

Capítulo 2

Adubação nitrogenada em videiras em produção na região Sul do Brasil

Gustavo Brunetto
Danilo Eduardo Rozane
Hilda Hildebrand Soriani
Carlos Alberto Ceretta
George Wellington Bastos de Melo
Rafael Rosa Couto
Lincon Oliveira Stefanello da Silva
Eduardo Giroto
Cledimar Rogério Lourenzi
Jucinei José Comin
Arcângelo Loss
Lessandro De Conti
Tadeu Luis Tiecher
Rogério Piccin
Luciano Colpo Gatiboni
Vítor Gabriel Ambrosini
Jovani Zalamena
Marlise Nara Ciotta

Resumo - O teor de nitrogênio (N) mineral na maioria dos solos de vinhedos da região Sul do Brasil não supre a demanda das videiras em produção pelo nutriente. Por isso, quando definida a necessidade e a dose de N com base na análise do teor total de N em folhas ou pecíolos e na expectativa de produtividade, os fertilizantes nitrogenados são aplicados sobre a superfície do solo em vinhedos. Parte do N aplicado poderá ser absorvido pelas videiras, estimulando o crescimento e interferindo na produtividade, incidência de doenças foliares e de cachos, bem como na composição do mosto e do seu vinho. Por isso, o N deve ser sempre aplicado com prudência, sem excessos, sempre seguindo as recomendações oficiais de adubação para a cultura. Porém, em muitas situações a videira absorve pouco do N aplicado, sendo necessárias estratégias para potencializar a recuperação do N pelas plantas, como fornecimento de doses adequadas e em períodos de maior demanda do nutriente pela planta, aplicação de fontes orgânicas de N e uso de plantas de cobertura do solo para ciclagem do nutriente. No presente capítulo serão abordados sucintamente a dinâmica do N no solo, a sua absorção pelas plantas e, em seguida, a aplicação de N em vinhedos e o seu impacto na produtividade e na composição da uva. Em seguida, será discutida a aplicação foliar de N em videiras e as possíveis estratégias para reduzir as suas perdas em vinhedos.

Palavras-chave: nitrogênio, produtividade, composição do mosto, recuperação de N, *Vitis vinifera* L.

1 Introdução

A viticultura é uma atividade agrícola de alto custo, mas de elevada lucratividade, superior até à rentabilidade de muitas culturas de grãos. Nos estados da região Sul do Brasil a viticultura é uma atividade realizada predominantemente em

propriedades familiares em pequenas áreas, como na região da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul (RS) e nas regiões do Planalto Serrano e Sul de Santa Catarina (SC), e também por poucos grupos empresariais que utilizam grandes extensões de terra, como aqueles localizados na região da Campanha Gaúcha do RS. As uvas produzidas de videiras americanas (*Vitis labrusca* L.) são comercializadas *in natura* no mercado nacional ou submetidas à elaboração de vinhos ou sucos, e as uvas produzidas em videiras viníferas (*Vitis vinifera* L.) são submetidas à elaboração de vinhos e espumantes. Em geral, a produção e comercialização de uvas ou a comercialização dos seus subprodutos possui impacto positivo na economia dos municípios, dos estados e do país.

O sucesso na produção de uvas está relacionado à escolha do porta-enxerto e da cultivar, à qualidade da muda, ao preparo do solo, à drenagem e irrigação, ao controle de pragas e doenças, mas também à adubação de pré-plantio e de crescimento (tema abordado no Capítulo 1 do presente livro) e à adubação nitrogenada, potássio e fosfatada de produção. No presente capítulo optamos em apenas abordar sobre a adubação nitrogenada de produção em videiras. Isso porque, o N é o elemento que mais impacta no vigor das videiras em produção, produtividade e composição da uva, do seu mosto e do vinho. Somado a isso, na última década na região Sul do Brasil foram obtidos inúmeros resultados de pesquisas sobre a resposta e videiras em produção à adubação nitrogenada, o que não aconteceu para a adubação potássica e fosfatada.

