

## Capítulo XIV

### Calagem, adubação e estado nutricional em videiras

Lincon Oliveira Stefanello<sup>1</sup>

Raí Augusto Schwalbert<sup>2</sup>

Marlise Nara Ciotta<sup>3</sup>

Adriele Tassinari<sup>4</sup>

Matheus Severo de Souza Kulmann<sup>5</sup>

Daniel Pazzini Eckhardt<sup>6</sup>

Marcos Gabbardo<sup>7</sup>

Rafael Lizandro Schumacher<sup>8</sup>

Vagner Brasil Costa<sup>9</sup>

Wellynthon Machado da Cunha<sup>10</sup>

George Wellington Bastos de Melo<sup>11</sup>

Gustavo Brunetto<sup>12</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97.105-900, Santa Maria, RS. E-mail: linconfa@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro-Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Visiting Researcher in Agronomy Department of Kansas State University (KSU), 66506-0110, Manhattan, KS, United States. E-mail: rai.schwalbert@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri), Estação Experimental de Lages, Rua João José Godinho, s/n, Bairro Morro do Posto, CEP 89502-970, Lages, SC. E-mail: marlise@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97.105-900, Santa Maria, RS. E-mail: tassinaridrica@gmail.com

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97.105-900, Santa Maria, RS. E-mail: matheuskulmann@hotmail.com

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Técnico laboratorista na Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Rua 21 de Abril, São Gregório, CEP 96.450-000, Dom Pedrito, RS. E-mail: daniel.pazzini@hotmail.com

<sup>7</sup> Tecnólogo em Viticultura e Enologia, Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Rua 21 de Abril, São Gregório, CEP 96.450-000, Dom Pedrito, RS. E-mail: marcosgabbardo@unipampa.edu.br

<sup>8</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Enologia, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Rua 21 de Abril, São Gregório, CEP 96.450-000, Dom Pedrito, RS. E-mail: rafaelschumacher@unipampa.edu.br

<sup>9</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Rua 21 de Abril, São Gregório, CEP 96.450-000, Dom Pedrito, RS. E-mail: vagnerbrasil@gmail.com

<sup>10</sup> Tecnólogo em Enologia, Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Rua 21 de Abril, São Gregório, CEP 96.450-000, Dom Pedrito, RS. E-mail: wellynthoncunha@unipampa.edu.br

<sup>11</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento 515, C.P. 130, Centro, CEP 95.701-008, Bento Gonçalves, RS. E-mail: wellington.melo@embrapa.br

<sup>12</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor do Departamento de Solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), C.P. 221, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista PQ do CNPq. E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com

**Resumo:** A área cultivada com videira no Brasil e, especialmente, no Sul do país, como no Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), tem aumentado nos últimos anos. Porém, na maioria dos casos os solos são ácidos e possuem baixa fertilidade natural. Por isso, torna-se necessário, quando diagnosticada a necessidade, a aplicação de corretivos da acidez do solo e adubações. Mas, estas práticas devem ser realizadas seguindo as recomendações técnicas oficiais recomendadas para a cultura da videira, pois normalmente afetam a produção e qualidade da uva, bem como do mosto e de seus subprodutos, como o vinho, sucos e espumantes. Considerando esta problemática, no presente capítulo serão apresentadas informações técnicas sobre calagem, adubações e composição nutricional de videiras. Além disso, serão apresentados resultados de pesquisa mais recentes sobre a dinâmica de nutrientes em solos de vinhedos, bem como o impacto de nutrientes sobre as características físicas e químicas do vinho, temática ainda pouco estudada no Brasil. Com todas as informações esperamos contribuir para um sistema de produção vitivinícola mais produtivo, com uvas e seus subprodutos com melhor qualidade requisitada pelo consumidor, mas com baixo potencial de risco ambiental.

**Palavras chave:** *Vitis vinifera*; adubação de pré-plantio; correção do solo; produtividade; qualidade do mosto.

## 1. Introdução

A área de cultivo com videiras no Brasil e no Sul do país nas últimas décadas tem aumentado. Porém, na maioria dos casos os solos são ácidos e possuem baixa fertilidade natural, aliado a presença de Al trocável, que limita o crescimento do sistema radicular. Por consequência, prejudica a absorção de água e nutrientes, causando impacto negativo na produção e qualidade da uva e de seus subprodutos. Em virtude disso, na maioria das áreas incorporadas ao sistema de cultivo de videiras torna-se necessário, quando diagnosticada a necessidade, a aplicação do corretivo da acidez de solo e adubações, como de pré-plantio, crescimento e produção. Com a calagem espera-se aumentar o valor de pH do solo, os teores de bases, como cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e diminuir a disponibilidade de alumínio (Al) trocável, por consequência, tem-se a expectativa do aumento do valor de saturação por bases e diminuição dos valores de saturação por Al. Aliado a isso, com a adubação de pré-plantio, espera-se, especialmente, aumentar os teores de nutrientes, como de fósforo (P) e potássio (K), até no mínimo os níveis críticos; com a adubação de crescimento, adiciona-se ao solo especialmente nitrogênio (N) e com a adubação de produção, aplica-se ao solo as quantidades de nutrientes exportadas pela uva. Tudo isso, contribui para o adequado crescimento do sistema radicular das videiras, o que favorece o adequa-

do estado nutricional, com elevada produtividade e uvas e seus subprodutos com qualidade. Assim, no presente capítulo estas temáticas serão abordadas mais detalhadamente.

## 2. Correção da acidez do solo

Os solos a serem cultivados com videiras são submetidos a aplicação de calcário quando o valor de pH em água é  $<5,5$ . A dose a ser aplicada é definida com base no Índice SMP (TSM), para elevar o pH em água até 6,0 (Tabela 1). Com isso, os teores de  $Al^{+3}$  trocáveis serão nulos, com aumento dos teores de saturação por base e diminuição dos valores de saturação por Al, ao final, melhorando o ambiente do solo para o crescimento do sistema radicular. Conyém destacar que foi proposta uma tabela de recomendação de dose de calcário, seguindo filosofia preconizada pela CQFS-RS/SC (2016), para solos menos tampoados, que são arenosos e com menores teores de matéria orgânica, que são encontrados em parte da região da Campanha Gaúcha do RS, onde áreas nas últimas décadas estão sendo incorporadas ao cultivo de videiras (Tabela 1).

O calcário em áreas a serem incorporadas ao sistema de produção de uva, preferencialmente, deve ser aplicado em toda a área na superfície do solo, seguido de incorporação no mínimo na camada de 0-20 cm. Caso seja possível, recomenda-se incorporar o calcário até 30 cm de profundidade. Neste caso, recomenda-se aplicar 1,5 vezes a dose oficial recomendada para a camada de 0-20 cm. Esta estratégia é adequada, para melhorar quimicamente (exemplo, aumento dos valores de pH, dos teores de Ca, Mg e dos valores de saturação por base, com diminuição dos teores de  $Al^{+3}$  e dos valores de saturação por Al) em um maior volume de solo, favorecendo o crescimento do sistema radicular da videira.

Em vinhedos já implantados, especialmente naqueles com histórico de elevadas produtividades, que favorece maior exportação de Ca e Mg, aliado a frequentes aplicações de fertilizantes minerais, como a ureia, tende a acontecer a acidificação, especialmente, das camadas superficiais. Assim, caso os parâmetros relacionados a acidez do solo mostrarem a necessidade de nova aplicação de calcário esta deve ser realizada a lanço, preferencialmente, em toda a área do vinhedo. Porém, na maioria dos casos é esperado lenta migração de partículas do calcário ou mesmo dos produtos de dissolução, o que diminuirá a correção de camadas mais profundas do solo. Em geral, não se recomenda a incorporação do calcário, porque as operações podem causar dano mecânico ao sistema radicular, o que pode estimular a incidência de doenças, especialmente, em condições subtropicais. Mas também, pode provocar a diminuição de reservas de carboidratos e nutrientes na videira, uma vez que o sistema radicular é um órgão destas e outras reservas.

Tabela 1. Estimativa da dose de calcário para elevar o pH a 6,0 e 6,5 pela incubação longa e curta, usando a solução tampão Santa Maria (TSM), comparativamente a quantidade de calcário estimada pela equação da CQFS-RS/SC (2016), em 10 solos da Campanha Gaúcha do RS.

TSM	Incubação longa		Incubação curta		Equação proposta pela CQFS-RS/SC (2016)	
	6,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,5
	NC = 87,051e <sub>0,61TSM</sub>	NC = 454,85e <sub>0,816TSM</sub>	NC = 813,3e <sub>1,42TSM</sub>	NC = 903,98e <sub>0,983TSM</sub>	NC = 7692e <sub>1,326TSM</sub>	NC = 4283e <sub>1,148TSM</sub>
----- t ha <sup>(1)</sup> -----						
4,4	5,9	12,5	8,3	12,0	22,5	27,4
4,5	5,6	11,6	7,5	10,8	19,7	24,4
4,6	5,3	10,7	6,7	9,8	17,3	21,8
4,7	5,0	9,8	6,1	8,9	15,1	19,4
4,8	4,7	9,1	5,5	8,1	13,2	17,3
4,9	4,4	8,3	4,9	7,3	11,6	15,4
5,0	4,1	7,7	4,4	6,6	10,2	13,8
5,1	3,9	7,1	4,0	6,0	8,9	12,3
5,2	3,6	6,5	3,6	5,4	7,8	10,9
5,3	3,4	6,0	3,2	4,9	6,8	9,8
5,4	3,2	5,5	2,9	4,5	6,0	8,7
5,5	3,0	5,1	2,6	4,1	5,2	7,8
5,6	2,9	4,7	2,4	3,7	4,6	6,9
5,7	2,7	4,3	2,1	3,3	4,0	6,2
5,8	2,5	4,0	1,9	3,0	3,5	5,5
5,9	2,4	3,7	1,7	2,7	3,1	4,9
6,0	2,2	3,4	1,6	2,5	2,7	4,4
6,1	2,1	3,1	1,4	2,2	2,4	3,9
6,2	2,0	2,9	1,3	2,0	2,1	3,5
6,3	1,9	2,7	1,1	1,8	1,8	3,1
6,4	1,8	2,5	1,0	1,7	1,6	2,8
6,5	1,7	2,3	0,9	1,5	1,4	2,5
6,6	1,6	2,1	0,8	1,4	1,2	2,2
6,7	1,5	1,9	0,8	1,2	1,1	2,0
6,8	1,4	1,8	0,7	1,1	0,9	1,7
6,9	1,3	1,6	0,6	1,0	0,8	1,6
7,0	1,2	1,5	0,6	0,9	0,7	1,4

<sup>(1)</sup> Calcário com PRNT 100%. NC= Necessidade de calcário. Fonte: Adaptado de Brunetto et al. (2016).



O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), em alguns casos, tem sido usado em vinhedos em produção, como fonte de Ca, e, especialmente, porque a sua solubilidade é maior que o calcário. Com isso, acredita-se que aconteça uma melhoria química de camadas mais profundas do solo, o que hipoteticamente está associada aos melhores valores de parâmetros relacionados ao crescimento de raízes. No entanto, por exemplo, na região Sul, até o presente momento não se tem uma recomendação oficial para definir a dose de gesso. Nem tampouco, resultados de pesquisa sobre o efeito positivo desta prática na produtividade ou qualidade de uvas e de seus subprodutos. Aliado a isso, convém destacar que o gesso não corrige a acidez do solo e, por isso, não deve ser usado em substituição a fontes de corretivos da acidez do solo, como o calcário. Atualmente, pesquisas estão sendo realizadas em vinhedos na região Sul para avaliação da melhoria de atributos de solo e impacto sobre o estado nutricional, produtividade e qualidade da uva e de seus derivados.

### 3. Adubação potássica e fosfatada

#### 3.1. Adubação de pré-plantio

A adubação de pré-plantio tem por objetivo realizar a melhoria da fertilidade do solo antes da implantação do vinhedo, visando o adequado estabelecimento, crescimento e desenvolvimento das mudas até o início da produção. Nesta etapa é necessária a realização da coleta de solo para análise química e, normalmente, é realizada a adequação a partir de fertilizantes fosfatados e potássicos. Assim, a adubação de pré-plantio visa elevar a disponibilidade de nutrientes no solo, entre eles, P e K, até o nível crítico ou de suficiência.

A avaliação da disponibilidade de P no solo é realizada a partir de uma extração ácida pelo método de Mehlich-1, o qual já é calibrado a partir da absorção das plantas, sendo os valores relacionados com a classe textural (1, 2, 3 e 4) ou simplesmente teor de argila. Assim, hipoteticamente, um solo com 50% de argila (classe 3), e com  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, extraído por Mehlich-1, pertence à classe de interpretação Baixo (Tabela 2). Posteriormente, conforme esta classe de disponibilidade, a dose de P a ser aplicada será de  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Tabela 3). Recomenda-se a utilização de fosfatos solúveis, como superfosfato simples, ou superfosfato triplo, os quais podem ser aplicados em área total, sobre a superfície do solo, preferencialmente junto ao calcário. Após isso, realiza-se a incorporação dos fertilizantes ao solo, procurando atingir de 20 a 30 cm de profundidade, a partir, por exemplo, de uma aração, seguida de duas gradagens, caso a área possibilitar estas operações.

Em concomitância à adubação fosfatada, normalmente existe a necessidade de realizar a adubação potássica, a qual segue a mesma sistemática de funcionamento, e é realizada em conjunto, assim como a calagem. A determinação do teor de K disponível também é realizada pelo método de Mehlich-1, sendo considerado os valores de capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 ( $\text{CTC}_{\text{pH7,0}}$ ). Assim, as faixas de interpretação de disponibilidade de K são apresentadas na tabela 4. Em seguida, à interpretação do teor no solo, a dose de K a ser aplicada consta na tabela 3.

