área de maior altitude dentro da propriedade (29°09'01,6" Sul e 51°25'39,2" Oeste; 738 metros de altitude). Na Área 2 está localizado outro vinhedo da variedade Pinot Noir e a área 3 contempla a variedade Chardonnay (*Vitis Vinifera* L.).

Análise anatômica de gemas

Para a análise anatômica de gemas dormentes de 'Chardonnay' e 'Pinot Noir', no ciclo 2016/2017 foram empregadas duas estratégias. Primeiro, foi realizada uma caracterização das gemas ao longo dos sarmentos para a definição da posição da gema fértil e, posteriormente, foi feita uma análise para determinação da viabilidade das gemas ao longo do tempo com as podas tardias.

Para a determinação da posição da gema fértil, foram coletados aleatoriamente 45 ramos, com 9 gemas cada, em 15 plantas de cada área de avaliação (Pinot Noir A, Pinot Noir B e Chardonnay) em três datas: 14/07/2017, 25/07/2017 e 15/08/2017. Em cada planta foram coletados 3 ramos; um do lado esquerdo, outro do lado direito e o terceiro do centro da planta. As gemas dormentes foram excisadas via corte rente ao ramo e, em seguida, cortadas longitudinalmente, de uma maneira suficiente para abri-las com o uso de pinça e bisturi, conforme metodologia proposta por Rosa *et al.* (2014). Com o auxílio de um estereomicroscópio (Opton NTB-3A) com ampliação focal média de 50 vezes foi verificada a presença ou não de primórdios de inflorescência. Verificou-se apenas a presença do primórdio de inflorescência, não sendo quantificado o total de primórdios

por gema dormente. Por fim, foi realizada a média de gemas férteis em cada posição da gema em relação ao sarmento, da 1ª até a 9ª gema. As imagens foram obtidas através de câmera fotográfica digital (Sony cybershot DSC-W210) acoplada ao estereomicroscópio.

Para a determinação da viabilidade das gemas ao longo do tempo com as podas tardias foram coletados aleatoriamente 105 ramos, com 2 gemas cada, em 30 plantas de cada área de avaliação (Pinot Noir A, Pinot Noir B e Chardonnay) em seis datas de coletas: 14/07/2017, 25/07/2017, 15/08/2017, 05/09/2017, 18/09/2017 e 03/10/2017. Estas, foram excisadas via corte rente ao ramo e, em seguida, cortadas longitudinalmente. Com auxílio de um estereomicroscópio (Opton NTB-3A) com ampliação focal média de 50 vezes foi verificado o estado em que as gemas se encontravam ao longo tempo conforme a classificação: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável. Foi realizada a média das observações em cada classificação da gema e em cada data de coleta. As imagens também foram obtidas através de câmera fotográfica digital (Sony cybershot DSC-W210) acoplada ao estereomicroscópio.

Coleta de gemas para análises bioquímicas

Em cada data de poda citada no Capítulo 1 foram coletadas gemas para as avaliações de amido, carboidratos solúveis e hormônios. No primeiro ciclo produtivo (2015/2016) foram coletadas gemas de três porções dos ramos (base - 1º à 5º gema; meio - 6º à 10º gema e ápice 11º à 15º gema). Os ramos foram selecionados aleatoriamente nas cinco plantas de cada bloco. Neste primeiro ciclo, foram coletadas gemas das três áreas, nas sete datas de poda (P1, 10/07/2015; P2, 03/08/2015; P3, 17/08/2015; P4, 31/08/2015; P5, 14/09/2015; P6, 28/09/2015; e P7, 14/10/2015) e em cinco blocos, totalizando 315 amostras. No segundo ciclo produtivo (2016/2017), as gemas foram coletadas apenas na porção basal dos ramos (devido estas ficarem após a poda para produção), em cinco plantas de cada bloco. Conforme o ciclo anterior, foram coletadas gemas das três áreas, nas sete datas de poda (P1, 13/07/2016; P2, 03/08/2016; P3, 16/08/2016; P4, 31/08/2016; P5, 14/09/2016; P6, 28/09/2016; e P7, 11/10/2016) e nos cinco blocos, totalizando 105 amostras.

No momento de cada coleta, as gemas foram cortadas dos sarmentos preservando 0,5 cm da porção do entrenó de cada lado (superior e inferior), congeladas no campo, imediatamente após o corte, em nitrogênio líquido (-192°C) em tubos tipo “falcon” de 50 mL (Figura 1, A, B e C). Os tubos de amostras foram transportados do campo em nitrogênio líquido e estocados em freezer -20°C até o momento do processamento. Posteriormente, estas amostras congeladas de gemas foram pré-trituradas em partículas menores, empregando-se um moinho Tecnal (Te-631/2), preservando o congelamento durante a moagem com nitrogênio líquido. Por fim, utilizou-se o moinho criogênico SPEX Sample Prep® (6870) (Figura 1D), o qual concilia o impacto com o congelamento em nitrogênio líquido para se obter a trituração final das amostras na consistência de pó, extremamente fino.

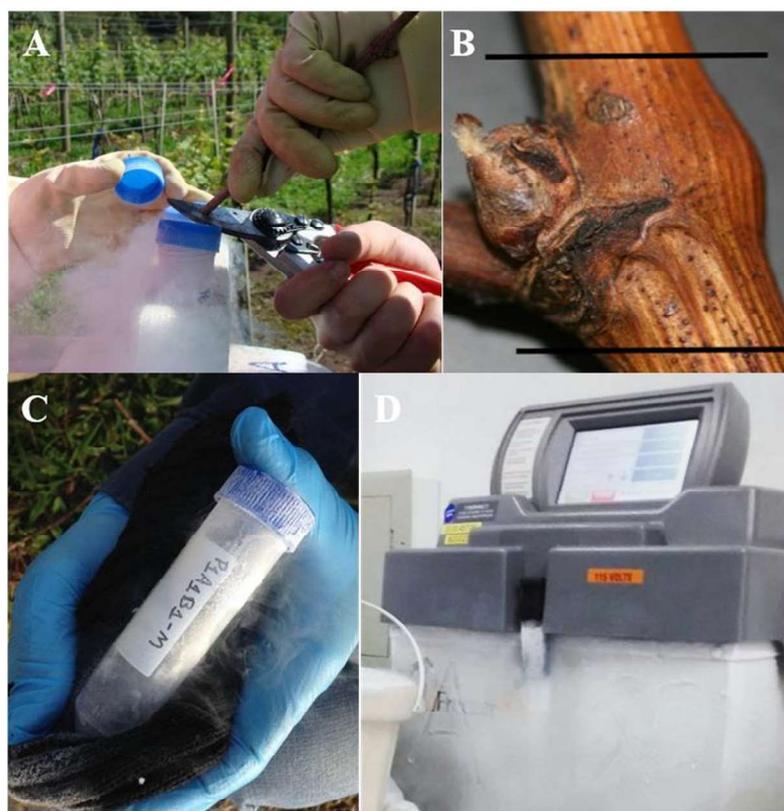


FIGURA 1. Processo de coleta das gemas no campo. A) Corte e congelamento imediato em nitrogênio líquido; B) Gema com porção do ramo; C) Tubos falcon com as gemas armazenadas e D) Moinho criogênico para trituração das amostras. Pinto Bandeira-RS, 2019.

Análise de carboidratos solúveis totais e amido

Para a extração e determinação das reservas de amido e carboidratos solúveis foi empregada a metodologia de análise enzimática, proposta por Arêas e Lajolo (1980), com modificações. Em microtubos de 2 mL foram pesados em balança analítica de precisão (Shimadzu AUW220D) 100 mg de amostras previamente trituradas em moinho criogênico das diferentes porções dos sarmentos (base, meio e ápice - considerando separadamente cada data de coleta, bloco, local de cultivo e cultivar) e ciclo produtivo. Foi adicionado 0,5 mL de etanol 80 %, colocando-se em banho maria à 80°C por 20 minutos. Após isso, foi centrifugado à 4,375 g (aproximadamente 10000 rpm) por 5 minutos em centrífuga (Jouan BR4). O sobrenadante foi retirado e guardado separadamente. Este procedimento foi repetido mais três vezes, totalizando um volume de 2 mL de sobrenadante, o qual corresponde à fração dos carboidratos solúveis totais.

Carboidratos solúveis totais

Esta fração de etanol que correspondente aos carboidratos solúveis foi submetida a análise, conforme metodologia proposta por Dubois *et al.* (1956) com modificações. Para curva padrão das leituras de carboidratos foi empregado o padrão de glicose (100 µg/mL, Labtest) em 6 níveis de concentração (0; 10; 20; 30; 40 e 50 µg/mL). Para a leitura foram utilizados 20 µL de amostra ou da curva padrão, 480 µL de água destilada, 500 µL de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após, realizou-se a leitura da absorbância em 490 nm, empregando-se um espectrofotômetro da Molecular Devices (Spectramax M2E). Confrontando os resultados de absorbância e a concentração da curva padrão, calculou-se a concentração (mg) de carboidratos solúveis totais para 100 mg de tecido.

Amido

A concentração de amido foi determinada por um método enzimático, conforme descrito por Amaral *et al.* (2007). Após a última etapa de extração dos açúcares solúveis, o resíduo sólido precipitado nos microtubos (*pellet*) foi seco nos mesmos microtubos, em estufa a 70°C durante a noite, para a evaporação do etanol. Após isso, em cada microtubo foi adicionado 500 µL de água destilada e 100 µL da enzima α -amilase (3000 U/mL, Megazyme). Após agitação, os microtubos foram colocados em banho maria à 80°C por 60 minutos, agitados a cada 20 minutos. Na sequência dessa etapa, adicionou-se 500

μL de tampão acetato de sódio 300 mM pH 4,8 e 30 μL de amiloglucosidase (3260 U/mL, Megazyme) e após agitação os microtubos permaneceram por 30 minutos em banho maria à 50°C, seguido de agitação a cada 15 minutos. Por fim, para parar a ação enzimática adicionou-se 500 μL de ácido perclórico 0,8M e centrifugou-se a 4,375 g por 5 minutos. Todos esses extratos foram submetidos a uma quantificação do teor de glicose liberada do amido, empregando-se o complexo enzimático GOD POD (Labtest). Para isso, foram utilizados 10 μL de amostra, 10 μL de água destilada e 150 μL de GOD POD, seguido de uma leitura em absorvância de 490 nm em espectrofotômetro (Molecular Devices, Spectramax M2E). Como padrão, utilizou-se uma solução de glicose (Labtest), no mesmo volume das amostras e com 5 variações de concentração (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 $\mu\text{g}/\text{m}$), para ajuste dos cálculos de absorvância em relação à concentração. Os resultados em μg de glicose foram transformados para mg de amido por mg de tecido, reduzindo-se 10% da massa obtida em glicose, conforme Amaral *et al.*, (2007).

Análise de hormônios

As amostras de gemas e ramos coletados nos dois ciclos produtivos (2015/2016 e 2016/2017) também foram utilizadas para a extração e determinação de hormônios em UPLC-MS/MS (*Ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry*). O protocolo utilizado foi desenvolvimento por Garighan (2017) no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Uva e Vinho, e validado para quantificação hormonal em gemas de macieira e videira. O método é sensível e ajustado para a quantificação de oito hormônios: Ácido Abscísico (ABA), Ácido Indol-acético (AIA), Ácido Salicílico (AS), Ácido Jasmônico (AJ), Ácido Giberélico 4 (GA4), Ácido Giberélico 3 (GA3), Zeatina (Z) e Trans-Zeatina-Riboside (tZ-R).