A recomendação de adubação nitrogenada na videira em tradicionais regiões vitivinícolas do mundo é baseada, especialmente, na análise de solo e/ou na análise de órgão vegetal. A impossibilidade de determinação de N disponível em amostras de solo para fins de recomendação de adubação dificulta a quantificação da dose adequada de N a ser aplicada. Por isso, alguns sistemas de recomendação definem a necessidade e a dose de N com base no teor de matéria orgânica do solo, sendo desconsiderada a sua mineralização. Por outro lado, a análise foliar tem sido recomendada como método isolado ou complementar para estimar o estado nutricional da planta. Atualmente, no RS e em SC, o teor de N total em folhas completas ou em pecíolo tem sido usado como indicador para a tomada de decisão em realizar ou não a adubação nitrogenada, bem como para definir a dose de N a ser aplicada. A expectativa de produtividade também é considerada.

A partir da segunda metade do ano de 2016 a recomendação de adubação nitrogenada será definida com base no teor de N total em folhas completas ou pecíolos e na expectativa de produtividade, mas separadamente para videiras americanas e viníferas. A recomendação de N atual e a proposta para a segunda metade de 2016 prevê a aplicação de N a lanço no vinhedo, sempre que possível na projeção da copa das plantas, sem incorporação, para evitar danos mecânicos às raízes. Porém, na região Sul do Brasil ainda são escassas as informações sobre o real impacto do N aplicado no solo ou via foliar sobre a produtividade e a composição do mosto, as quantidades de N recuperadas pelas videiras e perdas em solos de vinhedos, bem como as possíveis estratégias que podem ser adotadas para reduzir as perdas de N, potencializando a sua recuperação pelas videiras.

Ao longo do presente capítulo, sem a pretensão de esgotar os assuntos, será abordada a dinâmica do N em solos, como nos cultivados com videiras; a absorção, transporte, acúmulo e redistribuição de N; a aplicação de N no solo e o seu impacto sobre a produtividade e composição da uva; a aplicação de N via foliar e, finalmente, as estratégias de aplicação de N para aumentar a sua recuperação pelas videiras e diminuir as perdas de N em vinhedos.

2. Dinâmica do N no solo

A maior quantidade de N no solo está ligada a compostos orgânicos, de peso molecular variável, que são transformados pelos microrganismos. Esse N-orgânico pode ser transformado em N-mineral quando os seus compostos são utilizados como fonte de carbono, N e energia por microrganismos heterotróficos do solo (CAMARGO et al., 2008). Por isso, a quantidade de N-mineral existente no solo é estacional, uma vez que depende de todos os fatores climático-ambientais que interferem na atividade dos microrganismos. O N-mineral liberado pelo processo de mineralização é na forma amoniacal (N-NH_4^+), que é imediatamente transformado em nitrito (N-NO_2^-) e, posteriormente, em nitrato (N-NO_3^-) por microrganismos especializados. Assim, a forma do N-mineral mais estável e que se acumula no solo é a do N-NO_3^- , que poderá ser reutilizado por outros microrganismos, absorvido por plantas, como a videira, e perdido para o ambiente (LI et al., 2013). No entanto, se resíduos de plantas forem depositados na superfície ou incorporados, promovem a proliferação de microrganismos, por causa da maior disponibilidade de matéria e energia, e se o N dos resíduos for insuficiente para promover a necessidade, o N-mineral do solo poderá ser incorporado, promovendo a sua imobilização temporária, que será tão longa quanto for a disponibilidade de fontes de energia (STEVENSON, 1994; ROSCOE et al., 2006; GIACOMINI et al., 2009; DONEDA et al., 2012).