A CQFS-RS/SC (2016) recomenda a aplicação de P e K em pré-plantio, normalmente a partir de fertilizantes industrializados. Mas, também estimula a aplicação de resíduos orgânicos como estratégia para o fornecimento destes nutrientes. A utilização de estratégias

de manejo em conjunto, as quais possibilitem um sincronismo entre demanda e oferta de nutrientes é um ponto positivo a ser observado com a adubação orgânica, já que, a mineralização destes compostos, normalmente, é mais lenta, e isso potencializa o aproveitamento dos nutrientes pelas videiras jovens. Entretanto, o devido cuidado deve ser tomado na condução de doses maiores que as recomendadas, já que, podem potencializar a toxidez às mudas. Para isso, a determinação da composição elementar do resíduo ou composto orgânico é imprescindível para posteriormente indicar melhores doses. Porém, a literatura ainda é vaga em informações quanto ao real impacto da utilização de diferentes resíduos orgânicos sobre o crescimento do sistema radicular, da parte aérea e mesmo, do estado nutricional das videiras jovens, em virtude da concentração de micronutrientes potencialmente tóxicos.

Tabela 2. Interpretação do teor de P no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para as frutíferas (%).

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila <sup>(1)</sup>			
	1	2	3	4
	.....mg de P dm <sup>-3</sup> .....			
<b>Muito Baixo</b>	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
<b>Baixo</b>	3,1 - 6,0	4,1 - 8,0	6,1 - 12,0	10,1 - 20,0
<b>Médio</b>	6,1 - 9,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	20,1 - 30,0
<b>Alto</b>	9,1 - 12,0	12,1 - 24,0	8,1 - 36,0	30,1 - 60,0
<b>Muito Alto</b>	> 12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

<sup>(1)</sup> Teores de argila: classe 1 = >60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤20%;  
Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 3. Quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas, em função dos teores de P e K disponíveis no solo.

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>	kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 4. Interpretação dos teores de K no solo extraído pelo método Mehlich-1, em função da CTC<sub>pH 7,0</sub> para as frutíferas.

Classe de disponibilidade	CTC <sub>pH 7,0</sub> do solo <sup>(1)</sup>			
	≤ 7,5	7,5 a 15	15,1 a 30	> 30
	.....mg de K dm <sup>-3</sup> .....			
Muito Baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21 - 40	31 - 60	41 - 80	46 - 90
Médio	41 - 60	61 - 90	81 - 120	91 - 135
Alto	61 - 120	91 - 180	121 - 240	136 - 270
Muito Alto	> 120	> 180	> 240	> 270

<sup>(1)</sup>Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalente Mehlich-1”, conforme equação  $KM1 = KM3 \times 0,83$ . Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

### 3.2. Adubação de manutenção

O objetivo da adubação de manutenção é repor as quantidades de nutrientes que foram extraídas pela planta, tanto pelo material de poda, como pela produção de frutos, mas também as frações perdidas no ambiente, como lixiviação. Desta forma, as recomendações de adubação fosfatada e potássica, são definidas considerando os teores destes nutrientes nas folhas, ou no solo, e sua correlação com a produtividade (CQFS-RS/SC, 2016)(Tabela 5). Normalmente, sugere-se que os fertilizantes sejam aplicados na linha de plantio das videiras, circundando a projeção da copa das plantas, concentrando assim, a aplicação em faixas. Somado a isso, a aplicação é superficial, e apesar de limitar a utilização de P pela videira, evita a ocorrência de danos mecânicos ao sistema radicular, e que pode possibilitar a severa incidência de doenças fúngicas plausíveis de erradicação do vinhedo.

#### 3.2.1 Níveis críticos de P e K no solo em vinhedos

O crescimento vegetal está relacionado com a quantidade do elemento no solo. Deste modo é necessário estabelecer níveis de fertilidade (doses) e, posteriormente, monitorar a resposta produtiva da planta à aplicação do fertilizante. Assim, o nutriente disponibilizado deve estar em uma faixa considerada adequada à produção da planta, chamada de suficiência, e sua concentração deve ter alta correlação com a produção de frutos. Os autores do presente capítulo relatam um experimento a campo delineado com doses crescentes de P e K no solo, instalado na região da Campanha Gaúcha, o qual indicou uma relação entre os teores de P (Figura 1) e K (Figura 2) extraídos por Mehlich-1 no solo e a produtividade relativa de uva.



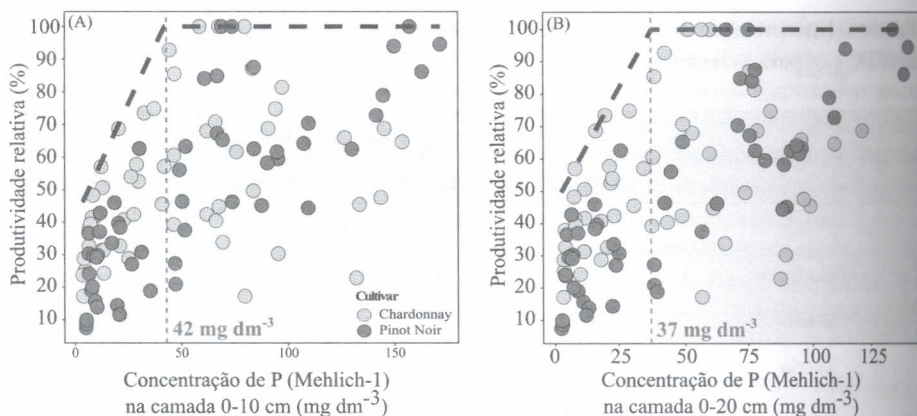


Figura 1. Relação entre os teores de P, extraído por Mehlich-1, avaliada na (A) camada de 0-10 cm e (B) 0-20 cm, com a produtividade relativa de videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’. Fonte: Os autores (2020).

Com base em curvas de calibração, as quais foram obtidas após a avaliação durante várias safras, coletaram-se dados de produção de uva (rendimento relativo) e teores de P no solo. Em diferentes camadas amostrais, pode-se determinar o nível crítico de P, no solo em estudo, para videiras jovens brancas e tintas, cv. ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’. Assim, utilizando modelos não lineares, como a regressão quartílica, ou análise de fronteira, foi possível verificar em qual teor de P no solo obteve-se as maiores produtividades relativas. Isso foi possível devido ao controle experimental da área, onde neste caso, variou-se apenas o P ao longo dos anos, e na construção de níveis de fertilidade a partir de um campo natural não antropizado. Como a região de estudo está localizada sobre solo arenoso (menos de 20% de argila), podemos inferir que estes níveis de P no solo podem ser utilizados para solos com classe textural semelhante, já que a dinâmica de P está diretamente relacionada ao teor de argila. Também é importante salientar que estes resultados foram obtidos a partir de plantas jovens, nos primeiros anos produtivos, e que possivelmente, os níveis críticos no solo podem ser alterados conforme os fluxos de extração anual pelas videiras. Os autores verificaram que atingindo 42 e 37 mg P dm<sup>-3</sup> no solo extraído por Mehlich-1, respectivamente, de 0-10 e 0-20 cm de profundidade de solo alcançaram as maiores produtividades relativas (Figura 1A, B). A diminuição dos valores críticos em profundidade está de acordo com a área de maior concentração de P, a superfície, devido seu manejo de aplicação. Estes valores estão em concordância com os recomendados pela CQFS-RS/SC (2016), de 30 mg dm<sup>-3</sup> de P, dadas as suas proporções, já que, os teores sugeridos pelo manual levam em consideração valores médios, sem respeitar as particularidades das culturas, servindo como um valor de referência. Entretanto, estes valores apresentados pelos autores foram extraídos para a cultura da videira em condições de controle experimental, subsidiando informações ímpares, até então não protocoladas.

Os teores críticos de K observados nestes experimentos, também tiveram o comportamento em profundidade semelhante ao P, conseqüentemente, devido ao modo de apli-



cação superficial. Assim, para a coleta de solo de 0-10 cm e de 0-20 cm de profundidade, o nível crítico de K no solo é, respectivamente, 33 e 26 mg dm<sup>-3</sup> de K (Figura 2A, B). Neste caso, particular, os valores sugeridos são bem inferiores ao observado no manual. Este é um dado relevante, o qual subsidia a importância das correlações entre as bases trocáveis, Ca, Mg e K, e que são constantemente, desbalanceadas pela adição exarcebada de K em vinhedos. Essa prática pode influenciar, negativamente, no estado nutricional da videira, diminuindo, potencialmente, a absorção de Ca ou Mg, os quais, competem com o K pelos sítios de absorção da parede celular das raízes. Somado a isso, maiores concentrações de K no solo, podem estimular a absorção pela videira a ponto de impactarem negativamente no mosto, causando a formação de bitartrato de K, o que deprecia a qualidade do vinho.

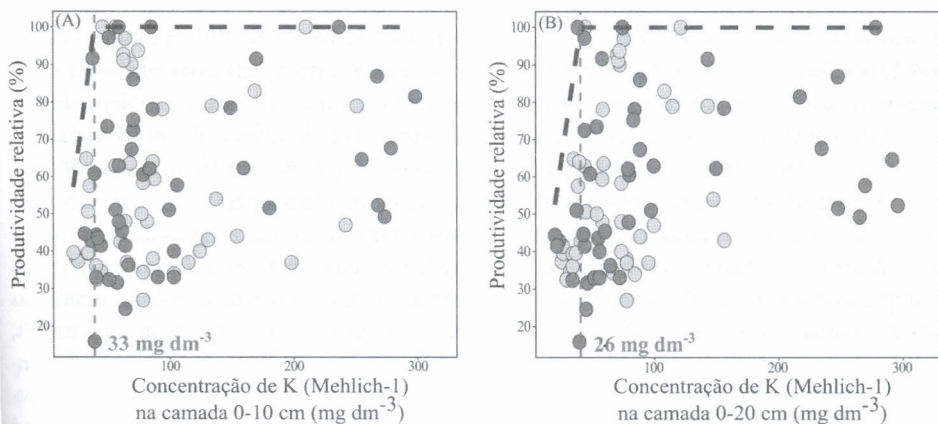


Figura 2. Relação entre o teor de K, extraído por Mehlich-1, avaliado na (A) camada de 0-10 cm e (B) 0-20 cm, com a produtividade relativa de videiras cv. 'Chardonnay' e 'Pinot Noir'. Fonte: Os autores (2020).

### 3.2.2. Níveis críticos de P e K em folhas

A principal função do P nas plantas é a transferência de energia. A deficiência desse elemento causa redução no desenvolvimento do sistema radicular, fato o qual, acarreta o retardamento do crescimento e causa a escassez de lignificação nos tecidos. Na parte aérea, uma sintomatologia visual, além da deficiência no crescimento, é a ocorrência da coloração arroxeada em folhas velhas. Somado a isso, as videiras podem utilizar estratégias de exsudação de compostos carbonados para mineralizar fontes de P do solo, e indiretamente acabam absorvendo mais outros micronutrientes presentes nos minerais silicatados, caso do manganês (Mn). A concentração normal de P, em folhas completas, da videira varia de 1,2 a 4,0 g kg<sup>-1</sup> e 1,6 a 2,5 g kg<sup>-1</sup> no pecíolo (CQFS RS/SC, 2016). Porém, a planta absorve cerca de 1,4 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, para cada 1000 kg de uva produzida (Melo, 2003). Apesar dos solos brasileiros serem naturalmente deficientes em P, não se tem observado sintomatologia visual de deficiência deste nutriente, em videiras (Melo, 2003).

Por sua vez, a carência do K interfere na síntese proteica, causando elevação na quantidade de aminoácidos livres, além de retardar a maturação e promover a produção de cachos

pequenos, frutos duros, verdes e ácidos. A concentração de K nas folhas completas da videira situa-se entre 8 e 16 g kg<sup>-1</sup> e 15 a 25 g kg<sup>-1</sup> no pecíolo (CQFS RS/SC, 2016), sendo que a planta absorve cerca de 6 kg de K<sub>2</sub>O para cada 1000 kg de frutos produzidos (Melo, 2003).

As reservas de nutrientes na estrutura perene da videira desempenham um papel crítico no suprimento de nutrientes ao crescimento anual, em condições de captação insuficiente de nutrientes pelas raízes. As mudanças sazonais nessas reservas dependem, em grande parte, do estágio de desenvolvimento e dos requisitos de crescimento associados às videiras (Holzapfel et al., 2019). Fato que, o estado nutricional da videira é comumente refletido na concentração de elementos nas folhas coletadas em dois estágios fenológicos de uma planta, o pleno florescimento e a mudança de cor das bagas (Domagala-Swiatkiewicz et al., 2018).

Além disso, a concentração dos elementos no material vegetal depende da absorção, transporte através do sistema símplasto ou apoplasto, e acúmulo de íons na biomassa vegetal. Dessa forma, as interações entre nutrientes devem ser consideradas, durante o gerenciamento de adubação. No entanto, a concentração de nutrientes nas folhas da videira depende da influência de fatores externos à adubação, como as condições ambientais, o manejo agrícola utilizado e, principalmente, da resposta da cultivar e sua combinação cavalo/copa.

Em estudos realizados em solos arenosos na região da Campanha Gaúcha do RS, com duas cultivares de viníferas, branca e tinta, os autores mostram que as doses de P aplicadas, no solo, influenciaram a concentração e a quantidade acumulada do nutriente nas folhas completas das videiras. Os valores extraídos mostram que o nível crítico de P foi maior nas folhas coletadas no pleno florescimento do que na mudança de cor das bagas (Figura 3A, B). Assim, a partir de 1,63 e 1,15 g kg<sup>-1</sup>, no florescimento e mudança de cor, respectivamente, obteve-se as maiores produtividades relativas de uva. Este resultado reflete o comportamento produtivo da videira, já que durante o florescimento a emissão de raízes novas é maior, e ocorrem as maiores taxas de absorção de íons, entre eles o P, e há maiores acúmulos nas folhas. Durante o avanço dos estágios fenológicos ocorre a redistribuição deste P para outros órgãos, como os cachos, ou raízes, diminuindo as concentrações de P nas folhas. Para isso, a manutenção destes níveis durante os períodos indicados favorece a obtenção de elevadas produtividades e manutenção de parâmetros de qualidade, como sólidos solúveis totais (SST) e antocianinas.