Para a extração dos hormônios, uma sub-amostra de cada repetição previamente triturada (trituração fina) foi pesada (500 mg) em tubo falcon de 15 mL, nos quais foram adicionados 4 mL de solução de extração e mantido a -20°C por 1 hora. Em seguida, os tubos foram mantidos durante 25 minutos a 4°C em banho de ultrassom com gelo, seguido por centrifugação a 1750 g por 30 minutos a 4°C e coleta do sobrenadante. O *pellet* foi re-extraído mais 2 vezes, com 3 mL de solução de extração em cada vez, mantendo-se 2 horas (segunda extração) e 4 horas (terceira extração) a -20°C, sendo sonicado no final de cada etapa na mesma condição descrita anteriormente. Após a última centrifugação,

todos sobrenadantes foram combinados, secos em concentrador de vácuo e resuspendidos em 2 mL de água. As amostras resuspensas foram purificadas em colunas SPE (extração em fase sólida) de troca catiônica Oasis MCX (Waters). Após o carregamento das amostras no SPE e lavagem com 2 mL de água ácida (ácido fórmico 1 M), a fração hormonal retida foi eluída reunindo-se as frações de 3 mL de metanol; 1 mL de água; 1,5 mL de metanol:água (4:1, v:v) + 0,008 M hidróxido de amônia; 1,5 mL de metanol:água (4:1, v:v) + 0,08 M hidróxido de amônia; 2 mL de metanol:água (4:1, v:v) + 0,8 M hidróxido de amônia, totalizando 9 mL para eluição de cada. Essa fração hormonal eluída foi novamente reduzida em concentrador de vácuo até um volume médio de 100 μ L (anotando-se o volume para cada amostra), seguido de uma filtragem através de filtro PTFE de 0,22 μ m em vials, para serem empregados na etapa final de quantificação.

Para a etapa de quantificação, foi utilizado um sistema UPLC de bomba quaternária (Acquity UPLC™ System, Waters, USA), equipado com amostrador automático e refrigerado (4°C), onde permaneceram os vials das amostras durante a análise. Na separação cromatográfica foi empregado uma coluna Acquity UPLC BEH C18 (Waters, EUA) (2,1 x 50 mm, 1,7 μ m), em conjunto com pré-coluna Acquity UPLC BEH C18 (Waters, EUA) (2,1 x 5 mm, 1,7 μ m). A fase móvel consistiu de uma mistura binária do eluente A (água com 0,1 % de ácido fórmico) e do eluente B (acetonitrila com 0,1 % de ácido fórmico). O gradiente foi de 1 % a 20 % de B em 2 minutos, de 20 % a 38 % em 4,2 minutos e então de 38 % até 100 % em 6,5 minutos, sendo mantido assim até 8,5 minutos e retorno para condição inicial de 1 % de B em 8,6 minutos até 9,5 minutos, com um fluxo de 0,3 mL.min⁻¹ e com uma temperatura de coluna de 40°C. Foi aplicado um volume de injeção de 5 μ L de amostra em todas as análises. Para detecção foi empregado um sistema de espectrometria de massa do tipo quadrupolo triplo (Waters, modelo Xevo™ TQ), equipado com interface ESI e ajustado com as seguintes condições: tensão capilar, 2,5 kV; Temperatura da fonte, 150°C; temperatura de dessolvatação de 500°C; Fluxo do gás de dessolvatação (nitrogênio), 600 L.h⁻¹; Fluxo de gás no cone (nitrogênio), 100 L.h⁻¹; e fluxo do gás de colisão (argônio), 0,5 mL.min⁻¹. Na detecção foi empregado o modo de monitoramento de reação múltipla (MRM), cujos parâmetros de detecção de MS/MS foram previamente otimizados para cada hormônio, considerando, respectivamente, os dados de transições (m/z), voltagem do cone (V), voltagem de colisão para fragmentação (V), modo de ionização (positivo ou negativo) e tempos de retenção (min) para ABA (263>153, 40, 20, negativo, 3,56 min), AS (137>93, 34, 18, negativo, 3,05 min); AJ (209>59, 24, 17, negativo, 4,34 min), Z (220>136, 30, 17, positivo,

1,91 min), tZ-R (352>136, 25, 27, positivo, 2,10 min), GA3 (331>213, 60, 32, negativo, 2,60 min), GA4 (345>142, 35, 23, negativo, 5,44 min), AIA (174>130, 18, 12, positivo, 3,06 min) e AIA-d2 (178>132, 18, 12, positivo, 3,06 min). Para a curva padrão, foram pesadas com precisão porções sólidas dos padrões ABA (A1049), AS (S5922), GA3 (G7645), GA4 (G7276), AJ (J2500), AIA (I2886), AIA-d2 (492817), Z (Z0164), tZ-R (Z3541) (Sigma-Aldrich) e dissolvidos em metanol para preparação de 1 mg.mL⁻¹ de solução estoque. Todas as soluções foram armazenadas no escuro e foram diluídas em série de metanol imediatamente antes da utilização. A curva padrão, com a sequência de concentração de 5, 10, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 ng.mL⁻¹, foi preparada em três diluições independentes na matriz da amostra (38 % de amostra em metanol) com análise/quantificação em LC-MS/MS em triplicata. Para a quantificação, foram respeitados os limites de detecção (LOD, superior a 3) e de quantificação (LOQ, superior a 10) para a razão sinal/ruído de cada hormônio, utilizando o software TargetLynx™ (Waters, EUA). Para determinar a eficiência de recuperação e o efeito da matriz, 100 ng.mL⁻¹ de padrões foram incrementados em uma amostra (repetição) de cada bloco no início da extração. A recuperação e o efeito da matriz foram determinados pela comparação das áreas de pico do padrão analítico acrescido antes e após a extração.

Análises estatísticas

Os dados foram compilados em planilhas Excel® e para a maioria das variáveis, foi feita análise de variância (ANOVA) separadamente para cada área, sendo as médias de diferentes datas de poda comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Outras análises complementares incluíram a avaliação do efeito da posição da gema no ramo sobre a fertilidade e o teste individualizado do efeito da data de poda em diferentes estados da gema (fértil, não fértil, necrosada ou apenas a segunda gema viável). Nessas análises complementares, as médias também foram comparadas com o teste de Tukey.

4.3 Resultados

Considerando os contrastes meteorológicos que foram registrados nos ciclos 2015/16 e 2016/17 (Capítulo 1), enquanto o primeiro foi mais restritivo em disponibilidade de frio e brotação, com registros até de geada tardia, o segundo foi favorável em disponibilidade de frio e condições para brotação.

Análise anatômica de gemas

Inicialmente, a análise anatômica de gemas de ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ nas três áreas de cultivo serviu para caracterizar a distribuição da fertilidade em relação à posição nos sarmentos. No aspecto geral, em todas as cultivares e locais não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,01$) em fertilidade de gemas (Figura 2). Contudo, em todas as cultivares observa-se uma tendência da porção de gemas 6-9 dispor de maior fertilidade do que a posição 1. Na ‘Chardonnay’, enquanto esta primeira posição de gema franca (latente) teve 71,1% de fertilidade, a nona gema teve 91,1 %. Esta mesma tendência foi registrada na ‘Pinot Noir’ A, com 64,4 % na primeira gema e 84,4 % na nona gema. A exceção foi na ‘Pinot Noir’ B, onde a primeira e na última gema avaliada atingiram 77,7 % de fertilidade média, sendo a 7ª gema a mais fértil (88,8%).

Estes resultados demonstram o potencial de fertilidade que as gemas apresentaram em relação a posição, cultivar e local. Além disso, considerando as pequenas variações de fertilidade ao longo do sarmento, independente do sistema de poda que for adotado, (poda curta, tipo cordão esporonado com 2 gemas ou poda longa com varas, tipo Guyot) o potencial produtivo destas plantas tenderá ser o mesmo. Conforme Vasconcelos *et al.* esta fertilidade nas gemas foi definida no ciclo vegetativo anterior e representa todo o potencial de produção de brotos férteis (com cacho) nas plantas destas áreas. Evidencia-se também que poda muito curta (1 gema) poderá ter um significativo impacto produtivo nestas plantas.

Na caracterização da viabilidade das gemas, em função das diferentes datas de poda tardia, observa-se reduções significativas do potencial de fertilidade inicial em todas as cultivares e locais de cultivo (Figuras 3, 4 e 5).

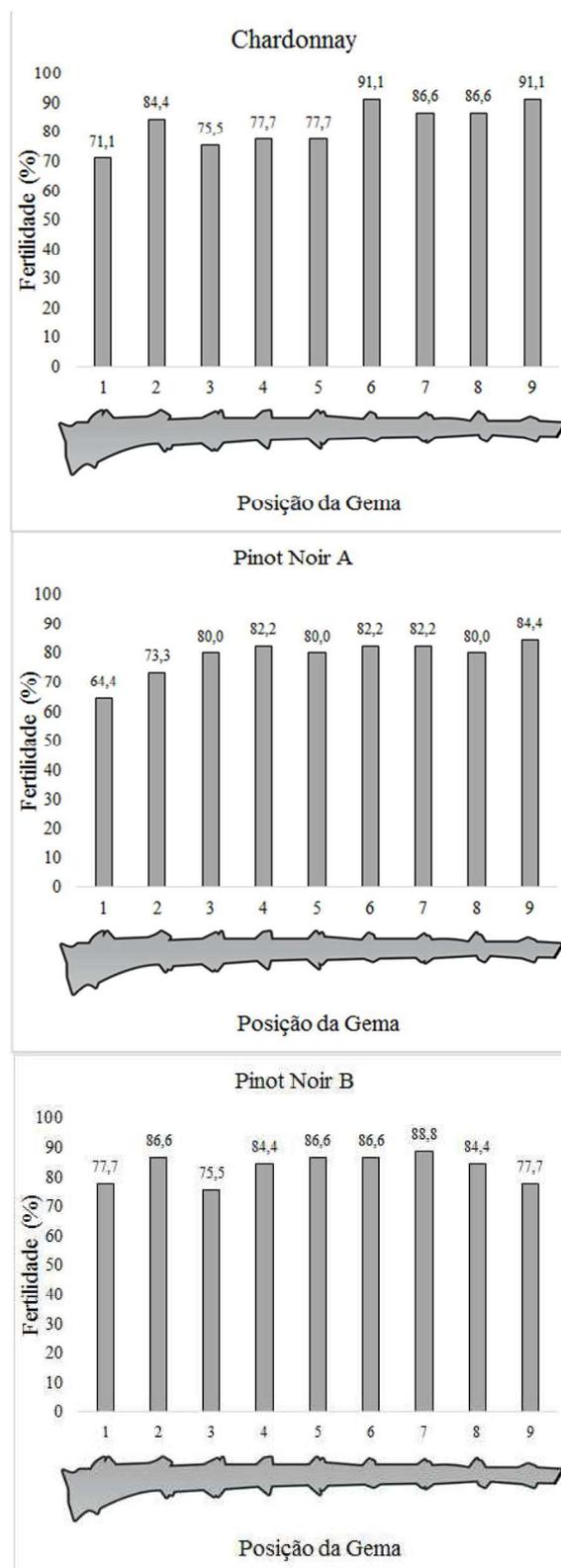


FIGURA 2. Percentual (%) de gemas férteis (com presença de primórdios de inflorescência visível e desenvolvido) em diferentes posições do ramo de ano (sarmento) nas variedades Chardonnay e Pinot Noir com relação à posição no ramo de produção no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2019.

Na ‘Chardonnay’, nas quatro primeiras coletas, ou seja, até a primeira quinzena de setembro, as gemas avaliadas apresentaram, em média, 84,47 % de gemas férteis. Contudo, nas duas coletas subsequentes (18/09 e 03/10) a proporção de gemas férteis foi reduzida para apenas 38,56 %. Com relação às gemas não férteis, ou seja, gemas que estavam viáveis no momento das avaliações e não apresentaram primórdios de inflorescência, não houve diferenças estatísticas ($p>0,01$) entre as datas de coleta, com média de 16,42 %. Não foram verificadas gemas necrosadas (mortas) nas três primeiras datas de coleta na ‘Chardonnay’. Porém, houve um aumento expressivo de gemas necrosadas nas três últimas datas de coleta, principalmente nas duas últimas datas. Em 18/09 foi verificado o maior percentual de gemas necrosadas (45,71 %), não diferindo da coleta de 03/10, com 28,57 % de gemas necrosadas. Gemas primárias necrosadas, mas que mantiveram a gema secundária viável foram observadas somente nas coletas de 18/09 e 03/10, atingindo um percentual médio de 20,71% e não diferindo estatisticamente ($p>0,01$) entre estas duas datas (Figura 3).