As perdas de N do solo podem acontecer por lixiviação, volatilização e desnitrificação. A principal forma de N lixiviada é o N-NO_3^- , porque forma complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas do solo, onde é mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido. Com isso, a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas é pequena. Assim, o N-NO_3^- pode acompanhar o movimento descendente da água no perfil do solo durante ou depois de precipitações ou ascendente, quando da elevação do lençol freático. As quantidades de N lixiviadas no perfil dependem da quantidade e da época de aplicação do N, das taxas de mineralização e de nitrificação do N nativo, da quantidade absorvida pelas plantas e do volume de água drenada no solo, entre outros fatores de menor importância (LORENSINI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014). Por outro lado, o N do solo pode ser volatilizado para a atmosfera. Essa ocorre, especialmente quando os fertilizantes nitrogenados são aplicados na superfície do solo, onde são rapidamente hidrolisados pelas enzimas extracelulares ureases, produzidas por microrganismos, como as bactérias, os actinomicetos e os fungos do solo. Com isso é formado carbonato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ que não é estável e se desdobra em amônia (N-NH_3), CO_2 e água. Assim, a N-NH_3 é emitida na forma de gás para a atmosfera, em maior intensidade especialmente logo depois da aplicação do fertilizante (LORENSINI et al., 2012; VIERO et al., 2014).

A quantidade de N-NH_3 volatilizada é dependente, especialmente, das condições climáticas, como a velocidade do vento, da temperatura, da umidade relativa do ar e da precipitação; e de atributos do solo, como a capacidade de troca de cátions (CTC), umidade, temperatura, quantidade de matéria orgânica, potencial de nitrificação, dos valores de pH e das concentração de N-NH_4^+ na solução do solo (LORENSINI et al., 2012).

Por fim, a desnitrificação é outra forma de transferência de N e ocorre porque os microrganismos utilizam N-NO_3^- ou N-NO_2^- como aceptor final de elétrons na cadeia respiratória, emitindo para a atmosfera formas gasosas de N, como N-NO , $\text{N-N}_2\text{O}$ e N-N_2 (SPARKS, 1995; PIERZYNSKI et al., 2000; SANGOI et al., 2003; BASSO et al., 2005; CERETTA et al., 2005; CANTARELLA et al., 2008; ROCHETTE et al., 2008; LORENSINI et al., 2012).

3. Absorção, transporte, acúmulo e redistribuição de N em plantas

O N pode ser absorvido pelas plantas, como a videira, nas formas iônicas de N-NO_3^- e N-NH_4^+ . A forma catiônica (N-NH_4^+) tende a ser absorvida mais rapidamente por causa da presença de um maior número de cargas negativas no citoplasma em razão do bombeamento de hidrogênios (H^+) pelas H^+ -ATPases para a parede celular e vacúolo (MARSCHNER, 2012). Há vantagem na absorção de N-NH_4^+ em relação à absorção de N-NO_3^- porque o N-NH_4^+ já está reduzido e pronto para ser assimilado (LI et al., 2013). Porém, elevadas concentrações de NH_4^+ no simplasto podem ser tóxicas para a célula em razão de este reagir com hidroxilas no citoplasma, formando água e N-NH_3 , que no vacúolo poderão reagir com prótons H^+ , produzindo novamente N-NH_4^+ . Esse sequestro de OH^- no citoplasma e H^+ no vacúolo pode dissipar o gradiente eletroquímico utilizado no transporte de nutrientes (via carregadores, bombas e canais iônicos) entre os compartimentos, na formação de ATP e no transporte de elétrons da fotossíntese e da respiração (PRADO, 2013; TAIZ; ZEIGER, 2013). Por outro lado, a concentração de N-NH_4^+ nos solos é de 10-100 vezes menor que a do N-NO_3^- , raramente excedendo a concentração de $50 \mu\text{M}$, devido, principalmente, à ação de bactérias nitrificantes que oxidam formas reduzidas do N até N-NO_3^- , como comentado anteriormente. O N-NH_4^+ apenas predomina em solos muito ácidos, encharcados ou congelados, onde a atividade dessas bactérias é muito baixa (PRADO, 2013).