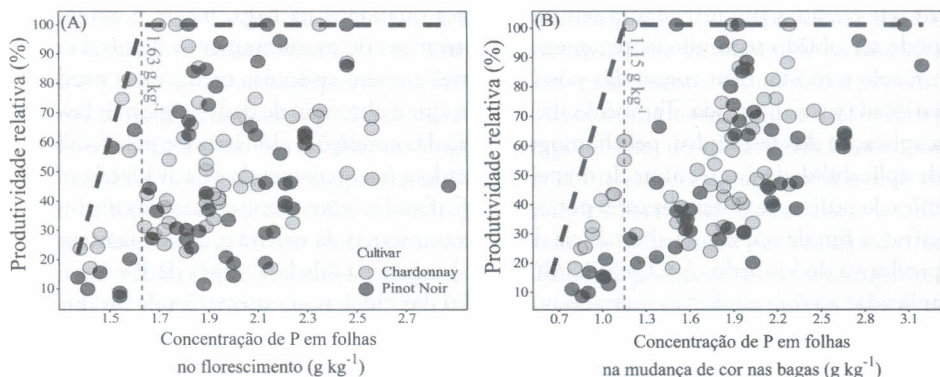


Figura 3. Relação entre a concentração de P em folhas de videiras coletadas (A) no pleno florescimento e, (B) na mudança de cor de bagas, com a produtividade relativa de videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’. Fonte: Os autores (2020).

Já para os resultados de K, os autores observaram níveis críticos de K no pleno florescimento a partir de  $12,5 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $11,3 \text{ g kg}^{-1}$  na mudança de cor nas bagas (Figura 4A, B). A manutenção dos teores de K está intimamente relacionado com as concentrações de Ca e Mg nas folhas e caso aconteça a preferência na absorção de K, poderá ser verificado um distúrbio fisiológico conhecido como dessecamento da ráquis, diminuindo drasticamente a produção. Somado a isso, os menores valores de K na mudança de cor das bagas em comparação ao florescimento estão atrelados ao desenvolvimento das plantas, o que causa um efeito de diluição pela maior produção de matéria seca vegetal.

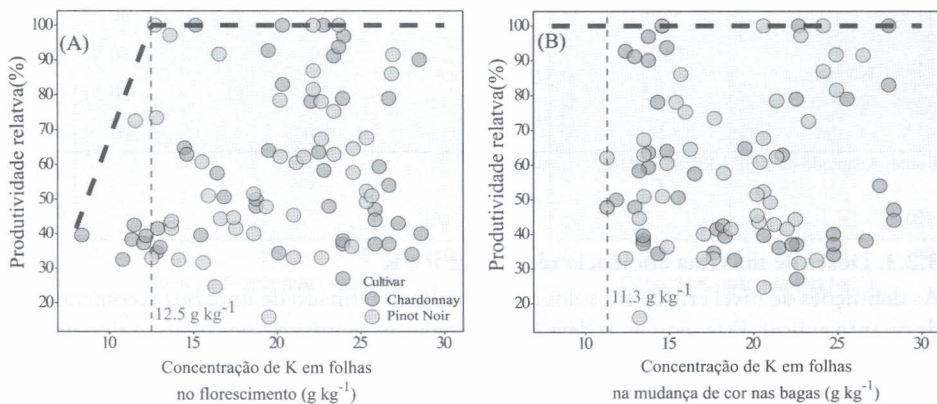


Figura 4. Relação entre a concentração de K em folhas de videiras coletadas (A) no pleno florescimento e, (B) na mudança de cor de bagas com a produtividade relativa de videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’. Fonte: Os autores (2020).

Desta forma, na manutenção do adequado estado nutricional das videiras é possível



atingir elevadas produtividades sem depreciar a qualidade da baga, mosto e vinho. Isso pode ser obtido seguindo as recomendações técnicas de monitoramento de nível crítico em solo e tecido, bem como, das possíveis doses a serem aplicadas conforme a produção estimada a ser alcançada. Também salientamos, que a obtenção de dados regionais favorece a aplicação dos resultados, pela homogeneidade das condições climáticas, e pela facilidade de aplicabilidade das técnicas de manejo. Somado a isso, recomenda-se a avaliação econômica da utilização de fertilizantes potássicos e fosfatados, com monitoramento contínuo de safras, a fim de respeitar a alternância de reservas internas da videira e, conseqüentemente, produtiva do vinhedo. A CQFS-RS/SC (2016) sugere na tabela 5, doses de P e K a serem aplicadas ao solo conforme o estado nutricional das videiras, a expectativa de produção, e o destino final da uva.

Tabela 5. Interpretação dos teores de P e K no tecido (folha ou pecíolo) de videiras.

Teores de P e K no tecido	Produtividade (t/ha)	Fósforo		Potássio	
		Uva para vinho ou de mesa	Uva para vinho	Uva para mesa	Uva para mesa
		kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>		kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	
Insuficiente	> 25	80	120	140	140
	15-25	60	80	80	120
	10-15	40	60	60	80
	< 10	30	40	40	60
Normal	> 25	60	50	60	60
	15-25	40	30	30	40
	10-15	20	20	20	20
	≤10	≤10	≤10	≤10	≤15

Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

### 3.2.3. Doses de máxima eficiência técnica de P e K

As definições de nível crítico em solos são o resultado refinado de uma boa recomendação de quanto aplicar. Esta sequência deve obedecer alguns requisitos, nos quais, o tipo de solo é o mais preponderante. Assim, a classe textural, ou seja, teor de argila é o limitante na real disponibilidade de P às plantas e por consequência, da resposta produtiva da videira. Solos arenosos possuem uma menor capacidade de adsorção de fosfato, devido as características morfológicas do solo oriundas de seus processos pedogenéticos de formação. O menor conteúdo de argilominerais com alta reatividade, a maior granulometria e por consequência, área de superfície específica, são fatores limitantes da capacidade de adsorção e desorção do P na fase coloidal, e assim, disponibilidade na solução do solo. Segundo a literatura, solos com maior adsorção de P apresentam níveis críticos maiores, pois menos P estará contido



em frações mais lábeis do solo, e por consequência, mais disponíveis às plantas. No entanto, solos arenosos necessitam de mais P, pois tem menor capacidade de adsorvê-lo na fase sólida. Já o K, está predominantemente, na forma iônica monovalente,  $K^+$ , no solo e por consequência, no tecido, e sua capacidade de retornar ao solo é muito maior que a do fósforo, devido a decomposição dos resíduos ao longo do tempo. Assim, devido a rápida e constante ciclagem de K no sistema, principalmente, se houver cultura de cobertura coabitando o vinhedo, o K pode migrar para camadas mais profundas de solo, em especial, os arenosos. Estas características intrínsecas de cada sistema de produção influenciam na dose de máxima eficiência técnica (MET) e também, econômica (MEE). Isso porque, cada safra é singular, e o clima influencia principalmente nos processos de perda destes elementos. Somado a isso, o acúmulo de P e K no solo, ajudam a mascarar os efeitos de aplicações de doses de elementos ao longo dos anos. Considerando uma produtividade relativa de 100 por cento, ou seja, a maior produção obtida em determinada safra, alguns autores com estudos na Campanha Gaúcha, sugerem doses de 45 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e 36 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  (Figura 5A, B). Entretanto, caso se opte por trabalhar com 90 por cento da produtividade relativa, estas doses caem para 25 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e 18 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  (Figura 5A, B). Estes estudos demonstram que após atingir níveis críticos adequados de P e K no solo, as doses de manutenção são baixas, e mantém altas produtividades, associadas a qualidade da baga.

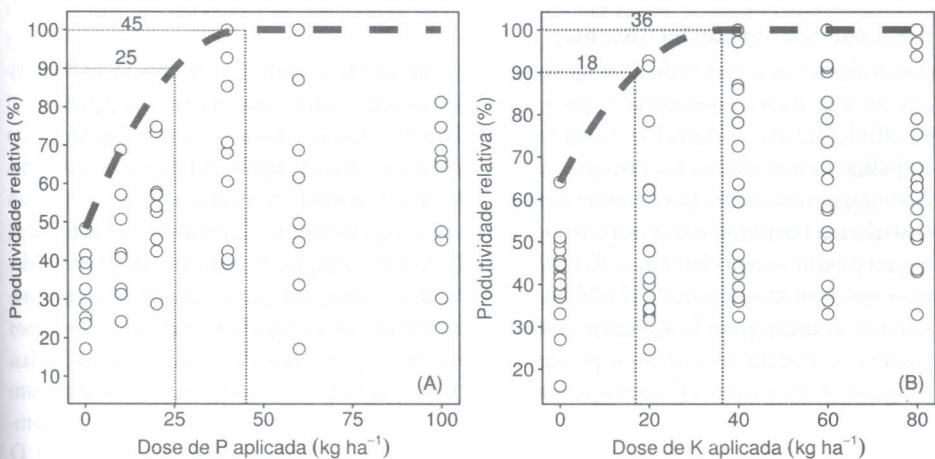


Figura 5. Máxima eficiência técnica de P (A) e K (B) em videiras cv. ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’, submetidas a doses de P e K no solo. Fonte: Os autores (2020).

### 3.3. Adubação nitrogenada

A adubação nitrogenada é uma das ferramentas mais poderosa que o técnico ou viticultor possuem no manejo do vinhedo, assim, deve-se tomar muito cuidado para não adubar em excesso. Como toda planta, a videira necessita de compostos nitrogenados para formar aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, clorofila, coenzimas, fitormônios e metabólitos secundários, a fim de realizar seus processos fotossintéticos básicos (Marschner, 2012). O

N por ser um elemento essencial, macronutriente, é requerido em maiores quantidades em relação aos demais, e sua deficiência é visualmente identificada, seja pelo baixo vigor das plantas, ou mesmo, por cloroses nas folhas marcadas pela tonalidade amarelada (Carranca et al., 2018). Porém, seu excesso também pode ser prejudicial, já que plantas, excessivamente vigorosas, produzem muita massa de parte aérea, e acabam sombreando os cachos, alterando assim, a composição química da baga (Centinari et al., 2016; Vilanova et al., 2019). Desta forma, a adubação nitrogenada em videiras divide-se em (i) adubação de crescimento e (ii) adubação de manutenção. Para ambas se preconiza a avaliação da disponibilidade de N oriundo da matéria orgânica do solo, dos teores foliares, ou seja, ferramentas de solo e plantas, as quais dão subsídio para o técnico tomar decisões. A adubação de crescimento tem como objetivo potencializar o crescimento inicial da parte aérea e sistema radicular, proporcionando aumento de vigor às videiras. Ela inicia logo após o estabelecimento do vinhedo e mantém-se até o início de produção de uva, o que normalmente ocorre no segundo ou terceiro ano. Neste momento, recomenda-se apenas aplicar N, pois os níveis de P e K já foram aumentados até o nível suficiente ou crítico, no momento da adubação de pré-plantio. A adubação nitrogenada preconiza aumentar o acúmulo de fotoassimilados e antecipar a formação da estrutura vegetativa das videiras. Normalmente, a matéria seca total das plantas apresenta de 1 a 5 % de N.

### 3.3.1. Melhor tipo de fertilizante

A escolha do tipo de fertilizante na agricultura, em geral, considera a relação custo-benefício, ou seja, qual a concentração por unidade de produto que é mais vantajosa (Queiroz et al., 2011)(Tabela6). Desta forma, na região Sul do Brasil, quando os viticultores necessitam trabalhar com a adubação nitrogenada, a utilização da ureia (45% de N) é a mais indicada. A vantagem da utilização da ureia é o controle da quantidade aplicada, sem propiciar um desbalanço nutricional dos outros nutrientes, caso seja utilizada alguma outra fonte de N a qual possua outro elemento, Nitrato de Cálcio, por exemplo. Neste caso hipotético, deve-se monitorar os teores de K e Mg no solo, devido as relações que as bases trocáveis apresentam. A ureia quando aplicada sobre a superfície do solo é rapidamente hidrolisada por enzimas extracelulares ureases, produzidas por microrganismos do solo, como bactérias fungos e actinomicetos (Lorensini et al., 2012). Da sua hidrólise são formados o carbonato de amônio [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ], o qual é pouco estável no solo e se decompõe rapidamente, originando amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidroxila ( $\text{OH}^-$ ). O  $\text{HCO}_3^-$  pode se decompor em  $\text{CO}_2$  e  $\text{OH}^-$ . Caso parte  $\text{NH}_4^+$  reaja com  $\text{OH}^-$ , pode ocorrer a formação de  $\text{NH}_3$ , que é perdida para a atmosfera por volatilização. Outra parte de  $\text{NH}_4^+$  pode ser transformado por oxidação biológica em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), seguido por nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), e este pode ser absorvido pelas raízes das videiras ou perdido por lixiviação, especialmente em solos arenosos, sendo afetado pela quantidade de N aplicado no solo e volume de chuva (Lorensini et al., 2012; Brunetto et al., 2016; Stefanello et al., 2020). Assim, estratégias para minimizar as quantidades de  $\text{NO}_3^-$  lixiviadas devem ser elaboradas, como a aplicação de N em estágios fenológicos de maior demanda pelas videiras, fracionamento das aplicações, e o fornecimento via modos alternativos que possibilitem a maior recuperação do fertilizante pela videira.

Tabela 6. Teores mínimos de nutrientes dos principais fertilizantes nitrogenados.

Fertilizantes Nitrogenados	Garantia mínima	Observações
Ureia	45 % de N	
Sulfato de amônio	20 % de N	22 a 24 % de S
Nitrato de amônio	32 % de N	
Nitrato de cálcio	12 % de N	16 a 19 % de Ca

Fonte: Adaptado de Brasil (2007).