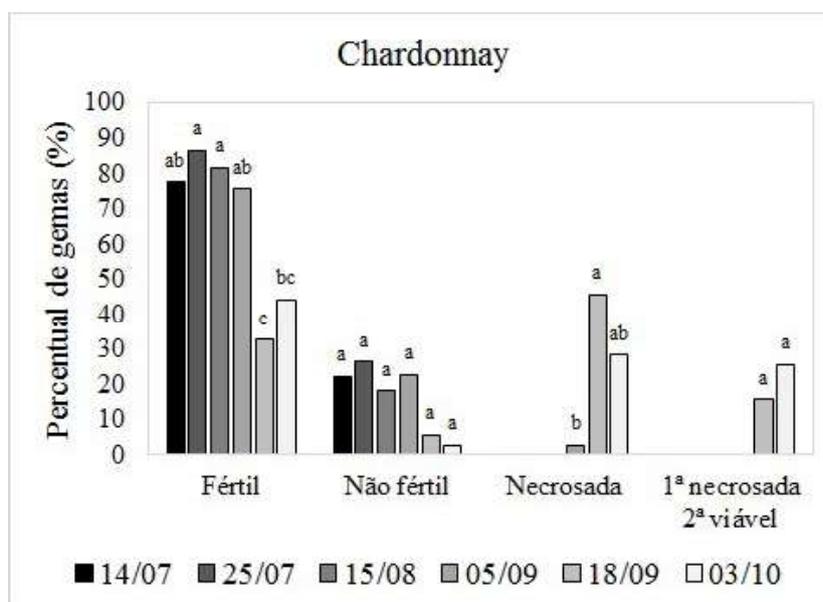


FIGURA 3. Percentual (%) de gemas basais nas classificações de: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável, com relação à data de coleta e avaliação na variedade Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2019. *Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma classificação de gema não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.

O percentual (%) de gemas em cada classificação e em cada data de coleta na variedade Pinot Noir A pode ser visualizado na Figura 4. Assim como na

‘Chardonnay’, foram encontradas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$) entre as datas de avaliação para a classificação de gema fértil, sendo o padrão similar ao encontrado na variedade anterior. Nas quatro primeiras datas de avaliação, o percentual de gemas férteis observado foi de 72,60 %, com redução nas últimas duas datas de avaliação. Em 18/09, o percentual de fertilidade foi de 27,14 %, caindo para 18,57 % em 03/10. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,01$) entre as datas de avaliação para a classificação de gema “não fértil”, com média entre as datas de 19,21 %. Foram encontradas gemas necrosadas a partir da avaliação de 05/09, com média de 29,04 % de gemas mortas nas três últimas avaliações. Nas avaliações de 18/09 e 03/10 foram observadas 30,71 % de gemas com a gema primária necrosada e a secundária viável.

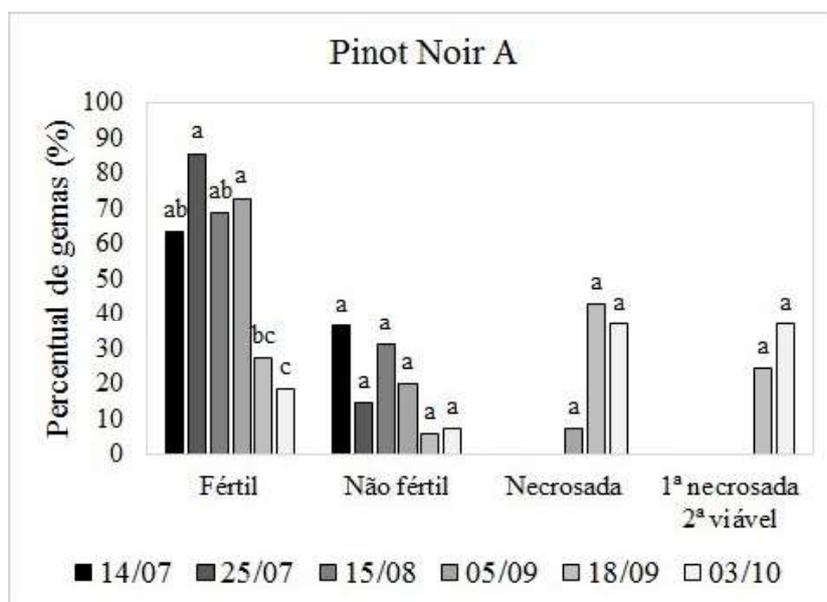


FIGURA 4. Percentual (%) de gemas basais nas classificações de: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável, com relação à data de coleta e avaliação na variedade Pinot Noir A (*Vitis vinifera* L.) no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2019. *Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma classificação de gema não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.

A variedade Pinot Noir B (Figura 5) seguiu o comportamento das duas áreas avaliadas anteriormente (Figuras 3 e 4). Foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$) para a classificação de gema fértil com relação às datas de coleta e avaliação. Nas quatro primeiras datas, o percentual de gemas férteis foi, em média, de 79,52 %, enquanto em 18/09 e 03/10, o percentual de gemas com no mínimo um primórdio de inflorescência foi de 27,14 %.

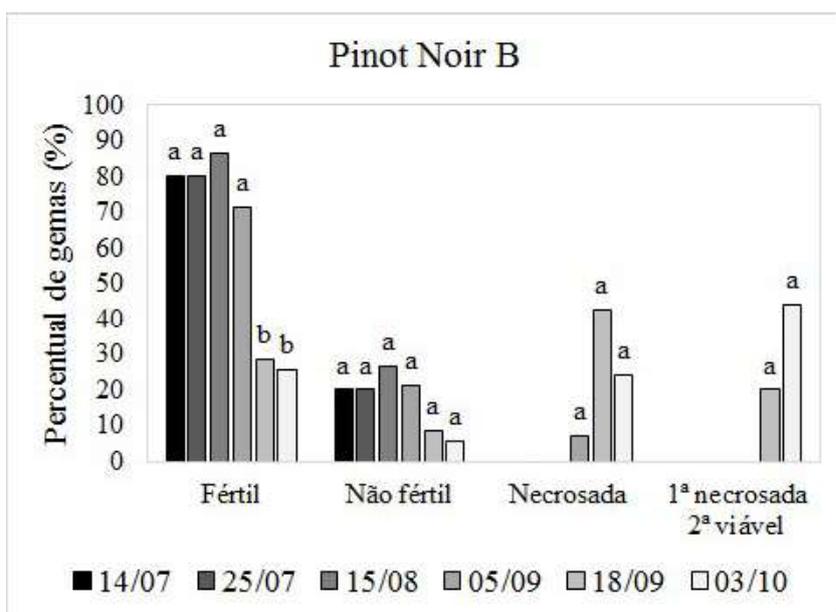


FIGURA 5. Percentual (%) de gemas basais nas classificações de: (1) gema fértil, (2) gema não fértil, (3) gema necrosada e (4) gema primária necrosada e secundária viável, com relação à data de coleta e avaliação na variedade Pinot Noir B (*Vitis vinifera* L.) no ciclo 2017/2018. Pinto Bandeira-RS, 2019. *Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma classificação de gema não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.

As gemas classificadas como “não fértil” não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p > 0,01$) com relação à data de coleta e avaliação, assim como nas variedades descritas anteriormente, com média de 17,06 % entre as datas. Gemas necrosadas foram observadas nas últimas três datas de coleta de ramos (24,75 %) e, gemas primárias necrosadas com a secundária viável foram observadas nas duas últimas datas de coleta e avaliação (32,14 %).

Com base neste conjunto de registros de fertilidade e características anatômicas das gemas basais, nota-se que, independente do genótipo ou local de cultivo, o atraso na data de poda induziu uma redução no percentual de gemas férteis e um aumento no percentual de gemas necrosadas. Portanto, o impacto na produção conforme se atrasa a época de poda (Capítulo 1) está intimamente associado à necrose da gema primária ou à necrose total da gema (Figura 6).

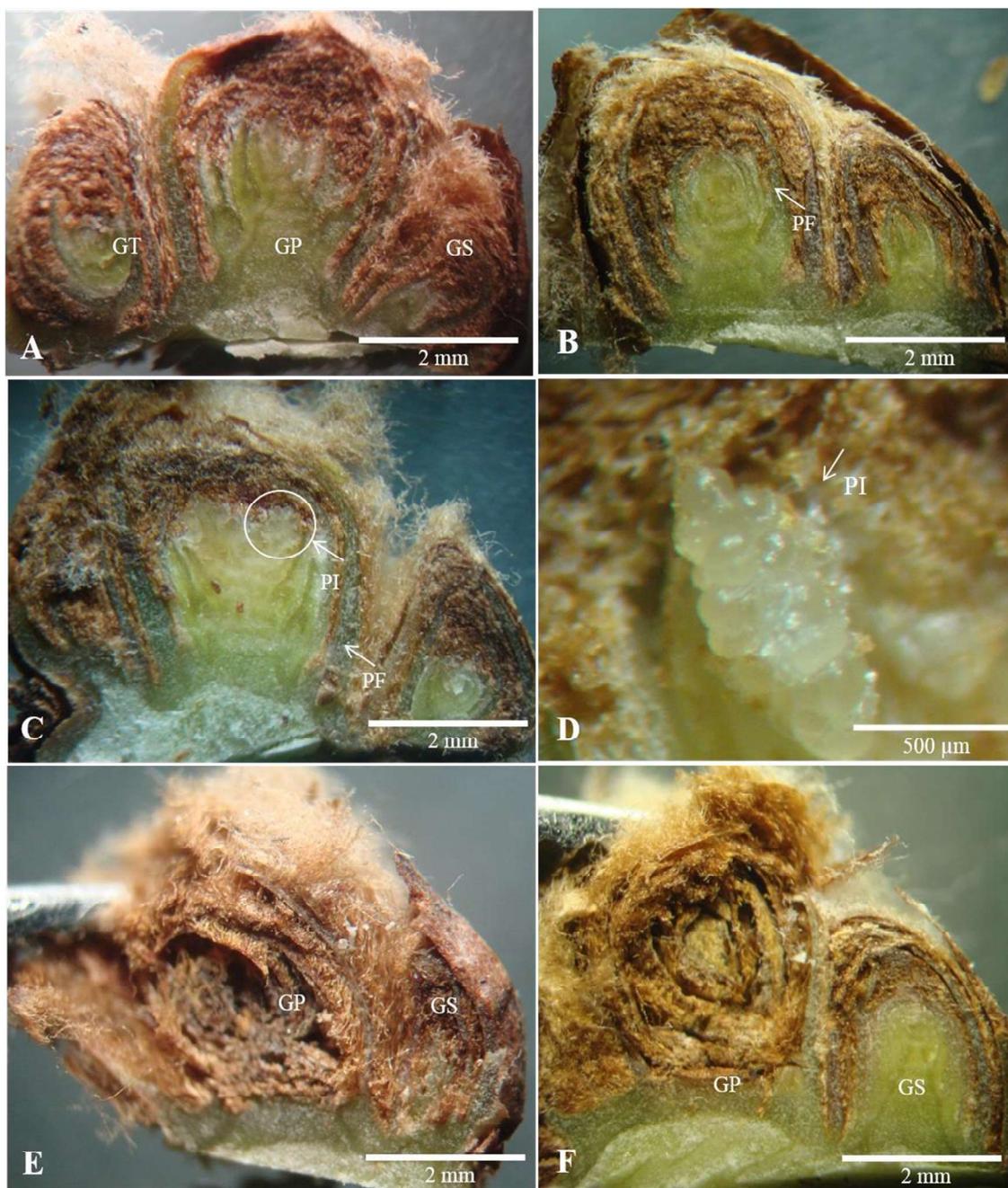


FIGURA 6. Anatomia de gemas basais da variedade Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) observadas em corte longitudinal. A) Gema composta evidenciando a gema primária, secundária e terciária; B) Gema viável, mas não fértil; C) Gema fértil; D) Primórdio de inflorescência em destaque em gema fértil; E) Gema necrosada e F) Gema primária morta e secundária viável. GT - gema terciária; GP - gema primária; GS - gema secundária; PF - primórdio foliar; PI - primórdio de inflorescência. Pinto Bandeira-RS, 2019.

Na Figura 6A pode ser observada gema composta de videira da variedade Chardonnay, evidenciando a gema primária, secundária e terciária. Em B, pode ser visualizada gema composta fértil, ou seja, com primórdio de inflorescência na

gema primária. Em D, o primórdio de inflorescência em destaque, assemelhando-se a um cacho de uva em miniatura. Já em E, pode ser visualizada a gema totalmente necrosada, observada nas coletas de 05/09, 18/09 e 03/10. Em F, gema primária necrosada e secundária viável, mas não fértil, observada nas coletas de 18/09 e 03/10.