Assim, a absorção de N na forma de N-NO_3^- prevalece e ocorre nas raízes por meio de transportador de H^+-NO_3^- do tipo simporte (TAIZ; ZEIGER, 2013). O N-NO_3^- absorvido deverá passar pelo processo de redução para, posteriormente, ser assimilado em compostos orgânicos nas raízes ou na parte aérea da planta. O primeiro passo para a assimilação do N-NO_3^- é a sua redução a nitrito (N-NO_2^-), catalisado pela nitrato redutase, um complexo enzimático presente no citosol de células das raízes e parte aérea das plantas. O N-NO_2^- é então reduzido a N-NH_4^+ com a participação da enzima nitrito redutase (MARSCHNER, 2012). A energia e o poder redutor para a redução-assimilação do N-NO_2^- são provenientes da respiração (NADH_2) e, em células que contêm cloroplastos, da fotossíntese (NADPH_2) (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Na maioria das plantas herbáceas a assimilação do N-NO_3^- ocorre nas folhas, mas no início do desenvolvimento dessas espécies a assimilação nas raízes pode ser significativa. Já a maioria das espécies arbóreas, entre elas as frutíferas, como a videira e as leguminosas, assimilam N-NO_3^- principalmente nas raízes. Em geral, conforme a disponibilidade de N-NO_3^- aumenta, ocorre também um aumento do transporte desse ânion via xilema para a assimilação nas folhas (PRADO, 2013).

A demanda de energia para a assimilação do N-NO_3^- na matéria orgânica é alta, gastando-se cerca de 12 ATPs para cada N absorvido pela planta na forma de N-NO_3^- (BLOOM et al., 1992). A energia e a estrutura molecular para a incorporação do N são supridas pelo metabolismo dos carboidratos, o qual, por sua vez, depende da fotossíntese. Fechando um ciclo de interdependência metabólica, a fotossíntese depende de compostos contendo N (exemplo: clorofilas). Desta forma, o crescimento em massa da planta é limitado, sobretudo, pela oferta de N (MALAVOLTA, 2006).

O N-NH_4^+ , independente da sua origem, se originado da absorção da solução do solo, resultante da redução do N-NO_2^- ou do metabolismo de amidas e ureídes, deve

ser rapidamente metabolizado por causa da sua toxicidade às plantas, como mencionado anteriormente, sendo assimilado predominantemente no sistema glutamina sintetase (GS) – glutamina oxoglutarato aminotransferase (GOGAT) ou glutamato sintase. Nesse sistema, a enzima GS catalisa a incorporação do N-NH_4^+ ao grupo carboxila do glutamato formando glutamina. Nas folhas, esta reação ocorre nos cloroplastos, e nas raízes, nos proplastídeos, porém, tanto em folhas quanto em tecidos não-fotossintetizantes, esta reação também pode ocorrer no citosol, sendo o principal mecanismo de assimilação de N-NH_4^+ em compostos orgânicos (MARENCO; LOPES, 2009; MARSCHNER, 2012).

A formação de glutamina e o seu acúmulo estimulam a atividade da glutamato sintase (GOGAT) que transfere o grupo amida da glutamina para o carbono carbonil do ácido α -cetoglutarico, formando duas moléculas de glutamato; sendo que uma das moléculas de glutamato é utilizada para a manutenção do sistema em funcionamento, enquanto a outra pode ser transportada e utilizada em outros processos metabólicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O N pode ser transportado, via xilema, na corrente transpiratória, tanto na forma de nitrato, quanto já assimilado, como aminoácidos (aspartato ou glutamato), amidas (asparagina ou glutamina) ou ureídes (alantoína ou ácido alantóico) (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Dependendo da espécie estudada, há uma preferência na forma de transporte de N, sendo que em leguminosas originárias de clima temperado e plantas actinorrízicas que formam associações simbióticas transportam predominantemente amidas, enquanto leguminosas de origem tropical transportam preferencialmente ureídes. Já plantas que não formam associações para fixação de N_2 transportam N tanto na forma de N-NO_3^- como na forma de aminoácidos e amidas, sendo o N-NH_4^+ um íon pouco transportado pelo xilema (MARENCO; LOPES, 2009; MARSCHNER, 2012). Em geral, quando os carboidratos são abundantes ou o N é limitado, predomina o transporte de aminoácidos, porém, se há um bom suprimento de N, as aminas predominam.