### 3.3.2. Melhor época de aplicação

O sucesso do manejo da adubação nitrogenada passa pela escolha da melhor época de aplicação do fertilizante. Isso por que, como o N é um elemento passível de muitas transformações no ambiente, ele pode ser perdido por volatilização, lixiviação, desnitrificação, ou mesmo, imobilizado na biomassa microbiana, diminuindo assim o aproveitamento pela videira (Lorensini et al., 2012; Brunetto et al., 2018). Assim, muitos autores em diferentes Países relatam que na maioria das observações as videiras recuperaram maiores quantidades de fertilizante quando o mesmo foi ofertado no início da brotação (Conradie, 1991; Löhnertz, 1991; Glad et al., 1994; Araújo et al., 1995; Brunetto et al., 2006; Brunetto et al., 2008) (Figuras 6 e 7). Isso possivelmente ocorre porque, principalmente nas nossas condições da região Sul, a brotação inicia quando finda o inverno, assim as temperaturas aumentam e ocorrência de chuvas proporciona umidade adequada ao solo, potencializando a atividade da população microbiana (Calleja-Cervantes et al., 2015; Burns et al., 2016). Somado a isso, no início da brotação a videira irá redistribuir as reservas de N acumuladas nos caules e raízes da safra anterior, para os órgãos em crescimento, tais como os ramos, folhas, e posteriormente cachos (Millard & Grelet, 2010). Este período é de intensa divisão celular e por consequência, de alta demanda energética, a qual é suprida a partir da fertilização nitrogenada (Brunetto et al., 2006).



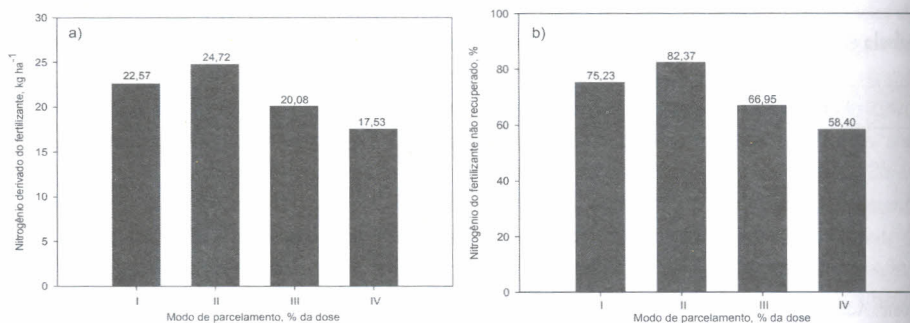


Figura 6. N derivado do fertilizante não recuperado (kg ha<sup>-1</sup>) (a) e nitrogênio do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras cv. 'Cabernet Sauvignon' submetidas a aplicação de 30 kg N ha<sup>-1</sup> em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha. I) 25% no início da brotação + 25% na brotação + 25% na floração + 25% no crescimento das bagas; II) 50% no início da brotação + 50% na brotação; III) 33,33% na brotação + 33,33% na floração + 33,33% no crescimento das bagas e IV) 50% na floração + 50% no crescimento das bagas.

Fonte: Adaptado de Brunetto (2008).

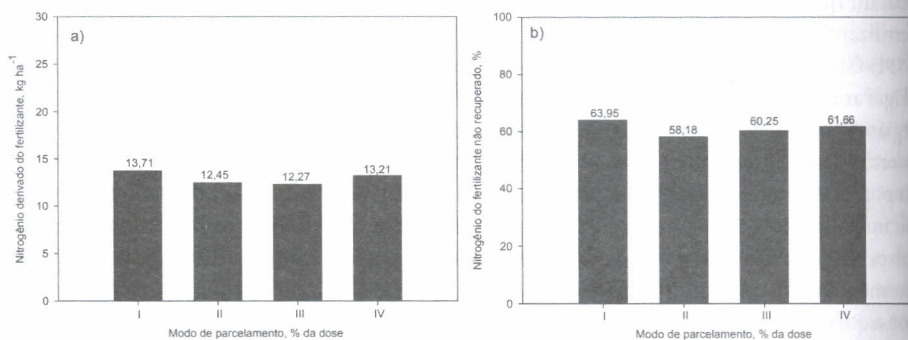


Figura 7. N derivado do fertilizante não recuperado (kg ha<sup>-1</sup>) (a) e N do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras cv. 'Cabernet Sauvignon' submetidas a aplicação de 21,42 kg N ha<sup>-1</sup> em diferentes modos de parcelamento na Campanha Gaúcha do RS. I) 25% no início da brotação + 25% na brotação + 25% na floração + 25% no crescimento das bagas; II) 50% no início da brotação + 50% na brotação; III) 33,33% na brotação + 33,33% na floração + 33,33% no crescimento das bagas e IV) 50% na floração + 50% no crescimento das bagas.

Fonte: Adaptado de Brunetto (2008).

Por outro lado, Vos et al. (2004) e Schreiner & Scagel (2006) reportam que o estágio mais adequado para aplicação de N seria durante o intervalo de seis semanas as quais ocorre a floração, possibilitando uma recuperação de N maior que 20% em comparação a brotação. Neste caso, após a maturação das bagas, o N absorvido e acumulado nas folhas e ramos



pode ser redistribuído novamente para os órgãos de reserva, o que aumenta as reservas do nutriente em órgãos perenes, as quais são mobilizadas e redistribuídas para órgãos em crescimento no próximo ciclo, durante a primavera (Zapata et al., 2004).

### 3.3.2. Melhor modo de aplicação

A aplicação de fertilizantes nitrogenados em vinhedos proporciona o incremento das formas minerais de N, como amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), em diferentes profundidades do perfil de solo, e conseqüentemente, da solução do solo (Barlow et al., 2009; Lorensini et al., 2017; Stefanello et al., 2020). Normalmente, o N é aplicado na forma sólida (granulada), na projeção da copa das videiras, sobre a superfície do solo, sem incorporação, a fim de evitar danos mecânicos às raízes, já que isso pode estimular a incidência de doenças radiculares severas, as quais diminuem drasticamente o período produtivo das videiras (Pertot et al., 2008; Steenwerth & Belina, 2010; Pertot et al., 2017). Entretanto, em regiões tropicais e mesmo, subtropicais úmidas, como em grande parte do Brasil, as perdas de formas de N, seja pela volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ) (Figura 8), ou pela lixiviação de nitrato (Figura 9) são potencializadas pelas elevadas temperaturas do ar e frequentes precipitações (Steenwerth & Belina, 2010; Lorensini et al., 2012).

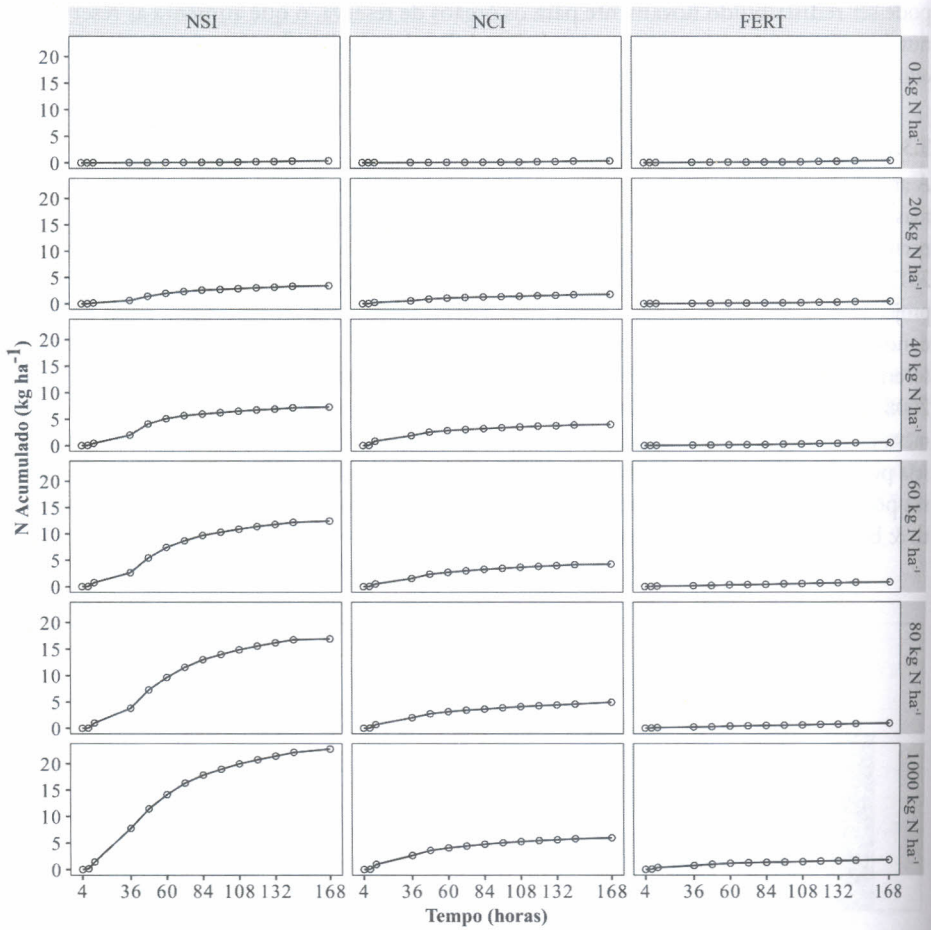


Figura 8. Emissão cumulativa de amônia ( $\text{NH}_3$ ) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em solo submetido a modos de fornecimento de doses de N (Ureia: 45% N), cultivado com videiras jovens cv. *'Alicante Bouschet'*, na região da Campanha Gaúcha do RS (NSI- Aplicação de nitrogênio sem irrigação; NCI- Aplicação de nitrogênio com irrigação; FERT- Nitrogênio via Fertirrigação). Fonte: Os autores (2020).

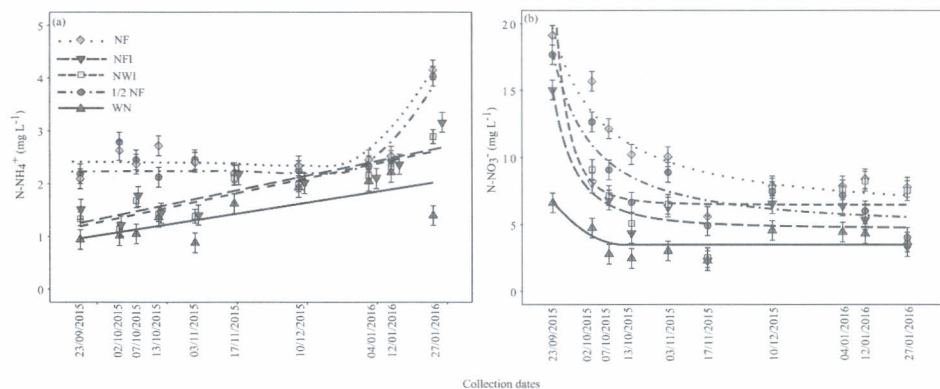


Figura 9. Concentração de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (a) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (b) na solução do solo cultivado com videiras cv. 'Alicante Bouschet' submetido a modos de fornecimento de N, durante 10 eventos pluviométricos na região da Campanha Gaúcha do RS. (NF- Nitrogênio via Fertirrigação; NFI- Aplicação de nitrogênio seguida de irrigação; NWI- Aplicação de nitrogênio sem irrigação; 1/2NF- 1/2 aplicação de nitrogênio via fertirrigação; C- Controle sem nitrogênio). Barras verticais indicam o erro padrão ( $p < 0.001$ ). ( $\text{NH}_4^+$  = (NF)  $y = 60.705986 - 0.946492 * x + 0.003838 * x^2$  platô aos 123.3 DAA; (1/2NF)  $y = 12.3717648 - 0.1984223 * x + 0.0009721 * x^2$  platô aos 102.1 DAA; (NFI)  $y = 10.3868 + 0.01132 * x$ ; (NWI)  $y = 0.9248 + 0.0111 * x$ ; (C)  $y = 0.9248 + 0.0111 * x$ ); ( $\text{NO}_3^-$  = (NF)  $y = 5.571 + 332.559 * x^{1.072}$ ; (1/2NF)  $y = 4.733 + 723.163 * x^{1.361}$ ; (NFI)  $y = 6.480 + 6575000 * x^{4.342}$ ; (NWI)  $y = 4.711 + 14640.121 * x^{2.463}$ ; (C)  $y = 13.270419 - 0.439530 * x + 0.004933 * x^2$  platô aos 44.5 DAA). Fonte: Adaptado de Stefanello et al. (2020).

Este conjunto de interações entre manejo da fertilidade e clima interfere no potencial de recuperação do fertilizante pela videira, sendo que, em condições de campo, as videiras recuperam em média de 20% à 40% do fertilizante nitrogenado ofertado, alocando-o principalmente nos órgãos anuais, como folhas, ramos e cachos (Conradie, 1990; Brunetto et al., 2006; Brunetto et al., 2016). Assim, as condições edafoclimáticas serão fatores limitantes na resposta da cultura à fertilização. As videiras cultivadas em solos de textura média à argilosa, na maioria das vezes, com ocorrência em regiões de maior altitude, tem a sua necessidade de N suprida pela mineralização da matéria orgânica, não apresentando resposta produtiva à fertilização nitrogenada (Stefanello et al., 2019). Somado a isso, o consórcio de plantas de cobertura nos vinhedos favorecem a manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, e isso possibilita a deposição dos resíduos e a ciclagem de nutrientes, sejam eles oriundos de partes da videira, como o material podado e folhas em senescência, os quais contribuem para a nutrição do vinhedo, ou de plantas espontâneas, como as que ocorrem no Bioma Pampa (Zalameña et al., 2013; Brunetto et al., 2014). Por outro lado, quando as videiras são cultivadas em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica (MOS), como os solos que ocorrem em regiões produtoras de uva e vinho reconhecidas mundialmente, como Napa Valley (EUA), Barossa Valley (Austrália), Ribera Del Duero (Espanha), Vale de Itata (Chile) e mesmo, Campanha Gaúcha (Brasil), se observa

incremento na produção de uva a partir da aplicação de fertilizantes nitrogenados (Bell & Robson, 1999; Brunetto et al., 2007; Lorenzini et al., 2015; Stefanello et al., 2020). Desta forma, a oferta de N por um modo de fornecimento mais adequado, como a fertirrigação, ou mesmo, a aplicação de N seguida de irrigação, pode propiciar uma maior recuperação do fertilizante pela videira. O ajuste de manejo da sincronia temporal entre a demanda da planta e a oferta do fertilizante será fator preponderante no potencial de recuperação do N. Por isso, modos de fornecimento, os quais utilizam a água como meio carreador de elementos possibilitam um maior desenvolvimento radicular das videiras (Figura 10), as quais explorarão um maior volume de solo, e potencialmente poderão absorver uma maior quantidade de N (Radville et al., 2016).