Análise de carboidratos solúveis totais e amido

Em todas as primeiras datas de poda (coleta) foram registrados os menores teores de amido, independente do genótipo, local de cultivo e porção do ramo (Tabela 1). A partir da segunda data já se observa um leve aumento (podas 4 e 5), seguido de uma redução nas últimas datas (podas 6 e 7). Essa variação no teor de amido nas gemas está associada ao comportamento dinâmico deste carboidrato, atuando tanto como reserva de longo prazo quanto uma reserva temporária, regulando a proporção de açúcares livres redutores nos tecidos (Keller, 2010). Após as plantas passarem pelo período da dormência no inverno, a videira reinicia a atividade do sistema radicular por ação da temperatura do solo. As reservas de carbono, principalmente amido, tornam-se disponíveis pela ação de enzimas específicas e os produtos (dissacarídeos e monossacarídeos) são mobilizados para os tecidos meristemáticos ativos (gemas em brotação) para garantir o crescimento de brotos e novos tecidos fotossintéticos (Keller, 2010). A reserva de amido inicial das gemas (poda 1) foi acumulada no ciclo anterior e pode ter sido utilizada parcialmente no período de inverno para manutenção destes tecidos ou para o início da brotação, sem ainda ter sido mobilizada as reservas de carbono de outras partes da planta (ex.: raízes). A mobilização parcial deste amido inicial é caracterizada pela maior proporção de carboidratos solúveis nas amostras da primeira poda (Tabela 2). Portanto, isso explica o menor teor inicial e o incremento de amido transitório na sequência, caracterizando um maior influxo de carbono de outros tecidos para as gemas com avanço da primavera. Isso fica mais evidente nas podas 4 e 5 por exemplo (início e meados de setembro), onde a diferença de potencial osmótico existente entre a raiz e a gema faz com que as reservas da raiz sejam direcionadas por fluxo de massa, via xilema, até as gemas da parte aérea.

TABELA 1. Teores de amido (mg/mg) na posição basal (1ª a 5ª gema), mediana (6ª a 10ª gema) e apical (11ª a 15ª gema) em ramos das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.

	Base	Meio	Ápice	Média	CV (%) Combinado
-----Chardonnay-----					
(P1)	0,024 b	0,024 c	0,027 abc	0,025	0,13
(P2)	0,032 ab	0,039 a	0,038 a	0,036	
(P3)	0,042 a	0,036 ab	0,039 a	0,039	
(P4)	0,030 ab	0,036 ab	0,030 ab	0,032	
(P5)	0,035 ab	0,043 a	0,032 ab	0,036	
(P6)	0,031 ab	0,034 abc	0,025 bc	0,030	
(P7)	0,031 ab	0,025 bc	0,016 c	0,024	
-----Pinot Noir A-----					
(P1)	0,020 d	0,023 c	0,033 a	0,025	0,11
(P2)	0,029 cd	0,033 abc	0,036 a	0,032	
(P3)	0,044 a	0,043 a	0,038 a	0,041	
(P4)	0,040 ab	0,042 a	0,040 a	0,040	
(P5)	0,033 bc	0,037 ab	0,035 a	0,035	
(P6)	0,030 bcd	0,036 ab	0,029 ab	0,031	
(P7)	0,025 cd	0,030 bc	0,019 b	0,024	
-----Pinot Noir B-----					
(P1)	0,028 bc	0,030 b	0,031 ^{ns}	0,029	0,18
(P2)	0,026 c	0,029 b	0,033	0,029	
(P3)	0,033 bc	0,041 ab	0,035	0,036	
(P4)	0,047 a	0,045 ab	0,043	0,045	
(P5)	0,036 abc	0,050 a	0,037	0,041	
(P6)	0,033 bc	0,034 ab	0,037	0,034	
(P7)	0,038 ab	0,041 ab	0,030	0,036	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10.

Pode ser verificado que, independente da porção do ramo onde as gemas foram coletadas, nas primeiras podas há diminuição dos teores de amido, sendo que, com o passar da época de poda há um leve aumento (podas 4 e 5) e após isso, nas podas 6 e 7 há redução do amido novamente.

No aspecto geral, as variações nos teores de carboidratos não seguem as mesmas variações de produção das últimas datas de poda, registradas no capítulo 1. Se observarmos a última data de poda, verifica-se uma similaridade no teor de amido e até um aumento na concentração de carboidratos solúveis, possivelmente provindos da atividade fotossintética das folhas dos brotos apicais (Tabelas 1 e 2). Portanto, ao contrário das afirmações que defendem a importância de carboidratos ou o efeito

principal da variação de carboidratos sobre a fertilidade (Botelho *et al.*, 2006; Vasconcelos *et al.*, 2009; Munhoz *et al.*, 2016), os níveis de carboidratos solúveis e reservas de amido não explicam as quedas de fertilidade que são registradas nas gemas basais de videiras submetidas ao atraso na data de poda em locais com maior vigor de brotação.

TABELA 2. Teores de carboidratos solúveis totais (mg/100 mg) na posição basal (1^a a 5^a gema), mediana (6^o a 10^o gema) e apical (11^o a 15^o gema) em ramos das variedades Chardonnay e Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ciclo 2015/2016. Pinto Bandeira-RS, 2016.

	Base	Meio	Ápice	Média	CV (%) Combinado
-----Chardonnay-----					
(P1)	1,37 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,40	7,54
(P2)	1,15	1,34	1,52	1,33	
(P3)	1,10	0,92	0,99	1,00	
(P4)	0,99	1,04	1,00	1,01	
(P5)	1,13	1,08	0,84	1,01	
(P6)	1,23	0,92	1,23	1,12	
(P7)	0,97	0,93	1,12	1,00	
-----Pinot Noir A-----					
(P1)	2,46 a	1,71 a	1,92 a	2,03	9,80
(P2)	1,87 ab	1,85 a	1,65 a	1,79	
(P3)	1,10 bc	0,84 b	0,87 b	0,93	
(P4)	1,15 bc	1,13 b	1,11 b	1,13	
(P5)	0,87 c	0,96 b	0,79 b	0,87	
(P6)	0,89 c	0,73 b	1,05 b	0,89	
(P7)	1,27 bc	1,12 b	1,06 b	1,15	
-----Pinot Noir B-----					
(P1)	2,51 a	2,17 a	2,22 a	2,30	7,20
(P2)	2,05 b	1,74 ab	1,76 ab	1,85	
(P3)	1,17 c	1,40 b	1,13 bc	1,23	
(P4)	1,16 c	1,09 b	1,02 c	1,09	
(P5)	1,15 c	1,14 b	0,83 c	1,04	
(P6)	0,75 d	1,19 b	0,97 c	0,97	
(P7)	1,50 c	1,17 b	1,03 c	1,23	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (entre datas de poda da mesma variedade) não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade. ns = dados não significativos. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10.

Análise de hormônios

Quando se confronta o atraso da poda com a variação das diferentes classes de hormônios, observa-se alguns contrastes significativos entre datas, genótipos e ciclos de produção.

Na Figura 7 pode ser observada a concentração de AIA em ng/g tecido (massa seca) nas gemas basais das variedades Chardonnay e Pinot Noir nos anos 2015 e 2016 com relação à data de poda. Nos dois anos, pode ser verificado aumento da concentração deste hormônio com o atraso da época de poda. Em 2016, há um pico na concentração deste hormônio principalmente nas podas 4 e 5, que são respectivamente, as podas da segunda quinzena de agosto e da primeira quinzena de setembro. Estes picos nestas duas épocas de poda corroboram com o início do maior crescimento vegetativo nos ápices das plantas não podadas, conforme verificado no Capítulo 1.

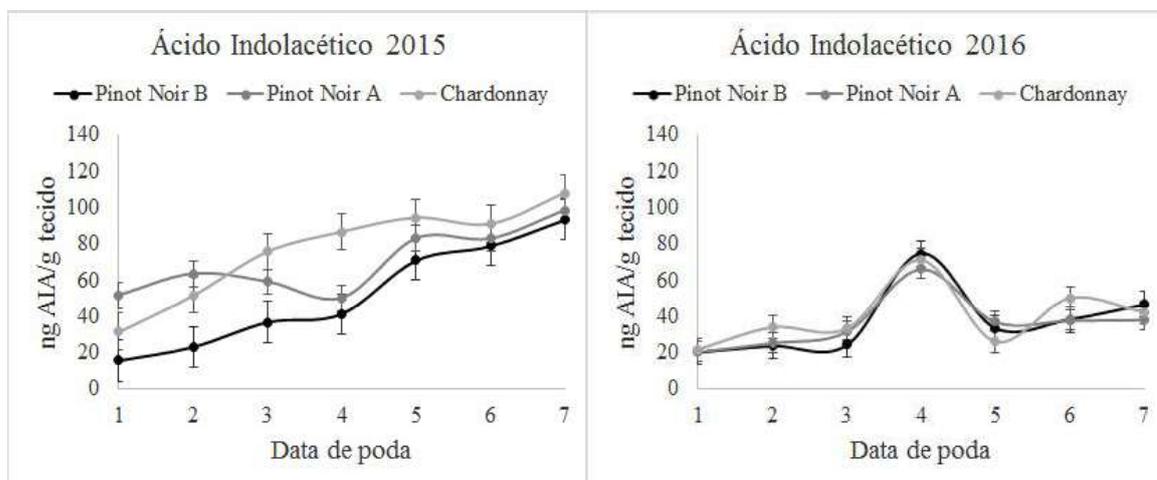


FIGURA 7. Ng AIA/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. 2016: (P1) 13/07; (P2) 03/08; (P3) 16/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 11/10. Pinto Bandeira-RS, 2019. Barras em cada ponto representam o erro padrão.

A menor evolução nos níveis endógenos de AIA na ‘Pinot B’, pode estar relacionado ao fato destas plantas serem mais velhas, com maior carga de gemas por planta e, conseqüentemente, menor vigor de crescimento dos brotos apicais. Isso

também corrobora com o menor impacto das podas tardias sobre a produção destas plantas, comparado com as plantas de ‘Pinot A’ e ‘Chardonnay’.

A Figura 8 apresenta a concentração da citocinina zeatina em ng/g tecido nas gemas basais coletados nas sete épocas de poda dos anos 2015 e 2016. É nítida a redução da concentração deste hormônio ao longo do tempo, ou seja, com o atraso da época de poda, nas três áreas estudadas, principalmente em 2015. As citocininas são importantes hormônios relacionados à diferenciação floral, especialmente na fase de formação das flores, o que corrobora com os resultados de redução da fertilidade com as podas tardias. Segundo Müller & Leyser (2011) as citocininas podem ser sintetizadas em qualquer tecido, mas o AIA inibe a síntese deste hormônio. Por isso, as raízes são os principais tecidos fonte de citocinina. Isso também explica a redução de zeatina ao longo das datas de poda, pois com o crescimento apical há um aumento de AIA e este reduz a síntese de Z.

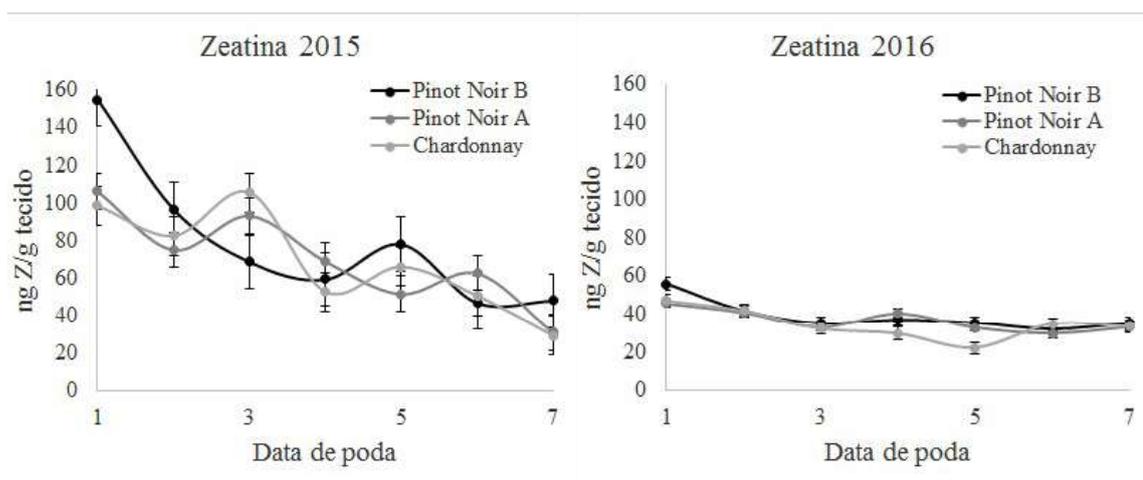


FIGURA 8. Ng Z/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. 2016: (P1) 13/07; (P2) 03/08; (P3) 16/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 11/10. Pinto Bandeira-RS, 2019. Barras em cada ponto representam o erro padrão.