A assimilação do N em compostos orgânicos é um processo dinâmico, sendo regulado por fatores externos (luz, temperatura, condição hídrica) e internos relacionados ao metabolismo do carbono (EPSTEIN; BLOOM, 2006). No tecido, a concentração de N é um fator importante na regulação do fluxo de carbono em direção à síntese mais intensa de proteínas (alto teor de N) ou de carboidratos (baixo teor de N), influenciando o padrão de distribuição de carboidratos dentro da planta, o que afeta o crescimento e a produtividade, havendo, portanto, uma forte correlação entre o teor de N na planta e a produção de biomassa (LAWLOR, 2002).

Na videira, a arginina tende a ser o principal composto acumulado em raízes, caule e ramos durante o inverno. Alguns autores relatam que esta forma representa de 50 a 90% do N solúvel armazenado. Também, aminoácidos e proteínas formam as reservas de N nos órgãos perenes (NASSAR; KLIEWER, 1966; KLIEWER, 1967; ORTIZ-LOPEZ et al., 2000), mas esse acúmulo de N em órgãos perenes tende a ocorrer durante todo o ciclo vegetativo e produtivo. Entretanto, com a diminuição do comprimento do dia e da temperatura, em geral, no inverno, é desencadeada uma série de eventos com controle gênico, que resulta na morte das folhas. Neste período são formadas as reservas de N nos órgãos perenes, pois as proteínas das folhas são degradadas e o N é redistribuído (remobilizado) para os ramos, caule e raízes. As reservas de N possibilitam a manutenção dos processos bioquímicos e fisiológicos na planta no período de menor área foliar, que servem de fonte para a manutenção de produtividades no ano seguinte. Todavia, os carboidratos compreendem a principal fonte de energia dos órgãos perenes em videiras. Essas

reservas, mais outros nutrientes, como P e K, são mobilizados e redistribuídos para os pontos de crescimento quando aumenta o comprimento do dia e da temperatura, o que coincide com o início da primavera (TROMP, 1983; OAKS et al., 1991; MILLARD, 1995; RIVES, 2000; POMMER, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2004; MILLARD; GRELET, 2010; ZAMBROSI et al., 2012; BRUNETTO et al., 2015). Assim, a absorção de N, a sua distribuição, acúmulo e posterior redistribuição são processos dinâmicos (Figura 1), e, quando as reservas do nutriente diminuem nos órgãos perenes, a videira tende a absorvê-lo do solo para a manutenção das reservas e o suprimento da demanda dos tecidos em crescimento.