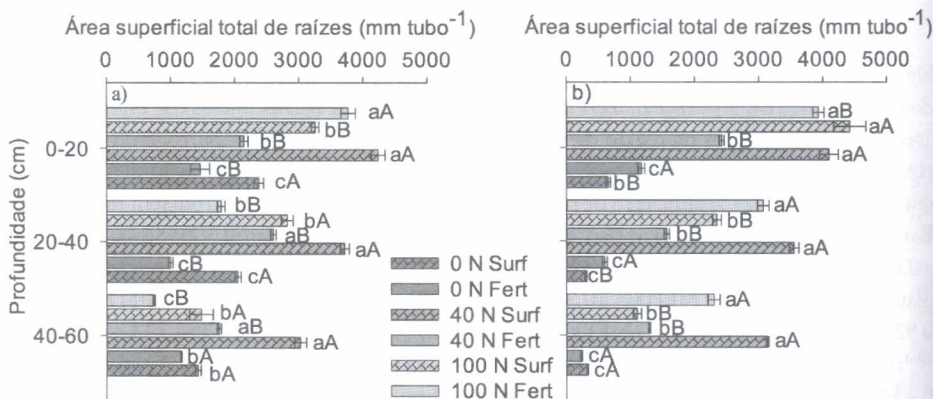


Figura 10. Área superficial total de raízes ( $\text{mm tubo}^{-1}$ ) nas safras 2016/17 (a) e 2017/18 (b) nas camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de solo, durante o florescimento de videiras '*Alicante Bouschet*' (*Vitis vinifera* L.) submetidas a diferentes doses e modos de aplicação de N, na região Sul do Brasil (N Surf – Nitrogênio em superfície; N Fert – Nitrogênio fertirrigado; 0, 40 e 100  $\text{kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Barras verticais indicam erro padrão ( $n = 4$ ). Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as doses de N no mesmo modo de aplicação e, letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os modos de aplicação de N na mesma dose N pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Fonte: Adaptado de Kulmann (2019).

A fertirrigação e a aplicação de N seguida de irrigação facilitam o crescimento e desenvolvimento inicial das videiras, a partir do aumento do vigor das plantas, e isso pode, muitas vezes, antecipar o período produtivo, possibilitando um retorno rápido do capital investido (Stefanello et al., 2020). Somado a isso, plantas mais vigorosas na juventude acumularão mais N nos tecidos em expansão, como folhas e ramos do ano, mas também em órgãos de reserva, como caules e raízes (Figura 11), a fim de manter o balanço interno de C e N positivo (Brunetto et al., 2006; Brunetto et al., 2016).



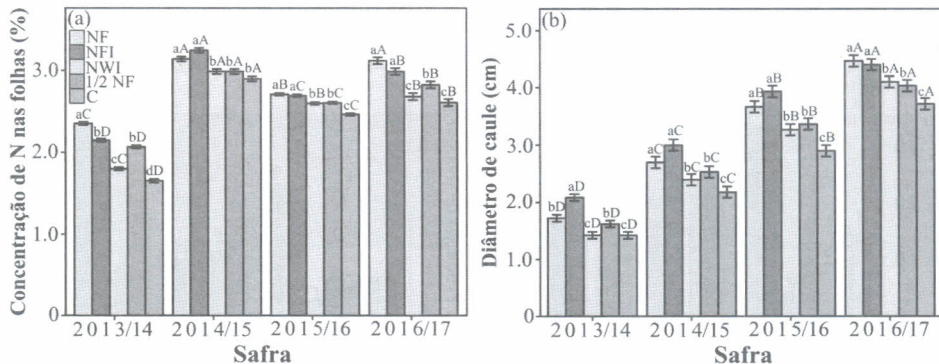


Figura 11. Concentração de N em folhas (a) e diâmetro de caule (b), em videiras jovens cv. *‘Ali-cante Bouschet’* submetidas a modos de fornecimento de N na região Sul do Brasil. (NF- Nitrogênio via Fertirrigação; NFI- Aplicação de nitrogênio seguida de irrigação; NWI- Aplicação de nitrogênio sem irrigação; 1/2NF- 1/2 aplicação de nitrogênio via fertirrigação; C- Controle sem nitrogênio). Letras minúsculas diferentes indicam uma diferença significativa entre os diferentes modos de fornecimento de N na mesma safra, e letras maiúsculas diferentes indicam uma diferença significativa entre as safras para cada modo de fornecimento de N pelo teste de Skott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Adaptado de Stefanello et al. (2020).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados via fertirrigação ou mesmo seguida de irrigação propicia a manutenção do adequado estado nutricional das videiras possibilitando incrementos de produtividade (Figura 12), principalmente em solos com baixa disponibilidade natural de N, como os arenosos, sem a depreciação da qualidade da uva e do mosto, desde que, as doses utilizadas sejam compatíveis com a demanda da planta (CQFS/RS-SC, 2016).

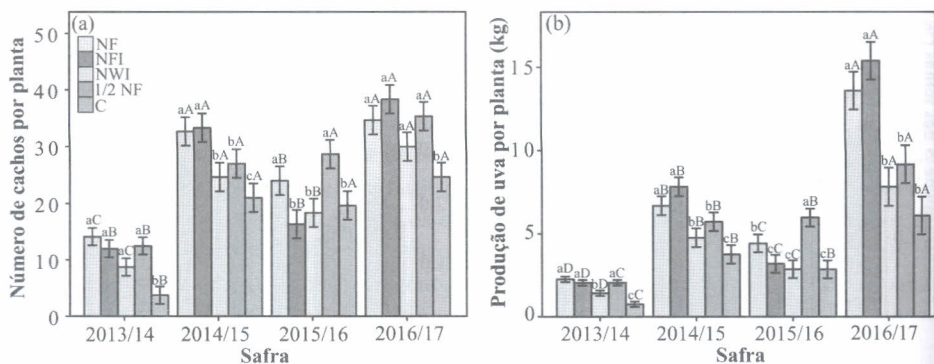


Figura 12. Número de cachos por planta (a) e produção de uva por planta (b), em videiras jovens cv. 'Alicante Bouschet' submetidas a modos de fornecimento de N na região Sul do Brasil. (NF- Nitrogênio via Fertirrigação; NFI- Aplicação de nitrogênio seguida de irrigação; NWI- Aplicação de nitrogênio sem irrigação; 1/2NF- 1/2 aplicação de nitrogênio via fertirrigação; C- Controle sem nitrogênio). Letras minúsculas diferentes indicam uma diferença significativa entre os diferentes modos de fornecimento de N na mesma safra, e letras maiúsculas diferentes indicam uma diferença significativa entre as safras para cada modo de fornecimento de N pelo teste de Skott-Knott ( $P < 0,05$ ). Fonte: Adaptado de Stefanello et al. (2020).

### 3.2.3. Dose de Máxima Eficiência Técnica (MET)

A recomendação da dose de N para a cultura da videira em regiões produtoras tradicionais do Mundo é baseada, preferencialmente, na análise de solo e/ou órgão vegetal. Normalmente utilizando-se a folha, considerada como órgão diagnóstico, devido sua participação no processo de translocação de fotoassimilados nos períodos de crescimento (Tagliavini & Millard, 2005). Entretanto, a frequência para a realização das coletas de solo e a dificuldade em quantificar o N disponível em amostras de solo, impossibilita a recomendação da dose a ser aplicada. Assim, normalmente os sistemas de recomendação de adubação consideram o conteúdo de matéria orgânica do solo, para predição da necessidade e doses de N (Tabela 7) (CQFS-RS/SC, 2016). Nos estados do RS e SC antes da instalação dos vinhedos, tem sido utilizado o conteúdo de matéria orgânica do solo como critério base para a definição da necessidade e dose de N a ser aplicada na adubação de pré-plantio e crescimento em videiras (CQFS-RS/SC, 2016). A utilização do conteúdo de matéria orgânica do solo para recomendação da dose é fundamentada pela possibilidade da mineralização do N, presente nos compostos orgânicos, por causa da ação dos microrganismos; e na futura disponibilização de formas de N na solução do solo ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ), que podem ser absorvidas pelas videiras. Porém, talvez o mais adequado fosse o estabelecimento de uma melhor dose de N, através da realização de experimentos regionais de calibração, onde a dose a ser recomendada fosse correlacionada com parâmetros de crescimento, produção e composição da uva ou também dos subprodutos elaborados, como o mosto e o vinho.

Tabela 7. Teores de matéria orgânica do solo e respectivas doses de N a serem aplicadas conforme a idade do vinhedo e o destino final da uva.

Teor de matéria orgânica no solo	Anos após o plantio		
	1 <sup>o</sup> (1)	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>
	<b>Dose de N para uva para vinho</b>		
%	.....kg de N ha <sup>-1</sup> .....		
≤ 2,5	30	40	50
2,6 a 5,0	20	20	30
> 5,0	≤10	≤10	0
	<b>Dose de N para uva para mesa</b>		
	.....kg de N ha <sup>-1</sup> .....		
≤ 2,5	50	60	70
2,6 a 5,0	30	30	40
> 5,0	≤10	≤10	≤20

(1) Ano de plantio do porta-enxerto. Para muda enxertada, conta-se a partir do 2<sup>o</sup> ano. Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

O propósito da utilização da adubação nitrogenada é aumentar o acúmulo de fotoassimilados, e antecipar a formação da estrutura vegetativa da planta (Pommer, 2003). Assim, a CQFS-RS/SC (2016) define a necessidade e a dose de N em videiras em produção com base na sua concentração em folhas e na expectativa de produtividade (Tabela 8). Entretanto, caso a análise de tecido não esteja disponível, recomenda-se a utilização da análise de solo, baseando-se no conteúdo de matéria orgânica, geralmente inferior a 2,5%, na maioria dos solos agrícolas brasileiros.



Tabela 8. Dose de N a aplicar em vinhedos em produção a partir da interpretação dos teores de matéria orgânica do solo, produtividade esperada e destino final da uva.

Interpretação do teor de N no tecido (folha completa ou pecíolo)	Produtividade	Uva para vinho		Uva de mesa	
		(t ha <sup>-1</sup> )	.....kg de N ha <sup>-1</sup> .....		
Insuficiente	> 25	40	100		
	15 - 25	30	70		
	10 - 15	15	40		
	< 10	10	20		
Normal	> 25	30	50		
	15 - 25	20	30		
	10 - 15	10	20		
	< 10	10	15		
Excessivo	Qualquer produtividade	0	0		

Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Muitos estudos já foram realizados na região Sul do Brasil, tanto em solos com textura arenosa, como argilosa, a fim de observar a resposta produtiva das videiras a doses de N (Figura 13). Entretanto, a literatura é contraditória quanto a resposta produtiva das videiras à oferta de N. Em alguns casos não se verificou incremento de produção com a adição de doses de N, mas por outro lado, alguns estudos demonstraram efeito positivo do N sobre a produção de uva, entretanto, as doses de máxima eficiência técnica (MET) foram obtidas a partir de aplicações inferiores a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N (Brunetto et al., 2007; Brunetto et al., 2008; Brunetto et al., 2009; Lorensini et al., 2015; Stefanello et al., 2020).

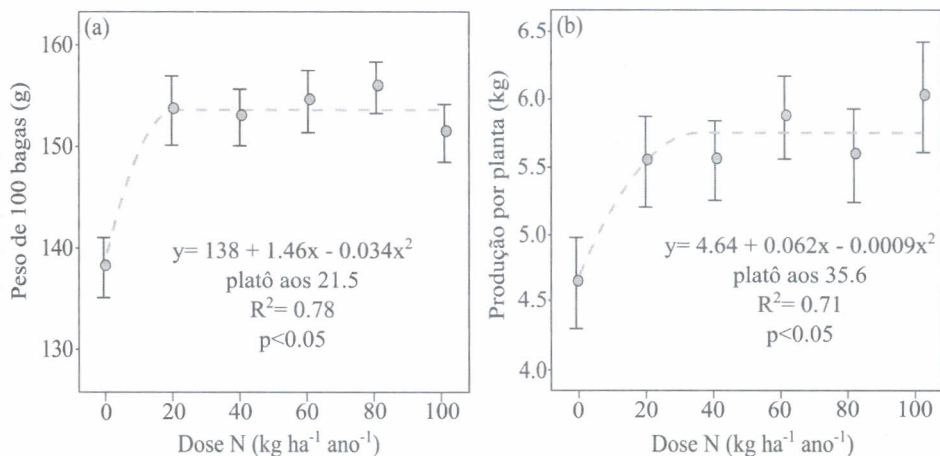


Figura 13. Peso de 100 bagas (a) e produção de uva por planta (b), em videiras jovens cv. *'Alicante Bouschet'*, submetidas a modos de fornecimento de doses de N na região Sul do Brasil. Fonte: Adaptado de Stefanello (2018).

### 3.2.4. Nível crítico de N em folhas

Além de todas estas informações o técnico e o agricultor ainda podem se munir de outra ferramenta, a diagnose foliar. Como o N tende a ser aplicado anualmente e as plantas perenes apresentam boa correlação entre os teores foliares e a produção de frutas, sempre que possível, recomenda-se o monitoramento da concentração dos elementos no tecido. Assim, estabelecemos níveis críticos de N em folhas completas baseados na sua concentração no tecido e na produção relativa de uva, a partir de experimentos de calibração com avaliações em diversas safras em toda região Sul do Brasil (Figura 14).