A concentração em ng/g tecido de trans-zeatina-riboside, uma forma conjugada da zeatina, é apresentada na Figura 9. Em 2015, a concentração deste hormônio segue o padrão observado em zeatina (Figura 8) com redução na concentração deste hormônio com o atraso da poda hiberna. Já em 2016, há um pico de trans-zeatina principalmente nas podas de agosto, com redução em 14/09 e novamente picos deste hormônio nas duas últimas datas de poda.

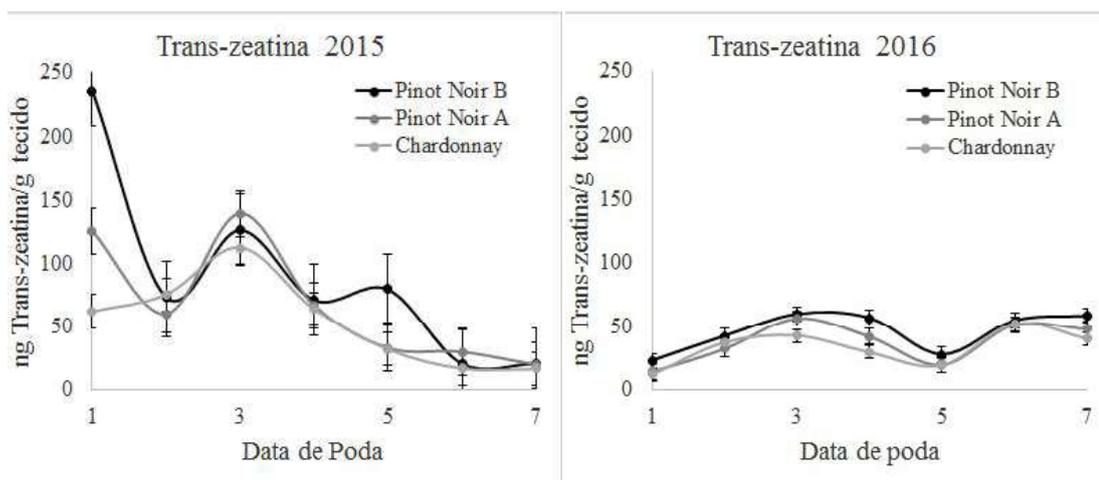


FIGURA 9. Ng Trans-zeatina-riboside/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. 2016: (P1) 13/07; (P2) 03/08; (P3) 16/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 11/10. Pinto Bandeira-RS, 2019. Barras em cada ponto representam o erro padrão.

Com relação ao ABA, em ambos ciclos de produção (2015/16 e 2016/17) a ‘Chardonnay’ teve um nível endógeno muito superior, em relação à Pinot Noir (Figura 10).

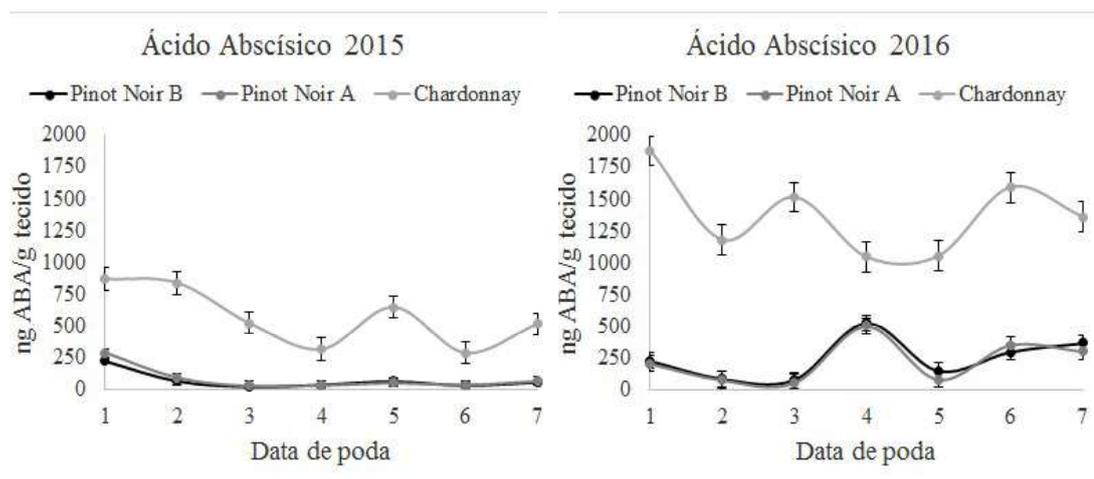


FIGURA 10. Ng ABA/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. 2016: (P1) 13/07; (P2) 03/08; (P3) 16/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 11/10. Pinto Bandeira-RS, 2019. Barras em cada ponto representam o erro padrão.

No primeiro ciclo (2015/16), nota-se uma maior concentração deste hormônio na poda 1 (julho) em ambos genótipos, o que está de acordo com o estado dormente das gemas. Neste ciclo, verifica-se que a tendência de redução é quebrada com um pico na poda 5. Essa variação ocorreu em ambos genótipos, mais expressivamente na Chardonnay (Figura 10).

O Ácido salicílico em ng/g tecido (massa seca) nas gemas basais da ‘Chardonnay’ e das duas áreas de ‘Pinot Noir’ pode ser visualizado na Figura 11. Pode ser verificado uma tendência de decréscimo dos picos de AS com o atraso da poda hiberna nos dois anos estudados. Em 2015, as maiores concentrações de AS, nas três variedades, são observadas nas podas 1 e 2 (10/07 e 03/08). Comportamento similar é verificado no ano 2016.

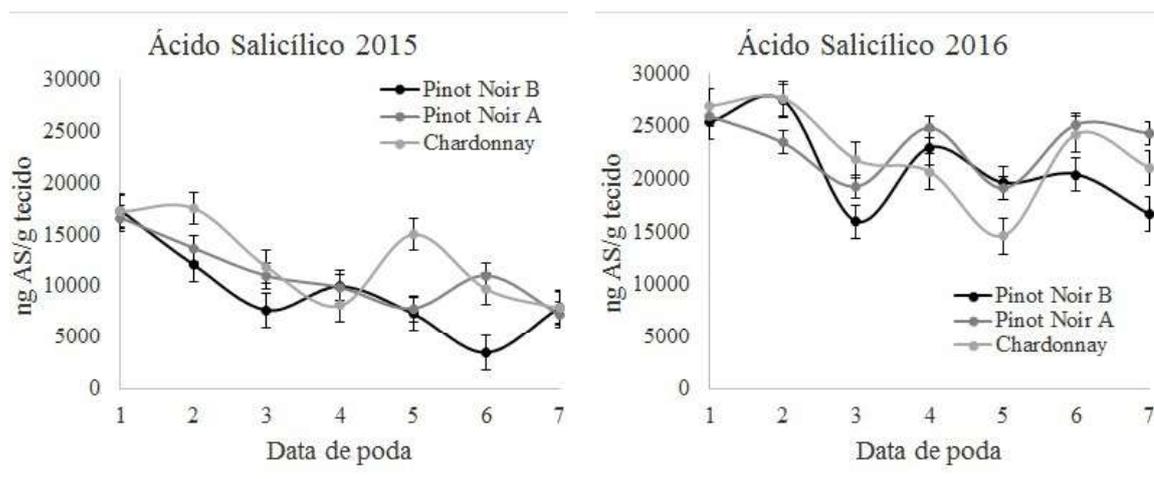


FIGURA 11. Ng AS/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. 2016: (P1) 13/07; (P2) 03/08; (P3) 16/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 11/10. Pinto Bandeira-RS, 2019. Barras em cada ponto representam o erro padrão.

Comportamento oposto ao hormônio ácido salicílico é verificado nas concentrações do ácido Jasmônico (Figura 12). Com o atraso da poda hiberna, observa-se aumento nas concentrações de AJ nos dois anos, principalmente nas podas 6 e 7, que correspondem às podas da segunda quinzena de setembro e primeira quinzena de outubro.

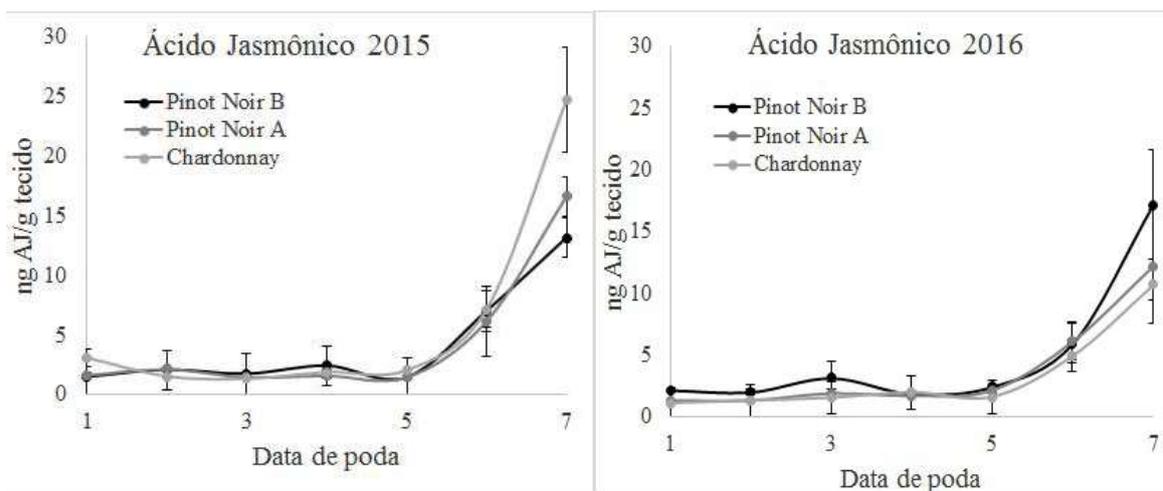


FIGURA 12. Ng AJ/g tecido nas gemas basais das variedades Chardonnay, Pinot Noir A e Pinot Noir B com relação à época de poda nos anos 2015 e 2016. Datas de podas: 2015: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. 2016: (P1) 13/07; (P2) 03/08; (P3) 16/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 11/10. Pinto Bandeira-RS, 2019. Barras em cada ponto representam o erro padrão.

A seguir são apresentados os resultados hormonais com relação à posição do ramo (base, meio e ápice), nas três áreas estudadas no ciclo 2015/16.

Assim como verificado na Figura 8, nas gemas basais, as maiores concentrações de AIA são verificadas nas podas mais tardias. No entanto, este comportamento não se repete nas gemas das porções do meio e do ápice dos ramos (Figura 13), com decréscimo nas concentrações deste hormônio com relação às gemas da base. Estes resultados confirmam o descrito na literatura, que o AIA é um hormônio que se movimenta de forma basípeta pelos ramos, explicado pelas mais concentrações deste hormônio nas porções basais dos ramos, independente da variedade estudada.