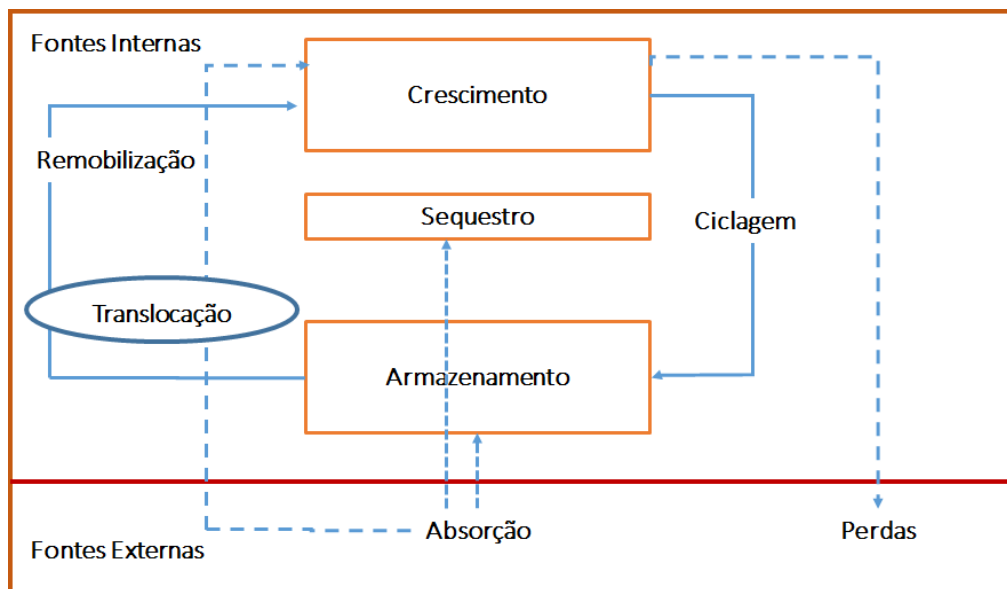


Figura 1 - Representação esquemática da fonte de aquisição de N e seu ciclo interno em árvores. Troca entre fontes externas e internas na árvore são mostrados como linhas pontilhadas: para a absorção diretamente no local de armazenamento, sequestro ou usar no crescimento, reprodução ou outro metabolismo. Ciclagem interna de N mostrada em linhas cheias, como remobilização sazonal do N através de translocação para outros órgãos a serem usados para o crescimento, reprodução ou outro metabolismo.

Fonte: Adaptado de Millard e Grelet (2010).

Alguns estudos reportam que grande parte do N total na videira é acumulado nas raízes, inclusive o N derivado do fertilizante aplicado no ano, tratando-se do sítio mais importante de acúmulo, já que o caule e os ramos são os sítios da passagem do fluxo que circula entre o sítio de absorção, raízes, e os sítios de residência, apresentando pouca importância como órgãos de acúmulo (KLIEWER; COOK, 1971; KLIEWER; COOK, 1974; BATES et al., 2002; BRUNETTO, 2004; ZAPATA et al., 2004; BRUNETTO et al., 2005; 2006). No entanto, outros estudos mostrando que as maiores quantidades de N do fertilizante são encontradas nos órgãos anuais da planta, folhas e cachos, sendo pequenas as quantidades de N aplicado acumuladas em órgãos perenes. Neste sentido, Conradie (1990) aplicando fertilizante nitrogenado enriquecido com ^{15}N no florescimento de videiras verificou que durante a primavera 55% do N do fertilizante foi encontrado nas folhas e nos ramos, 20% nos cachos, 22% nas raízes e 3% no caule. Já na maturação da uva 41, 45, 12 e 3% de N do fertilizante foram observados em folhas, ramos, cachos, raízes e caule, respectivamente. Da mesma forma, Williams (1987) aplicando o N durante o

crescimento vegetativo da cultivar Thompson Seedless, encontrou aumento da sua quantidade nos ramos e nas folhas, sendo a maior quantidade de N do fertilizante destinada ao cacho. Além disso, Brunetto et al. (2006), aplicando N no inchamento das gemas de viníferas 'Chardonnay' e 'Riesling Renano', relatam que as partes anuais, como as folhas e os ramos do ano, são importantes drenos do N aplicado, o que concorda com resultados obtidos por Brunetto et al. (2015; 2016).

4. Aplicação de N no solo, impacto sobre a produtividade e a composição da uva e do mosto

A aplicação de N em videiras deve ser realizada com prudência porque impacta no crescimento vegetativo das plantas, na produtividade e na composição da uva, do seu mosto e, conseqüentemente, no vinho (BRUNETTO et al., 2007). Altas doses de fertilizantes nitrogenados em vinhedos, com conseqüente incremento de formas de N-mineral no solo, como $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$, podem estimular o crescimento vegetativo da parte aérea das plantas. Com isso, pode ocorrer diminuição da incidência de raios solares no interior da planta, favorecendo o aparecimento de doenças fúngicas nas folhas e cachos; redução do número de flores fecundas, produzindo menor número de bagas por cacho e, finalmente, retardar a senescência de folhas e a dormência das plantas (KELLER et al., 1999; DUCHÊNE et al., 2001; BRUNETTO et al., 2007; 2009). Além disso, o vigor excessivo das videiras pode causar, por causa da deficiência de luz no interior do dossel vegetativo, redução da atividade de enzimas que regulam a síntese de alguns compostos importantes, como as antocianinas, que são responsáveis pela coloração do mosto e do vinho; aumentar a relação polpa/casca, o que não é desejável, porque dilui a concentração de antocianinas e potencializa a migração de antocianinas residentes nas bagas para órgãos em crescimento, entre eles, os ramos do ano (KELLER; HRAZDINA, 1998; KELLER et al., 1999; BUCCHETTI; INTRIERI, 2007; TESIC et al., 2007; BRUNETTO et al., 2009).