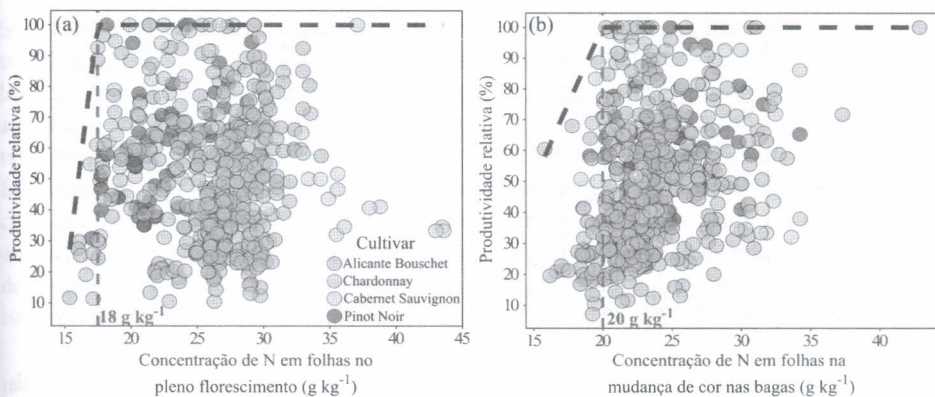


Figura 14. Nível crítico de N em folhas durante o pleno florescimento (a) e a mudança de cor nas bagas (b) em videiras cultivadas na região Sul do Brasil. Fonte: Os autores (2020).

### 3.4. Efeitos da adubação sobre a composição da uva, mosto e vinho

A aplicação de fertilizantes nitrogenados proporciona o incremento de formas de N mineral no solo, como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), as quais são potencialmente absorvidas pelas raízes das videiras, e assim, possibilitarão o adequado desenvolvimento vegetativo e produtivo (Brunetto et al., 2016; Stefanello et al., 2020). Entretanto, a dose de N a ser aplicada depende do vigor do vinhedo. Visto que, videiras excessivamente vigorosas apresentam uma grande massa de folhas e isso diminui a incidência solar direta no interior do dossel, podendo alterar a qualidade da uva e, conseqüentemente, do mosto e vinho (Stefanello et al., 2019) (Figura 15). A menor radiação solar incidente sobre os cachos pode afetar a atividade enzimática e os processos de redistribuição de compostos fenólicos, como antocianinas totais, as quais estão presentes em maiores concentrações nas cascas das bagas, e condicionam a intensidade da coloração avermelhada na uva (Brunetto et al., 2007; Stefanello et al., 2020).

Estudos relatam que a aplicação de doses superiores a  $40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  contribuem para a diminuição da concentração de antocianinas totais no mosto (Brunetto et al., 2008; 2009). Além disso, o aumento da produção, verificado tanto pelo aumento do número, quanto no tamanho de bagas, pode favorecer a diluição das concentrações de sólidos solúveis totais (SST) (Tescic et al., 2007; Brunetto et al., 2009; Stefanello et al., 2020). Por outro lado, há a necessidade de manter teores adequados de compostos nitrogenados nas uvas, como arginina, asparagina, glutamato e glutamina, os quais são importantes fontes de N para as leveduras durante o processo de fermentação do mosto (Bell & Henschke, 2005).

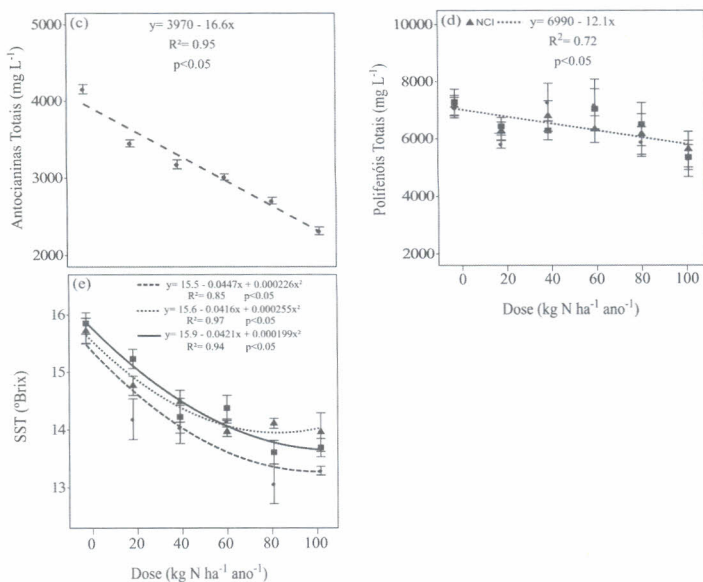


Figura 15. Antocianinas totais (AT) (c); polifenóis totais (PT) (d); e sólidos solúveis totais (SST) (e), em videiras *Alicante Bouschet* submetidas a modos de fornecimento de doses de N na região Sul do Brasil (NF= Nitrogênio via Fertirrigação, NCI = Nitrogênio Com Irrigação, NSI = Nitrogênio Sem Irrigação). Fonte: Adaptado de Stefanello (2018).



O N está associado à multiplicação de leveduras e à conclusão da fermentação alcoólica, sendo que nestes períodos são necessários de 130 a 160 mg L<sup>-1</sup> de N (Spayd et al., 1995; Bell & Henschke, 2005). Assim, baixos níveis de N (<130 mg L<sup>-1</sup>) podem resultar em processos fermentativos mais lentos e isso pode levar à formação de compostos sulfurados indesejáveis nos vinhos (Vilanova et al., 2007; Ugliano et al., 2009). Estudos realizados na Campanha Gaúcha (Dados não publicados), mostraram que o aumento da fertilização nitrogenada resultou no incremento de amônia no mosto (Figura 16). No entanto, para as safras avaliadas, 2018 e 2019, mesmo com tal incremento, os teores de amônia ainda ficaram abaixo das necessidades mínimas das leveduras (100 mg L<sup>-1</sup> para a cv. 'Chardonnay' e 50 mg L<sup>-1</sup> para a cv. 'Pinot Noir').

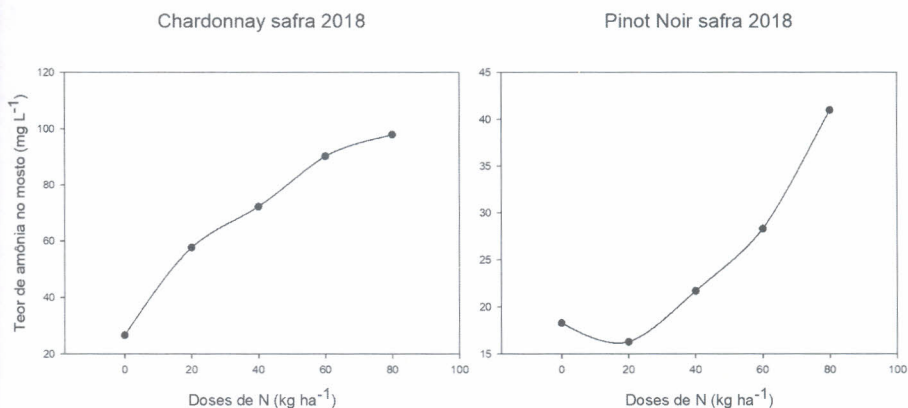


Figura 16. Teores de amônia (mg L<sup>-1</sup>) no mosto de uvas de videiras 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' submetidas as doses crescentes de nitrogênio no solo na safra 2018. Fonte: Os autores (2020).

A deficiência de N na videira também reduz a produção de polifenóis totais. Os polifenóis têm grande influência sobre a tonalidade e intensidade da cor, bem como, nas características gustativas da uva e do vinho (Keller, 2015; Pérez-Álvarez et al., 2017). Por outro lado, utilizando doses adequadas de N, o conteúdo de N nas bagas e, por consequência, N amoniacal no mosto podem aumentar (Spayd et al., 1995; Choné et al., 2006). Desta forma, também podem aumentar os valores de pH do mosto (Spayd et al., 1995; Kelly et al., 2017). Essas alterações podem resultar em vinhos com elevado pH, mais suscetíveis a ataques microbiológicos e com menor intensidade da coloração vermelha das antocianinas (Rizzon & Miele, 2002). Uma maior acidez pode ser estratégica para elaboração de alguns vinhos, desde que, tais produtos busquem ressaltar a acidez (exemplo, vinhos base para espumante, bem como brancos, rosés ou tintos de guarda).

Aplicações excessivas de N (muito superiores a 40 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) aumentam o tamanho e número de bagas, porém resultam na diluição de antocianinas totais e dos sólidos solúveis totais, que são responsáveis por até 90% dos açúcares encontrados no mosto (Spayd et al., 1995; Tesic et al., 2007; Brunetto et al., 2009). Essas alterações normalmente não são desejadas, pois resultam em vinhos de menor intensidade de coloração e menor potencial

alcoólico, respectivamente. Na Campanha Gaúcha do RS, para as cultivares ‘*Chardonnay*’ e ‘*Pinot Noir*’ avaliadas durante as safras de 2018 e 2019 (Dados não publicados), a utilização de doses crescentes de N (0 a 80 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) resultaram no incremento, embora pequeno, de SST, açúcares redutores e densidade inicial do mosto (Tabela 9). Este fato chama atenção, pois a dinâmica observada é diferente da observada em estudos anteriores reportados.

Tabela 9. Densidade inicial, concentração de sólidos solúveis totais (SST) e açúcares redutores no mosto da uva de videiras ‘*Chardonnay*’, submetidas a doses crescentes de N no solo, na safra 2018.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	cv. ‘ <i>Chardonnay</i> ’		
	Densidade inicial do mosto (g mL <sup>-1</sup> )	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Teor de açúcares redutores (g L <sup>-1</sup> )
0	1,085	20,5	207,6
20	1,086	20,7	209,0
40	1,087	21,0	212,1
60	1,086	21,1	212,8
80	1,087	21,3	215,6

Fonte: Os autores (2020).

O aumento da dose de N também resultou no incremento dos teores de ácido glucônico nos mostos (Figura 17). O ácido glucônico é um produto da oxidação da glicose das bagas, resultado da ação de microrganismos como o *Botrytis cinerea* (Tsukatani & Matsumoto, 2005). Bagas atacadas por podridões resultam em mostos com teores de ácido glucônico acima de 0,5 g L<sup>-1</sup> (Zoecklein et al., 2000). Para a cv. ‘*Chardonnay*’, os teores de ácido glucônico foram maiores em 2018, onde doses a partir de 20 kg N ha<sup>-1</sup> resultaram em mostos com ácido glucônico acima de 0,5 g L<sup>-1</sup>. Em 2019, nenhuma das doses aplicadas (0 a 80 kg N ha<sup>-1</sup>) ultrapassou este limite, embora o aumento da dose de N tenha incrementado o aumento do ácido glucônico. Estes resultados são similares aos observados por Eckhardt et al. (2019), os quais avaliaram o ácido glucônico como indicador de qualidade de uvas da Campanha Gaúcha do RS, sendo o teor de ácido glucônico de 0,51 g L<sup>-1</sup> um limite aceitável para uvas ‘*Chardonnay*’. Já para a cv. ‘*Pinot Noir*’ a safra de 2018, bagas oriundas das plantas que receberam doses de 60 à 80 kg N ha<sup>-1</sup> apresentaram os maiores teores de ácido glucônico (0,1 e 0,2 g L<sup>-1</sup>, respectivamente). Na safra de 2019, os teores de ácido glucônico aumentaram com a elevação da adubação nitrogenada (0 a 80 kg N ha<sup>-1</sup>), ultrapassando 0,5 g L<sup>-1</sup> em todas as doses avaliadas.

Chardonnay safra 2018

Pinot Noir safra 2019

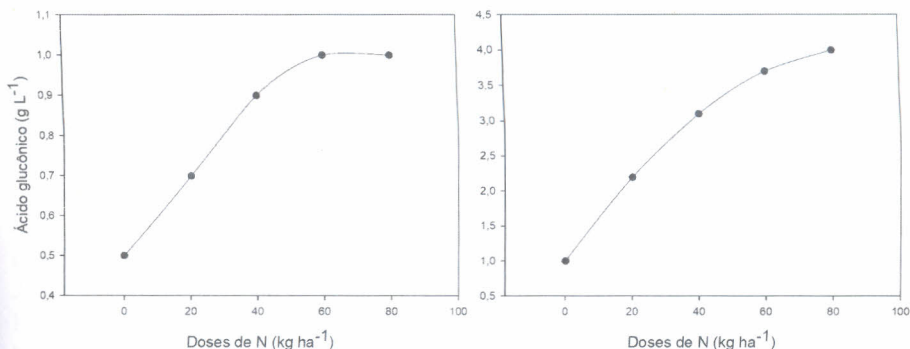


Figura 17. Concentração de ácido glucônico ( $\text{g L}^{-1}$ ) no mosto da uva de videiras 'Chardonnay' submetidas as doses crescentes de N no solo na safra 2018, e de videiras 'Pinot Noir' na safra 2019. Fonte: Os autores (2020).

O P afeta diretamente o vigor da videira. Quando em deficiência, reduz o desenvolvimento da planta (sistema radicular e parte aérea), além de diminuir a lignificação dos tecidos (Fregoni, 1980). A concentração de P na videira, e consequentemente, no mosto e no vinho é resultado do manejo do solo do vinhedo, respondendo principalmente à adubação fosfatada e ao pH do solo, os quais limitam a disponibilidade do P às plantas (Skinner & Matthews, 1987).