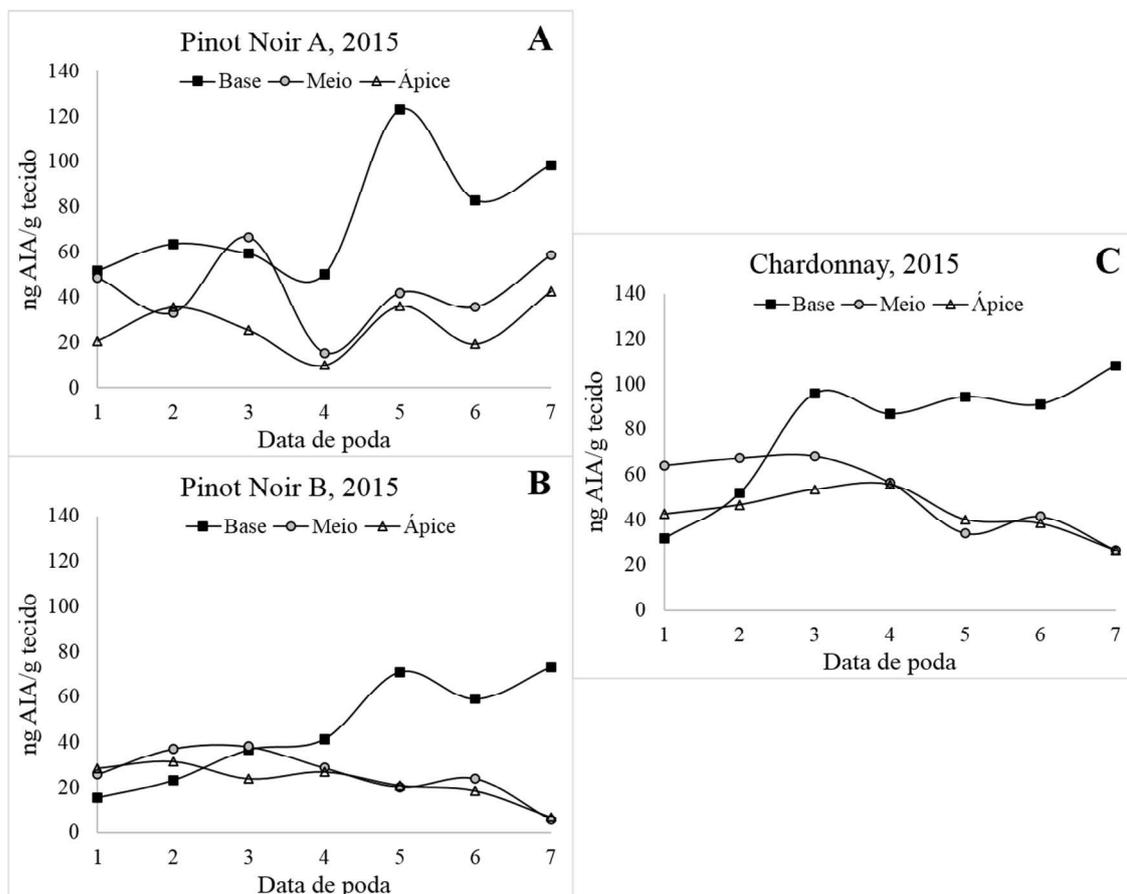


FIGURA 13. Ng AIA/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ano 2015. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. Pinto Bandeira-RS, 2019.

Com relação ao hormônio zeatina, as maiores concentrações deste hormônio são encontradas na porção basal dos ramos nas três áreas estudadas. Ainda, nota-se uma redução na concentração de zeatina com as podas mais tardias (Figura 14), conforme verificado anteriormente na Figura 8. A citocinina é um hormônio sintetizado principalmente nas raízes da videira, explicando sua maior concentração ter sido verificado nas gemas basais dos ramos. Além disto, o AIA também pode afetar a síntese de citocininas. Quanto maior o crescimento apical, maior a proporção de AIA e maior a redução de citocinina, principalmente do ápice para a base do ramo (Muller & Leyser, 2011).

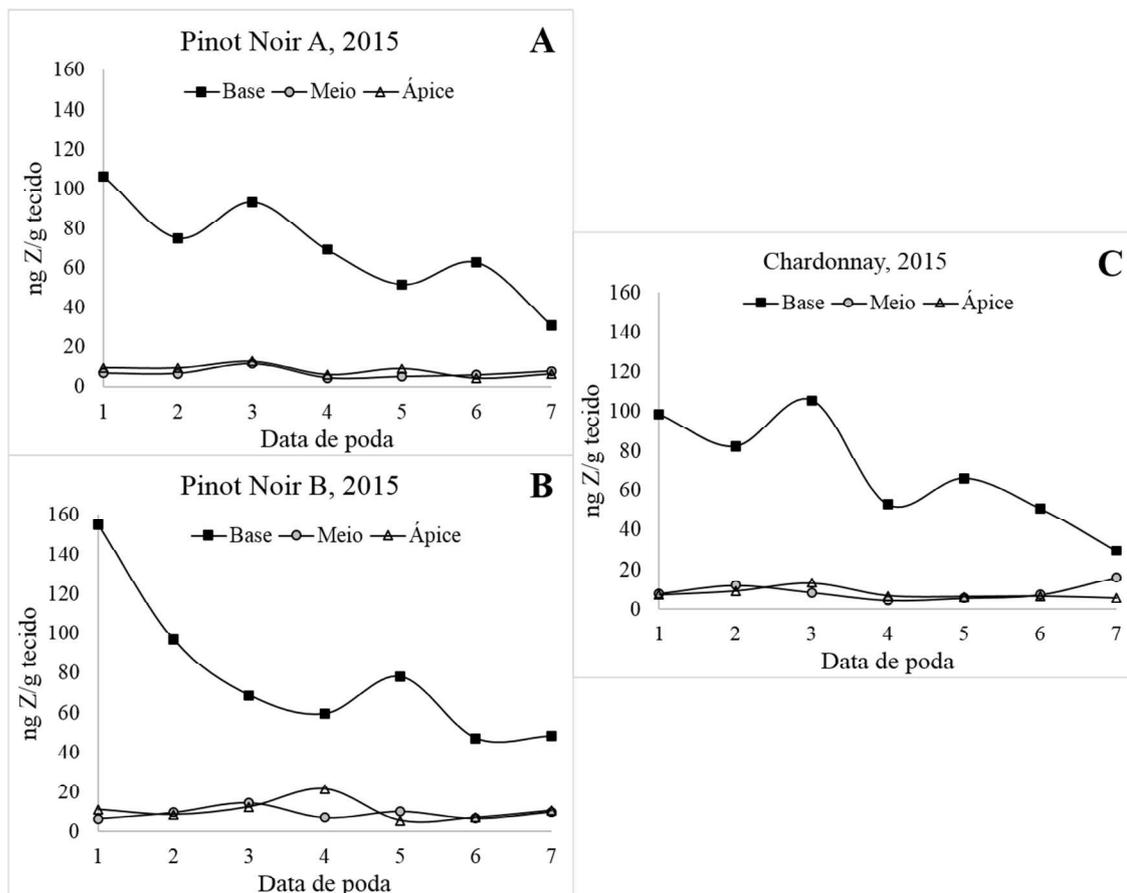


FIGURA 14. Ng Z/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ano 2015. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. Pinto Bandeira-RS, 2019.

O comportamento similar ao hormônio zeatina é verificado nas concentrações de trans-zeatina (Figura 15). As maiores concentrações deste hormônio são encontradas na porção basal dos ramos, com redução nas porções do meio e do ápice. Assim como verificado em zeatina, há redução das concentrações de trans-zeatina com o atraso da poda hiberna.

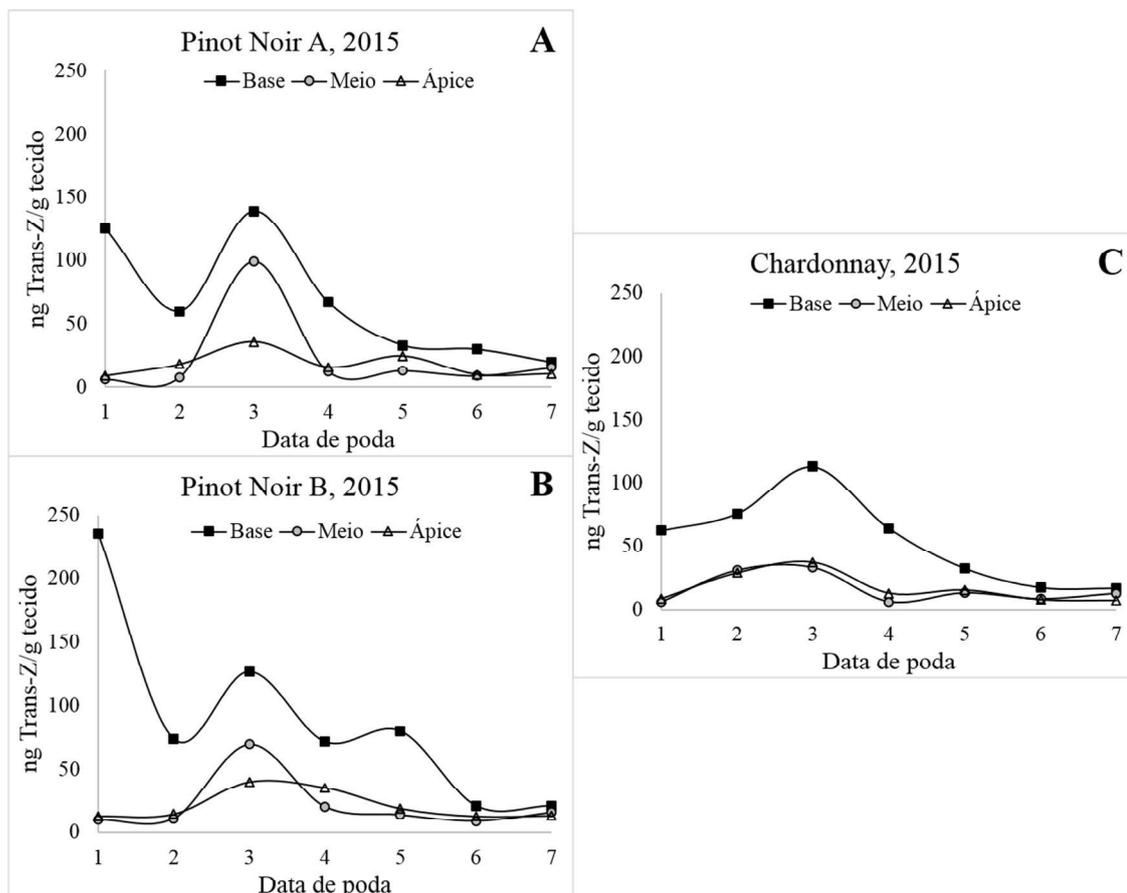


FIGURA 15. Ng Trans-Z/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ano 2015. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. Pinto Bandeira-RS, 2019.

Nas três áreas estudadas, nota-se que as maiores concentrações do ABA são encontradas principalmente nas podas 1 e 2, que são, respectivamente, as podas de 10/07 e 03/08. Estas maiores concentrações nestas podas são explicadas pelo fato das gemas ainda estarem no período da dormência, sendo este hormônio característico deste período. Além disto, pode ser verificado que, na variedade Chardonnay Figura 16C), as concentrações de ABA em valores absolutos são muito superiores às outras duas áreas da variedade Pinot Noir.