Além da concentração de P, a adubação fosfatada pode alterar outros parâmetros no mosto e no vinho. Estudos realizados na Campanha Gaúcha do RS (Dados não publicados) demonstram que o incremento de P no vinhedo resultou na diminuição SST das uvas e, consequentemente, de densidade inicial e açúcares redutores do mosto (cvs. 'Chardonnay' e 'Pinot Noir', na safra de 2018). Embora o P promova o aumento do número e do tamanho de folhas e a fixação e qualidade de frutos (Schumacher, 2014), doses mais elevadas (acima de  $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) resultaram em teores mais baixos de açúcar no mosto (Figura 18). Isso pode estar relacionado ao aumento da densidade de dossel foliar, influenciada positivamente pela maior disponibilidade de P, o que diminui a luminosidade direta nos cachos, retardando ou impedindo o amadurecimento desses cachos (Brunetto et al., 2007; Stefanello et al., 2019).



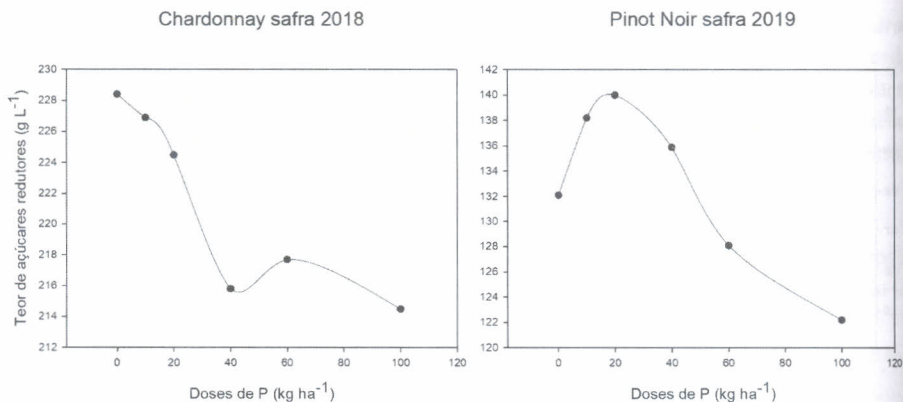


Figura 18. Teor de açúcares redutores ( $\text{g L}^{-1}$ ) no mosto da uva de videiras '*Chardonnay*' submetidas as doses crescentes de P no solo na safra 2018, e de videiras '*Pinot Noir*' na safra 2019. Fonte: Os autores (2020).

Somado a isso, os teores de K e o pH dos mostos também diminuíram com incremento da dose de P. As reduções do pH e do K estão correlacionadas, pois, altas concentrações de K podem ocasionar perdas excessivas de ácido tartárico devido à precipitação na forma de bitartrato de K (Mpelasoka et al., 2003; Daudt & Fogaça, 2008). Se as uvas forem destinadas à elaboração de vinhos base para espumante, esses resultados podem ser interessantes, pois muitas vezes, a busca é por vinhos com maior acidez e menor pH, resultando em menor importância seu potencial alcoólico.

Os vinhos '*Chardonnay*' e '*Pinot Noir*' apresentaram diminuição nos teores de etanol e pH, e incremento do ácido málico com o aumento da dose de P (Dados não publicados). Em relação ao etanol, esta diminuição era esperada, uma vez que o álcool é produto da fermentação dos açúcares pelas leveduras, e o teor de açúcares no mosto diminuiu com aumento da dose de P. Por outro lado, o teor de ácido málico é particularmente importante para vinhos que não são submetidos à fermentação malolática, a qual consiste na transformação do ácido málico em láctico, desenvolvida por bactérias lácticas (Togores & Fernández-cano, 2011). Nesses vinhos, o ácido málico confere uma sensação de acidez mais agressiva quando comparado ao ácido láctico, podendo ser especialmente interessante em vinhos brancos e rosados. Assim, o aumento da disponibilidade de P às videiras pode favorecer a qualidade do vinho, uma vez que baixos valores de pH do mosto são benéficos tanto sensorialmente, quanto à conservação, pois a acidez exerce um efeito antimicrobiano, inibindo o desenvolvimento de bactérias que poderiam levar à degradação do vinho (Jackson, 2000), assim como, uma maior estabilidade de cor em vinhos tintos.

O K absorvido pela videira acumula-se nas folhas e outros órgãos de reserva. Na época de demanda (maturação) é transportado e acumulado nas bagas, podendo representar mais de 50% dos minerais presentes (Conde et al., 2007). Segundo Mpelasoka et al. (2003), os teores de K nas bagas podem variar de 6,05 a 11,7  $\text{mg g}^{-1}$  de peso fresco (casca + polpa). O

principal acúmulo de K acontece na polpa (59%) e na casca (32%) (Bertoldi et al., 2011) e suas funções no cacho estão relacionadas as reações de síntese e ativação enzimática, contribuindo para o adequado amadurecimento das bagas, concentração de açúcares e manutenção do turgor celular (Osakabe et al., 2013). Somado a isso, o K possui importância no transporte de solutos, partição de assimilados e na síntese dos diversos polifenóis, os quais são responsáveis pelos constituintes de cor e aroma das bagas (Delgado et al., 2004).

Em estudos realizados na Campanha Gaúcha do RS, a adubação potássica resultou na diminuição de K no mosto (Dados não publicados) (Figura 19). Para a cv. '*Chardonnay*', quanto maior a dose de K adicionada ao solo, menor foi o teor de K no mosto. Em 2018 os teores de K variaram entre 800 e 1100 mg L<sup>-1</sup> (para 80 e 0 kg K ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Em 2019 estes teores variaram de 1000 a 1150 mg L<sup>-1</sup> (para 80 e 0 kg K ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Para a cv. '*Pinot Noir*', também nas duas safras avaliadas, houve decréscimo dos teores de K no mosto com o incremento da adubação potássica. Em 2018 os teores de K no mosto variaram entre 600 e 800 mg L<sup>-1</sup> (para 80 e 0 kg K ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Em 2019 os teores de K no mosto variaram entre 400 e 600 mg L<sup>-1</sup> (para 80 e 0 kg K ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Os resultados observados neste experimento são contraditórios, uma vez que com o aumento da dose de K era esperado aumento da disponibilidade de K, aumento da sua absorção pela videira e, consequente, aumento dos teores de K do mosto.

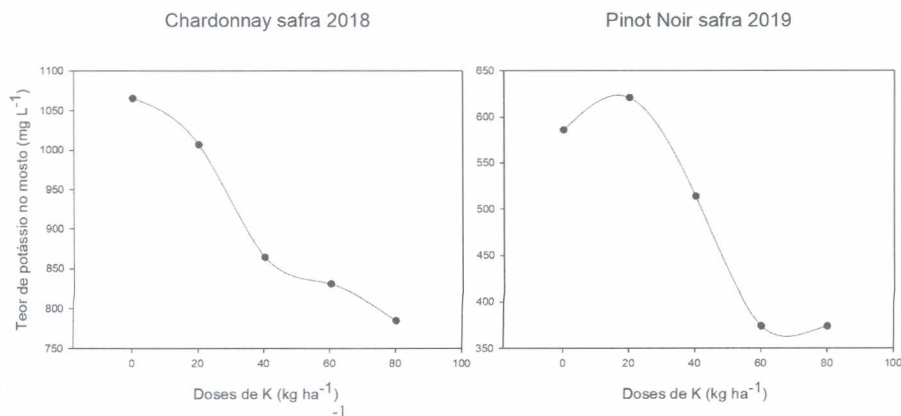


Figura 19. Teores de K (mg L<sup>-1</sup>) no mosto da uva de videiras '*Chardonnay*' submetidas a doses crescentes de K no solo na safra 2018, e de videiras '*Pinot Noir*' na safra 2019. Fonte: Os autores (2020).

O incremento da dose de K (0 - 80 kg K ha<sup>-1</sup>) resultou no incremento de ácido glucônico (Figura 20). O incremento nos teores de ácido glucônico foi maior na cv. '*Pinot Noir*', ultrapassando 0,5 g L<sup>-1</sup> em todas as doses de K, nas duas safras avaliadas. Para a cv. '*Chardonnay*', a safra de 2018 apresentou os maiores teores, de 0,6 a 0,9 g L<sup>-1</sup>. O incremento da dose de K também resultou no aumento dos teores de amônia no mosto. Possivelmente, esses resultados ocorreram devido às funções do K, de relação osmótica e hídrica, que promoveram a melhor absorção e assimilação de outros nutrientes, tais como o N (Marschner, 2012).

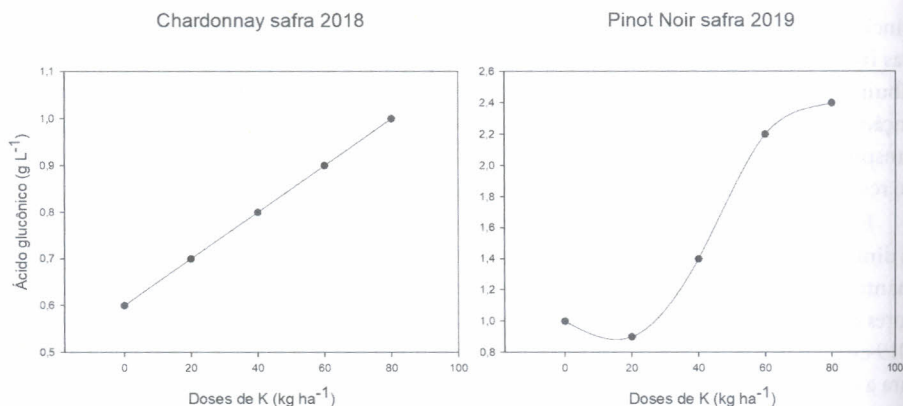


Figura 20. Teores de ácido glucônico ( $\text{g L}^{-1}$ ) no mosto da uva de videiras 'Chardonnay' submetidas as doses crescentes de potássio no solo na safra 2018, e de videiras 'Pinot Noir' na safra 2019. Fonte: Os autores (2020).

Assim, as adubações potássicas podem influenciar a composição do mosto, tanto em pH, acidez total (AT), como SST. O pH e a AT estão relacionados com a qualidade e a estabilidade do mosto e, por consequência, do vinho, bem como, das características sensoriais, poder de oxidação e potenciais danos microbiológicos (Mpelasoka et al., 2003; Walker & Blackmore, 2012). Segundo Mpelasoka et al. (2003), o pH ideal no mosto é de 3,5, no entanto, em altas quantidades de K na baga, o pH também se eleva. Ainda de acordo com os mesmos autores, pode ocorrer uma troca estequiométrica dos prótons do ácido ( $\text{H}^+$ ) pelo K, formando o bitartarato de K, um sal que precipita no vinho, prejudicando sua qualidade. Além disso, pode ocorrer uma diminuição na relação de ácido tartárico/málico, contribuindo ainda mais para o aumento de pH.

Níveis de AT entre 55 e 130  $\text{meq L}^{-1}$  são consideradas normais, segundo a legislação brasileira (BRASIL, 1988). Em experimento na região produtora de São Joaquim (SC), o uso de adubação potássica até a dose de 100  $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ , não alterou os valores de SST (22,3 °Brix), pH (2,91) e acidez total (107,9  $\text{meq L}^{-1}$ ) no mosto. Possivelmente, porque o teor total de K na baga não aumentou com a dose do fertilizante, sendo os teores (médios ou altos de K no solo) suficientes para suprir a demanda da planta (Ciotta, 2014).

#### 4. Considerações finais

Os solos ácidos e com baixa fertilidade não suprem a demanda das videiras pelos nutrientes. Assim, quando diagnosticada a necessidade, corretivos do solo devem ser aplicados nas áreas a serem incorporadas ao sistema de produção de uva sobre a superfície do solo e, preferencialmente, incorporados em camadas profundas, como 0-20 ou 0-30 cm, minimamente. As quantidades de nutrientes pela adubação de pré-plantio são aplicadas para elevar *os teores de nutrientes no solo, até o nível crítico da videira*. Quando isso é realizado com sucesso, apenas o N é aplicado na adubação de crescimento. *Mas, na adubação de produção*, a necessidade e dose de nutrientes pode ser definida pela análise de solo, mas também pela



análise de tecido, sendo considerada a expectativa de produção. No entanto, os resultados de pesquisa regionais são fundamentais para o ajuste da recomendação de adubações em vinhedos. Estas afetam a qualidade do mosto e até do vinho, o que reforça a necessidade do avanço de estudos no sentido de definir, sempre que possível, os melhores teores (solo e tecido), as melhores, doses, épocas e modos de aplicações, para obtenção de elevadas produtividades, mas que proporcionem subprodutos de uvas com parâmetros desejáveis pelos técnicos e consumidores.

## 5. Referências bibliográficas

- ARAÚJO, F.; WILLIAMS, L. E.; MATTHEWS, M. A. A comparative study of young "Thompson Seedless" grapevines (*Vitis vinifera* L.) under drip and furrow irrigation. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, 60: 251-265, 1995.
- BARLOW, K.; BOND, W.; HOLZAPFEL, B.; SMITH, J.; HUTTON, R. Nitrogen concentrations in soil solution and surface run-off on irrigated vineyards in Australia. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 15(2): 131-143, 2009.
- BELL, S. J.; ROBSON, A. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density, and yield of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, 50(3), 351-358, 1999.
- BELL, S. J.; HENSCHKE, P. A. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 11(3): 242-295, 2005.
- BERTOLDI, D.; LARCHER, R.; BERTAMINI, M.; OTTO, S.; CONCHERI, G.; NICOLINI, G. Accumulation and distribution pattern of macro-and microelements and trace elements in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay berries. **Journal of agricultural and food chemistry**, 59(13): 7224-7236, 2011.
- BRASIL. (1988). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988**. [Aprova as normas referentes à complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho; Revoga a Portaria 84, de 25 de abril de 1988, publicada no D.O.U. de maio de 1988]. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, 20948p.
- BRASIL. (2007). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 05, de 23 fev. 2007**. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, seção 1, 10p.
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; BRUNING, F. S.; MALLMANN, F. Destino do nitrogênio em videiras 'Chardonnay' e 'Riesling Renano' quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28: 497-500, 2006.
- BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, 37(2): 389-393, 2007.
- BRUNETTO, G.; BONGIORNO, C. L.; MATTIAS, J. L.; DEON, M.; DE MELO, G. W.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A. Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, 38(9): 2622-2625. 2008.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; DE MELO, G. W.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, 39(7): 2035-2041, 2009.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B.; KAMINSKI, J.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; FERREIRA, P. A. A.; MIOTTO, A.; TRIVELIN, P. C. O. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to 'Niagara Rosada' grape nutrition. **Scientia Horticulturae**, 169: 66-70, 2014.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; DE MELO, G. W. B.; GIROTTO, E.; FERREIRA, P. A. A.; LOURENZI, C.; COUTO, R. R.; TASSINARI, A.; HAMMERSCHMITT, R. K.; SILVA, L. O. S.; LAZZARETTI, B. P.; KULMANN, M. S. S.; CARRANCA, C. Contribution of nitrogen from urea applied at different rates and times on grapevine nutrition. **Scientia Horticulturae**, 207: 1-6, 2016.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; DE MELO, G. W. B.; MIOTTO, A.; FERREIRA, P. A. A.; COUTO, R. R.; AMBROSINI, V. G. Produtividade de uvas e composição do mosto de videiras 'Cabernet Sauvignon' fertilizadas com composto orgânico e ureia. **Revista de Ciências Agrovetrinárias**, 17(2): 212-218, 2018.

BURNS, K. N.; BOKULICH, N. A.; CANTU, D.; GREENHUT, R. F.; KLUEPFEL, D. A.; O'GEEN, A. T.; STRAUSS, S. L.; STEENWERTH, K. L. Vineyard soil bacterial diversity and composition revealed by 16S rRNA genes: differentiation by vineyard management. **Soil Biology and Biochemistry**, 103: 337-348, 2016.

CALLEJA-CERVANTES, M. E.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, A. J.; IRIGOYEN, I.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; APARICIO-TEJO, P. M.; MENÉNDEZ, S. Thirteen years of continued application of composted organic wastes in a vineyard modify soil quality characteristics. **Soil Biology and Biochemistry**, 90: 241-254, 2015.

CARRANCA, C.; BRUNETTO, G.; TAGLIAVINI, M. Nitrogen nutrition of fruit trees to reconcile productivity and environmental concerns. **Plants**, 7(1): 4, 2018.

CENTINARI, M.; VANDEN HEUVEL, J. E.; GOEBEL, M.; SMITH, M. S.; BAUERLE, T. L. Root-zone management practices impact above and belowground growth in Cabernet Franc grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 22(1): 137-148, 2016.

CHONÉ, X.; LAVIGNE-CRUÈGE, V.; TOMINAGA, T.; VAN LEEUWEN, C.; CASTAGNÈDE, C.; SAUCIER, C.; DUBOURDIEU, D. Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential: flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in *Vitis vinifera* L. cv Sauvignon blanc grape juice. **Oeno One**, 40(1): 1-6, 2006.

CIOTTA, M. N. Adubação potássica em videiras jovens e em produção no sul do Brasil. (2014). 85p. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul. 376p. 2016.

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A. C. P.; TAVARES, R. M.; SOUSA, M. J.; AGASSE, A.; DELROT, S.; GERÓS, H. Biochemical changes throughout grape Berry development and fruit and wine quality. **Food**. 1: 1-22, 2007.

CONRADIE, W. J. Distribution and translocation of nitrogen absorbed during late spring by two-year-old grapevines grown in sand culture. **American Journal of Enology and Viticulture**, 41(3): 241-250, 1990.

- CONRADIE, W. J. Distribution and translocation of nitrogen absorbed during early summer by two-year-old grapevines grown in sand culture. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, 42: 180-190, 1991.
- DAUDT, C. E.; FOGAÇA, A. O. Efeito do ácido tartárico nos valores de potássio, acidez titulável e pH durante a vinificação de uvas Cabernet Sauvignon. **Ciência Rural**, 38(8): 2345-2350, 2008.
- DELGADO, R.; MARTIN, P.; ALAMO, M. del; GONZALEZ, M. R. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation vineyard nitrogen and potassium fertilization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 84: 623-630, 2004.
- DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ, I.; GAŚTOŁ, M.; KISZKA, A. Effect of nitrogen and potassium fertilization on the magnesium content in vineyard soil, and in the leaves and berries of Bianca and Sibera grapevine cultivars. **Journal of Elementology**, 24(2): 755-769, 2019.
- ECKHARDT, D. P.; CUNHA, W.; SCHUMACHER, R.; COSTA, V. B.; GABBARDO, M. Ácido glucônico como indicador de qualidade da uva. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, 11: 66-71; 2019.
- FREGONI, M. **Nutrizione e fertilizzazione della vite**. Bologna: Edagricole, 1980. 418p.
- GLAD, C.; FARINEAU, J.; REGNARD, J. -L.; MOROT-GAUDRY, J.-L. The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal <sup>15</sup>N supplies to the total nitrogen pool present in the bleeding sap and in whole *Vitis vinifera* cv. Pinot noir grapevines at bloom time. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, 45: 327-332, 1994.
- HOLZAPFEL, B. P.; SMITH, J. P.; FIELD, S. K. Seasonal vine nutrient dynamics and distribution of Shiraz grapevines. **Oeno One**, 2: 363-372, 2019.
- JACKSON, R. **Wine science: principles, practice, perception**. San Diego: Academic Press, 645p. 2000.
- KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Academic Press, 2015.
- KELLY, M.; GILL GIESE, W.; VELASCO-CRUZ, C.; LAWSON, L.; MA, S.; WRIGHT, M.; ZOECKLEIN, B. Effect of foliar nitrogen and sulfur on Petit Manseng (*Vitis vinifera* L.) grape composition. **Journal of Wine Research**, 28(3): 165-180, 2017.
- KULMANN, M. S. de S. (2019). Eficiência de absorção de nitrogênio e dinâmica do crescimento do sistema radicular de *Vitis vinifera* e *Eucalyptus* sp. submetidos à adubação nitrogenada. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Santa Maria (FSM), Santa Maria, RS. 184p.
- LÖHNERTZ, O. Soil nitrogen and the uptake of nitrogen in grapevines. In: International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine. Washington. Proceeding. Washington: **The American Society for Enology and Viticulture**, 1-11. 1991.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; DE CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, 42: 1173– 1179, 2012.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L. D.; TIECHER, T. L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nitrogen fertilization of Cabernet Sauvignon grapevines: yield, total nitrogen content in the leaves and must composition. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 37(3): 321-329, 2015.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; DE CONTI, L.; FERREIRA, P. A. A.; DANTAS, M. K. L.; BRUNETTO, G. Adubação nitrogenada na fase de crescimento de videiras “Chardonnay” e “Pinot Noir” e formas de nitrogênio em solo arenoso do Bioma Pampa. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, 64: 433-440, 2017.



- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London: Academic Press, 651p. 2012.
- MELO, G. W. B. **Uvas americanas e híbridas para processamento em clima temperado**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003 (Instrução Técnica).
- MILLARD, P.; GRELET, G. A. Nitrogen storage and remobilization by trees: ecophysiological relevance in a changing world. **Tree Physiology**, 30: 1083–1095, 2010.
- MPELASOKA, B. S.; SCHACHTMAN, D. P.; TREEBY, M. T.; THOMAS, M. R. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 9: 154–168, 2003.
- OSAKABE, Y.; ARINAGA, N.; UMEZAWA, T.; KATSURA, S.; NAGAMACHI, K.; TANAKA, H.; OHIRAKI, H.; YAMADA, K.; SEO, SU.; ABO, M.; YOSHIMURA, E.; SHINOZAKI, K.; YAMAQUCHI-SHINOZAKI, K. Osmotic stress responses and plant growth controlled by potassium transporters in Arabidopsis. **The Plant Cell**, 25: 609–624, 2013.
- PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P.; GARDE-CERDÁN, T.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; MARTÍNEZ-VIDAURRE, J. M. Effect of two doses of urea foliar application on leaves and grape nitrogen composition during two vintages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 97(8): 2524–2532, 2017.
- POMMER, C. (Ed.) **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2003. 770p.
- PERTOT, I.; GOBBIN, D.; DE LUCA, F.; PRODORUTTI, D. Methods of assessing the incidence of Armillaria root rot across viticultural areas and the pathogen's genetic diversity and spatial-temporal pattern in northern Italy. **Crop protection**, 27(7): 1061–1070, 2008.
- PERTOT, I.; CAFFI, T.; ROSSI, V.; MUGNAI, L.; HOFFMANN, C.; GRANDO, M. S.; GARY, C.; LAFOND, D.; DUSO, C.; THIERY, D.; MAZZONI, V.; ANFORA, G. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. **Crop Protection**, 97: 70–84, 2017.
- QUEIROZ, A. M. D. E.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 10: 257–266, 2011.
- RADVILE, L.; BAUERLE, T. L.; COMAS, L. H.; MARCHETTO, K. A.; LAKSO, A. N.; SMART, D. R.; DUNST, R. M.; EISSENSTAT, D. M. Limited linkages of aboveground and belowground phenology: A study in grape. **American journal of botany**, 103(11): 1897–1911, 2016.
- RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência Rural**, 32(3): 511–515, 2002.
- SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F. Nutrient uptake and distribution in a mature 'Pinot Noir' vineyard. **HortScience**, Alexandria, 41: 36–345, 2006.
- SCHUMACHER, R. Nuevas tecnologías vitícolas y enológicas para la obtención de vinos de calidad. 2014. 398f. **Tese** (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Química Analítica y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Castilla La Mancha, Ciudad Real (Espanha), 2014.
- SKINNER, P. W.; MATTHEWS, W. A. A novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorus to roots of grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Plant, Cell and Environment**, Rockville, 13(8): 821–826, 1987.
- SPAYD, S. E.; NAGEL, C. W.; EDWARDS, C. G. Yeast growth in Riesling juice as affected by vineyard nitrogen fertilization. **American Journal of Enology and Viticulture**, 46(1): 49–55, 1995.
- STEENWERTH, K. L.; BELINA, K. M. Vineyard weed management practices influence nitrate leaching and nitrous oxide emissions. **Agriculture, ecosystems & environment**, 138(1–2): 127–131, 2010.

- STEFANELLO, L. O. S. Estratégias de fornecimento de nitrogênio em videiras em produção. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (FSM), Santa Maria, RS. 110p. 2018.
- STEFANELLO, L. O. S.; SCHWALBERT, R.; DE CONTI, L.; TASSINARI, A.; GARLET, L. P. LOURENZI, C. R.; COMIN, J.; LOSS, A.; SCHMITT, D.; BORGHEZAN, M.; AMBROSINI V. G.; BRUNETTO, G. Yield and must composition of 'Cabernet Sauvignon' grapevines subjected to nitrogen application in soil with high organic matter content. **Idesia**, 37(2): 27-36, 2019.
- STEFANELLO, L. O.; SCHWALBERT, R.; SCHWALBERT, R. A.; DE CONTI, L.; KULLMANN, M. S. S.; GARLET, L. P.; SILVEIRA, M. L. R.; SAUTTER, C. K.; MELO, G. W. B. de; ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G. Nitrogen supply method affects growth, yield and must composition of young grape vines (*Vitis vinifera* L. cv *Alicante Bouschet*) in southern Brazil. **Scientia Horticulturae**, 261: 108910, 2020.
- TAGLIAVINI, M.; MILLARD, P. Fluxes of nitrogen within deciduous fruit trees. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 4(1), 21-30, 2005.
- TESIC, D.; KELLER, M.; HUTTON, R. J. Influence of vineyard floor management practices on grapevine vegetative growth, yield, and fruit composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, 58(1): 1-11, 2007.
- TOGORES, J. H; FERNÁNDEZ-CANO, L. H. **Tratado de Viticultura**. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, Tomo I, 4. ed., cap. I, 1033p. 2011.
- TSUKATANI, T.; MATSUMOTO, K. Fluorometric quantification of total D-gluconate by a flow-injection system using an immobilized-enzyme reactor. **Analytica Chimica Acta**, 530: 221-225, 2005.
- UGLIANO, M.; FEDRIZZI, B.; SIEBERT, T.; TRAVIS, B.; MAGNO, F.; VERSINI, G.; HENSCHKE, P. A. Effect of nitrogen supplementation and *Saccharomyces* species on hydrogen sulfide and other volatile sulfur compounds in Shiraz fermentation and wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 57(11): 4948-4955, 2009.
- VILANOVA, M.; UGLIANO, M.; VARELA, C.; SIEBERT, T.; PRETORIUS, I. S.; HENSCHKE, P. A. Assimilable nitrogen utilisation and production of volatile and non-volatile compounds in chemically defined medium by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts. **Applied microbiology and biotechnology**, 77(1): 145-157, 2007.
- VILANOVA, M.; FANDIÑO, M.; FRUTOS-PUERTO, S.; CANCELA, J. J. Assessment fertigation effects on chemical composition of *Vitis vinifera* L. cv. Albariño. **Food chemistry**, 278: 636-643, 2019.
- VOS, R. J.; ZABADAL, T. J.; HANSON, E. J. Effect of nitrogen application timing on N uptake by *Vitis labrusca* in a short-season region. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, 55: 246-252, 2004.
- WALKER, R. R.; BLACKMORE, D. H. Potassium concentration and pH inter-relationships in grape juice and wine of Chardonnay and Shiraz from a range of rootstocks in different environments. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 18: 183-193, 2012.
- ZALAMENA, J.; CASSOL, P. C.; BRUNETTO, G.; PANISSON, J.; MARCON FILHO, J. L.; SCHLEMPER, C. Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 48(2): 182-189, 2013.
- ZAPATA, C.; DELÉENS, E.; CHAILLOU, S.; MAGNÉ, C. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, 161: 1031-1040, 2004.
- ZOECKLEIN, B. W.; WILLIAMS, J. M.; DUNCAN, S. E. Effect of grape sour rot on the composition White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes. **Small Fruits Review**, 1: 63-77, 2000.