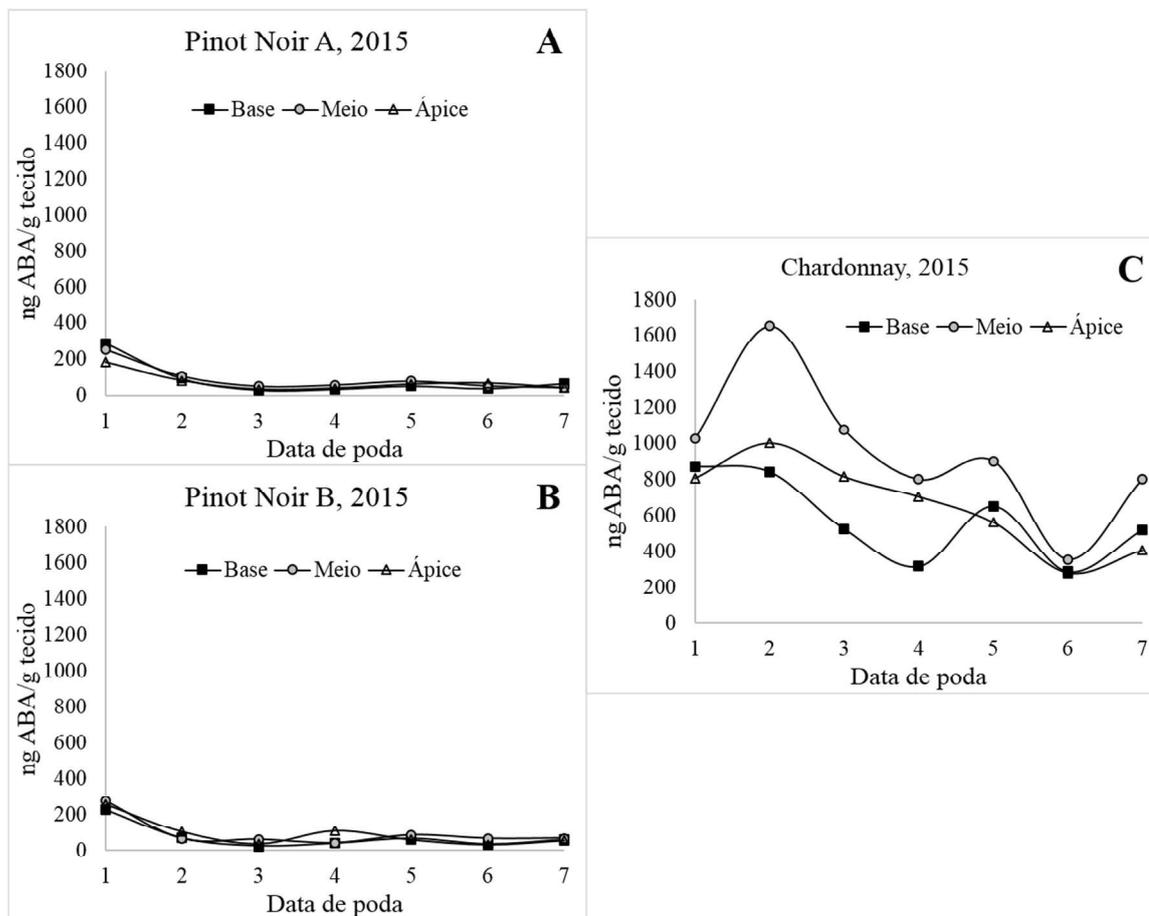


FIGURA 16. Ng ABA/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ano 2015. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. Pinto Bandeira-RS, 2019.

As concentrações do ácido salicílico variaram mais com relação à época de poda do que com relação a posição das gemas nos ramos (Figura 17). Assim como observado na Figura 11, há uma tendência de decréscimo deste hormônio com o atraso da coleta das gemas no tempo.

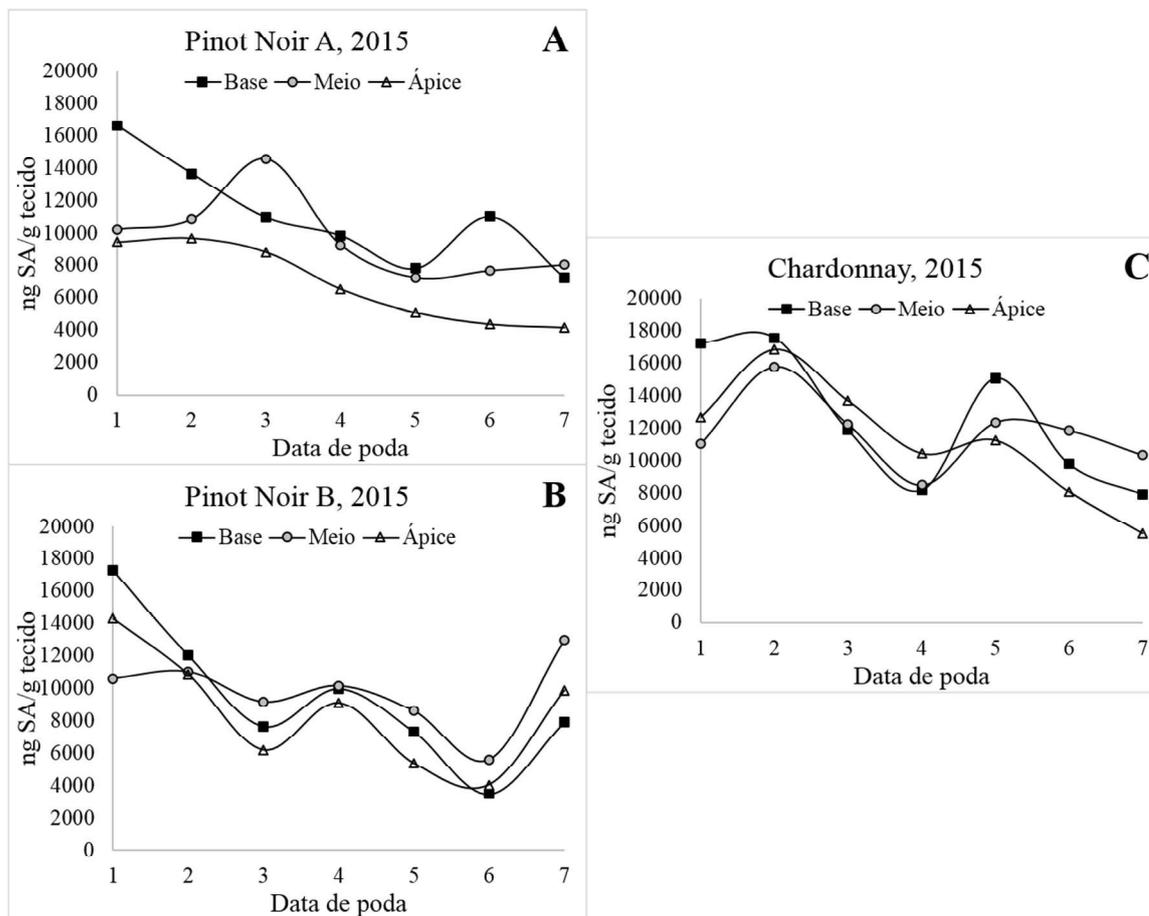


FIGURA 17. Ng AS/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ano 2015. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. Pinto Bandeira-RS, 2019.

As maiores concentrações do ácido Jasmônico (Figura 18), independente da variedade estudada e da posição da gema no ramo, são observadas nas podas mais tardias, principalmente na poda 7 (14/10), assim como observado na Figura 12.

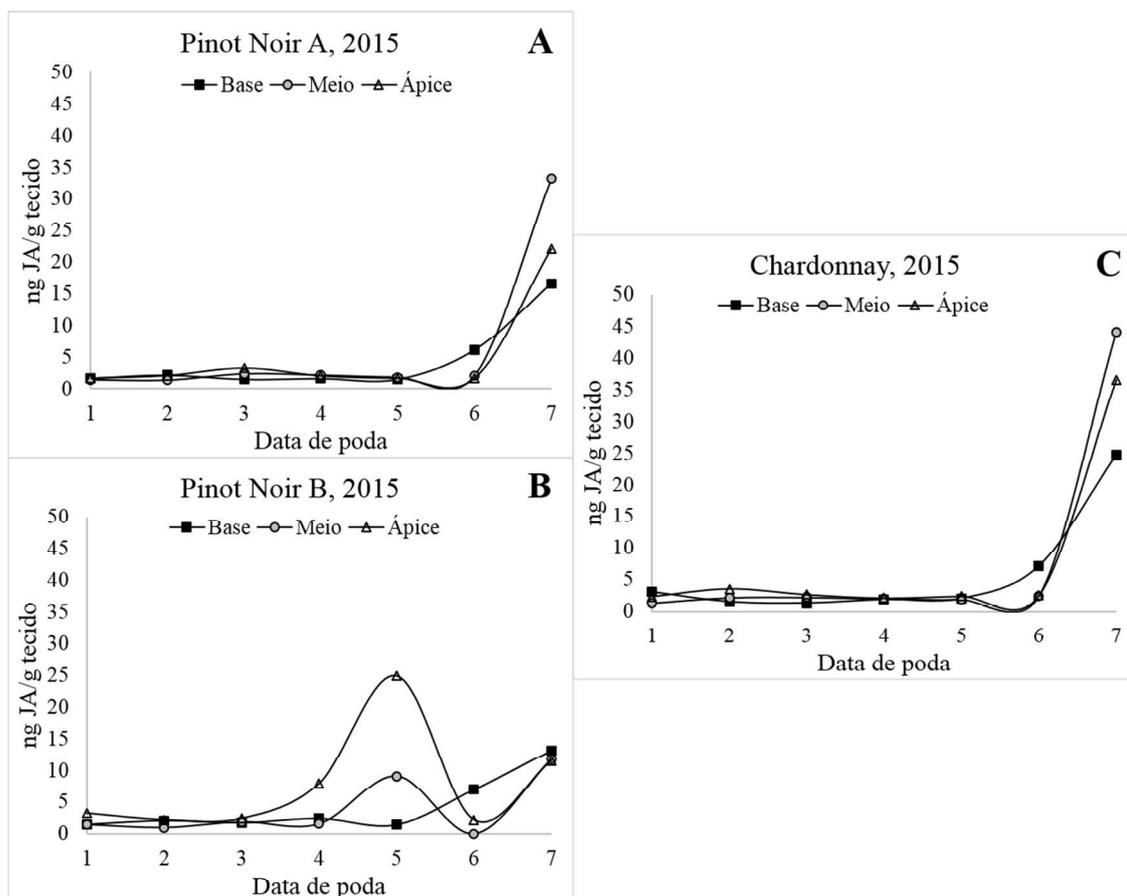


FIGURA 18. Ng AJ/g tecido com relação à posição das gemas no ramo (base, meio e ápice) nas variedades (A) Pinot Noir A; (B) Pinot Noir B e (C) Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) com relação à época de poda no ano 2015. Datas de podas: (P1) 10/07; (P2) 03/08; (P3) 17/08; (P4) 31/08; (P5) 14/09; (P6) 28/09 e (P7) 14/10. Pinto Bandeira-RS, 2019.

4.4 Discussão

Conforme verificado no Capítulo 1, o atraso da poda hibernar resultou em redução da produtividade no vinhedo, explicado pela redução da fertilidade das plantas. Como visto nos resultados da análise anatômica de gemas neste Capítulo, esta redução da fertilidade foi diretamente associada a oxidação e morte dos tecidos da gema, principalmente da gema primária. Algumas gemas também apresentaram os mesmos efeitos na gema secundária, gerando ainda mais impactos no potencial de produção destas gemas.

Este fenótipo de perda na fertilidade das plantas foi diretamente associado ao aumento do crescimento (vigor) dos brotos apicais. Ou seja, quanto maior o atraso na

época de poda, com conseqüentemente maior crescimento vegetativo dos brotos apicais, maior foi a redução da fertilidade. De acordo com a literatura, esses brotos apicais exercem uma força de dreno, restringindo os níveis de carboidratos nas gemas basais e, por consequência, impactando no potencial produtivo destas (Frioni *et al.*, 2016).

Apesar de os níveis de carboidratos estarem estritamente associados à formação da gema fértil (Winkler *et al.*, 1974), os dados encontrados nas análises de reserva de amido e de carboidratos solúveis nas gemas não explicam a redução da fertilidade com as podas tardias. Em todo período de variação de data de poda (julho a outubro), os níveis de carboidratos (amido e solúveis) apresentaram pequenas variações e até incrementos (solúveis) nas últimas datas. Portanto, nas condições de cultivo da Serra Gaúcha o esgotamento das reservas de carbono não foi o fator preponderante para definir o potencial de produção das gemas basais.

Considerando que esses brotos apicais também atuam como drenos e fontes de hormônios, as gemas basais podem estar recebendo influências diretas por esses fatores. No geral, o atraso na data de poda promoveu a redução nos níveis de ácido abscísico, ácido salicílico e citocininas (Z e tZ-R), e aumento significativo de AIA e JA.

Os resultados mostram redução nos picos de citocinina, principalmente zeatina, conforme se atrasa a época de poda. As citocininas contribuem positivamente para o desenvolvimento de inflorescências no meristema lateral (Carmona *et al.*, 2008; Vasconcelos *et al.*, 2019). Quando primórdios de gavinha são isolados e desenvolvidos *in vitro* numa solução com citocininas, estes rapidamente ramificam e desenvolvem estruturas de inflorescências (Srinivasan & Mullins, 1981). Além disto, segundo Vasconcelos *et al.* (2019) a formação das flores é um processo controlado por citocininas. Deste modo, os resultados encontrados na análise hormonal corroboram com o descrito na literatura e explicam, em partes, a redução da fertilidade com as podas tardias, pois os menores níveis de citocininas foram verificados nestas podas. Ao contrário, as giberelinas promovem a iniciação do meristema lateral mas inibem o seu desenvolvimento em inflorescência (Carmona *et al.*, 2008; Vasconcelos *et al.*, 2019). É provável que picos de giberelinas fossem encontrados nas podas mais tardias, no entanto, não se conseguiu a quantificação hormonal do ácido giberélico por problemas de sensibilidade no equipamento

Os picos de AIA encontrados na análise hormonal mostram maiores concentrações deste hormônio com as podas tardias, principalmente nas gemas da porção basal dos ramos. Isto está de acordo com a literatura, pois, brotações jovens em

desenvolvimento produzem auxina, a qual é transportada de forma basípeta pelos ramos, acumulando-se nas gemas basais (Nanda & Melnyk, 2018). Não há relato onde as concentrações endógenas de auxina possam causar fitotoxidez ou morte de tecidos, porém, com relação à aplicação exógena de auxinas, estas variam conforme a dose utilizada, sendo que, em baixas concentrações, promovem o crescimento, enquanto que, em altas concentrações, podem causar fitotoxidez (Grossmann *et al.*, 1996). Villar (2015) realizou um estudo com a variedade Chardonnay, onde a aplicação exógena de 1500 mg.L⁻¹ de ácido naftaleno acético (ANA) acarretou em morte das gemas, com sintoma de oxidação dos tecidos similar ao verificado na morte de gemas deste estudo.

A presença de elevadas concentrações de auxina desencadeia reações como o estímulo da produção de etileno através da indução da indução da ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) sintase como uma das respostas primárias, após alguns minutos do tratamento. A explosão de etileno resultante provoca anomalias de crescimento e senescência (Grossmann, 2007; Villar, 2015). Deste modo, a auxina pode translocar-se pelo organismo e mediar eventos da “síndrome herbicida da auxina”, como a inibição do crescimento e a deterioração e morte de tecidos (Grossmann, 2007).

Deste modo, acredita-se que o crescimento vegetativo apical nas podas tardias tenha causado efeito herbicida pela translocação de auxina dos brotos apicais para as gemas da base, causando morte de determinada população de gemas.

A morte/necrose de gemas observadas neste estudo é similar aos sintomas do distúrbio chamado necrose da gema primária (NGP), sendo que diversos fatores são associados a este fenômeno. A maioria dos estudos aponta para a dinâmica de reserva das plantas, ao vigor dos ramos e ao sombreamento, mas não de forma isolada (Kavoosi *et al.*, 2013; Vasconcelos *et al.*, 2009).

Os jasmonatos estão envolvidos em vários processos do metabolismo vegetal, sinalizando respostas aos estresses biótico e abiótico, dentre eles, inibindo a ação das giberelinas sobre o crescimento (Wasternack & Hause, 2013; Wasternack, 2014). Ácido Jasmônico é um componente essencial do sinal sistêmico que ativa os genes de defesa em toda a planta. Também é possível que o AJ atue indiretamente através da produção de espécies reativas de oxigênio, incluindo o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (Browse, 2005). Deste modo, acredita-se que o ácido jasmônico tenha sido um hormônio sinalizador de estresse neste estudo, pelo fato de o atraso da poda hibernar ter causado morte dos tecidos nas gemas primárias e secundárias.

O ácido salicílico também é relatado como um hormônio sinalizador de estresse. Porém, Robert-Seilaniantz *et al.* (2011) relataram antagonismo nas vias metabólicas entre o AS e as concentrações de AJ na modulação das respostas de defesa contra estresse. O que explica o fato de os picos hormonais destes dois hormônios terem sido praticamente opostos neste estudo.

Um ponto importante a ser exposto é o fato de que na teoria sobre fertilidade de gemas em videira sempre há destaque do momento da diferenciação do primórdio indiferenciado para primórdio de inflorescência (ciclo anterior) e do desenvolvimento da inflorescência no ciclo seguinte (brotação a floração). Sabe-se também que, no manejo de poda, a fertilidade está presente somente nas gemas de ano, sendo que as gemas com dois ou mais anos já não dispõe mais dos primórdios de inflorescência (fertilidade). Portanto, a fertilidade definida em um ciclo anterior irá se perder no ciclo seguinte, caso a gema venha a não brotar. Apesar deste conhecimento empírico, a literatura não aborda o momento e as causas da perda de fertilidade de uma gema.

Além disto, este estudo alerta para os possíveis efeitos negativos de brotações apicais que ocorrem no outono, após a colheita e queda das folhas, sobre a fertilidade de gemas para o próximo ciclo. É provável que muitos dos sintomas de necrose da gema primária podem estar diretamente associados a este enfoque.

4.5 Conclusões

A perda de fertilidade nas gemas basais de videiras cultivadas na Serra Gaúcha está associada a morte/oxidação dos tecidos da gema primária e secundária, com o atraso na data de poda e conseqüente crescimento vegetativo de brotos apicais em estágios superiores à 2 ou 3 folhas separadas.

Os níveis de carboidratos nas gemas basais (amido e solúveis totais) não está associado a perda de fertilidade com o atraso na data de poda na Serra Gaúcha.

A perda de fertilidade em gemas basais de videira é associada com a redução nos níveis de zeatina e aumentos nos níveis de auxina e ácido jasmônico.

4.6 Referências Bibliográficas

AMARAL, L. I. V. do et al. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea**, n. 34, p. 425-431, 2007.

ARÊAS, J. A. G., LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 307-318, 1980

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Fertilidade de gemas em videiras: fisiologia e fatores envolvidos. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 129-144, 2006.

BROWSE, J. Jasmonate: an oxylipin signal with many roles in plants. In: *Vitamins and hormones*, v. 72, 2005. DOI: 10.1016/S0083-6729(05)72012-4.

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.

DUBOIS, M.; et al. 'Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances'. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

FRIEND, A. P.; TROUGHT, M. C. T. Delayed winter spur-pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, p. 157-164, 2007.

FRIEND, A. P. et al. Effect of delaying budburst on shoot development and yield of *Vitis vinifera* L. Chardonnay 'Mendoza' after a spring freeze event. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, p. 378-382, 2011.

FRIONI, T. et al. Postbudburst Spur Pruning Reduces Yield and Delays Fruit Sugar Accumulation in Sangiovese in Central Italy. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 67, n. 4, p. 419-425, 2016.

GATTI, M. et al. Phenology, Canopy Aging and Seasonal Carbon Balance as Related to Delayed Winter Pruning of *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese Grapevines. **Frontiers in Plant Science**, v.7, article 659, p. 1-14, 2016.

GROSSMAN, K. Auxin herbicide action. Article Addendum. **Plant Signaling & Behavior**, v. 2, n. 5, p. 421-423. 2007.

HOWELL, G. S.; WOLPERT, J. A. Nodes per cane, primary bud phenology, and spring freeze damage to Concord grapevines. A preliminary note. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 29, n. 4, p. 229-232, 1978.

JONES, G. et al. Climate change and global wine quality. **Climatic Change**, v. 73, p. 319- 343, 2005.

KELLER, M. *The science of grapevines: Anatomy and Physiology*. Elsevier, 2010.

MAY, P. From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 6, 82-98, 2000.

- MOSEDALE, J. R. et al. Climate change impacts and adaptive strategies: lessons from the grapevine. **Global Change Biology**, v.22, p. 3814-3828, 2016.
- MULLER, D.; LEYSER, O. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. **Annals of Botany**, n. 107, p. 1203-1212, 2011.
- MUNHOZ, B. et al. Fertilidade e análise de reservas em gemas das videiras ‘Greco di Tufo’ ‘Coda di Volpe’ e Viognier cultivadas em São Joaquim – Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 1, p. 68-72, 2016.
- NANDA, A. K.; MELNYK, C. W. The role of plant hormones during grafting. **Journal of Plant Research**, v. 131, p. 49-58, 2018. doi: <https://doi.org/10.1007/s10265-017-0994-5>.
- ROBERT-SEILANIANTZ, A. et al. Hormone crosstalk in plant disease: more than just jasmonate-salicylate antagonism. **Annual Review of Phytopathology**, v. 49, p. 317-343, 2011.
- ROSA, A. M. Fertilidade e reservas de carbono e nitrogênio em gemas de ramos das viníferas ‘Cabernet Sauvignon’ e ‘Nebbiolo’. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 576-585, 2014. DOI: 10.1590/0100-2945-198/13.
- SRINIVASAN, C.; MULLINS, M. G. Physiology of flowering in the grapevine - A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 32, n. 1, 1981.
- TROUGHT, M. C. T.; HOWELL, G. S.; CHERRY, N. ‘**Practical considerations for reducing frost damage in vineyards**’ in Frost Damage and Management in vineyards. Lincoln University, 1999. Disponível em
 <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4236/frost_damage_in_vine_yards.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- VASCONCELOS, M. C. et al. The flowering process of *Vitis vinifera*: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 4, p. 411-434, 2009.
- VILLAR, L. **Indução do atraso na brotação de gemas de ‘Chardonnay’ (*Vitis vinifera* L.) pelo manejo de reguladores de crescimento**. 2015. 256 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- WASTERNAK, C.; HAUSE, B. Jasmonates: biosynthesis, perception, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. An update to the 2007 review in Annals of Botany. **Annals of Botany**, v. 111, p. 1021-1058, 2013.
- WASTERNAK, C. Jasmonates in plant growth and stress response. In: Tran L-S Pal S, eds. *Phytohormones: a window to metabolism, signaling and biotechnological applications*. Springer, p. 221-263, 2014.
- WINKLER, A. et al. **General Viticulture**. University of California Press, Berkeley. 1974. 710 p.

YAHYAOUI, T.; BARBIER, M.; BESSIS, R. *In vitro* morphogenesis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) inflorescence primordia, cvs Pinot Noir and Chardonnay. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, n. 4, p. 111-120, 1998.

ZHENG, W. et al. Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, north-central Spain. **OENO One**, v. 51, n. 4, p. 363-372, 2017.

5 CONCLUSÕES

O atraso da poda hiberna nas variedades Chardonnay e Pinot Noir nas condições da Serra Gaúcha apresenta-se como um manejo efetivo contra os danos ocasionados por geadas tardias, uma vez que as brotações apicais restringiram a brotação das gemas basilares. Contudo, não é considerado um manejo viável, dado que promoveu perdas expressivas na produtividade.

A perda da fertilidade nas gemas basilares está associada à morte/oxidação de seus cones primários e secundários causada pelo crescimento excessivo das gemas apicais. O efeito negativo destas brotações foi resultante das condições ambientais locais, uma vez que promoveram o crescimento acelerado das gemas apicais.

A necrose das gemas basilares e a perda da fertilidade não estão associadas aos seus níveis de carboidratos (amido e sólidos solúveis), mas sim ao aumento dos níveis de auxina e ácido jasmônico e à redução dos níveis de zeatina.

Assim, regiões com altas temperaturas na primavera inviabilizam o atraso da poda, uma vez que promovem o crescimento excessivo das gemas apicais e causam redução significativa na produtividade.

6 ANEXOS

ANEXO A - Escala Fenológica para a videira com estádios agrupados em subperíodos.

Estádio	Descrição	Subperíodo
01	Gemas dormentes	Brotação
02	Inchamento de gemas	
03	Algodão	
05	Ponta verde	
07	1º folha separada	
09	2 ou 3 folhas separadas	
12	5 ou 6 folhas separadas; inflorescência visível	Vegetativo
15	Alongamento da inflorescência; flores visíveis	
17	Inflorescência desenvolvida; flores separadas	
19	Início de florescimento; primeiras flores abertas	Florescimento
21	25 % das flores abertas	
23	50 % das flores abertas (pleno florescimento)	
25	80 % das flores abertas	
27	Frutificação (limpeza do cacho)	
29	Grãos tamanho “chumbinho”	Frutificação
31	Grãos tamanho “ervilha”	
33	Início da compactação do cacho	
35	Início da maturação	
38	Maturação plena	Maturação
41	Maturação dos sarmentos	
43	Início da queda de folhas	
47	Final da queda de folhas	

Fonte: Eichhorn & Lorenz (1997).

ANEXO B - Representação esquemática da Escala Fenológica de Eichhorn & Lorenz (1997).