A literatura sobre a interferência do N na produtividade da uva não é conclusiva, pois duas são as situações. Em solos com textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica espera-se incremento de produtividade em videiras submetidas à adição de fontes de N, especialmente por causa da baixa disponibilidade natural de formas de N-mineral nos solos (AHMEDULLAH; ROBERTS, 1991; GOLDSPINK; GORDON, 1991; BELL; ROBSON, 1999). Porém, Brunetto et al. (2007), em experimento realizado na região da Campanha Gaúcha do RS relatam que a aplicação de doses de N (0, 15, 30, 45, 60 e 85 kg N ha⁻¹ ano⁻¹), na forma de ureia, em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon cultivadas em um solo Argissolo Vermelho com baixo teor de matéria orgânica não afetou a produtividade de uva e os componentes de produção (Tabela 1). Esses resultados concordam com os obtidos por Brunetto et al. (2013), no mesmo solo e com a mesma cultivar, porém adicionando 40 kg N ha⁻¹ na forma de ureia e composto orgânico. Isso provavelmente é explicado em parte porque a videira absorve N do solo derivado de outras fontes, como da mineralização da fração lábil da matéria orgânica do solo, de resíduos em decomposição depositados sobre a superfície do solo, como folhas e raízes senescentes das videiras, ramos podados, e parte aérea e raízes de espécies de plantas de cobertura que coabitam os vinhedos (BRUNETTO et al., 2011, 2014). Por outro lado, em solos de textura média ou argilosa, com médio ou alto teor de matéria orgânica, o que lhes conferem hipoteticamente maiores teores de N-mineral, as respostas da videira à aplicação de N nem sempre são favoráveis (DELAS et al., 1991; DAL BÓ, 1992), e, quando observadas, acontecem em plantas submetidas a

pequenas doses do nutriente. Exemplo disso são os resultados de Brunetto et al. (2009), que relatam que videiras da cultivar Cabernet Sauvignon cultivadas em um solo Neossolo Litótico com médio teor de matéria orgânica na região da Serra Gaúcha do RS, cuja produtividade máxima de uva foi obtida com a aplicação de doses entre 15 e 30 kg N ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 1 - Produção de uva e seus componentes da cultivar Cabernet Sauvignon submetida à aplicação de N no solo na região da Campanha Gaúcha do RS.

Dose (kg N ha ⁻¹)	Produção de uva (kg planta ⁻¹) (kg ha ⁻¹)		Cacho		Peso de 100 bagas (g)
			comprimento (cm)	largura	
0	12,67 ^{ns}	18.097 ^{ns}	15,89 ^{ns}	7,09 ^{ns}	156,63 ⁽¹⁾
15	14,28	20.387	15,69	6,88	165,26
30	12,87	18.380	15,75	7,27	160,62
45	12,66	18.073	15,48	7,45	175,35
60	13,18	18.821	15,90	7,16	173,30
85	12,53	17.897	15,48	7,11	174,76
CV, %	16,53	16,54	14,48	16,98	10,00

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; ⁽¹⁾ $y = 156,725 + 0,4214x - 0,00239x^2$ ($R^2 = 0,11^*$); * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Adaptado de Brunetto et al. (2007).

Tabela 2 - Produção de uva e seus componentes na cultivar Cabernet Sauvignon submetida à aplicação de doses de N no solo na região da Serra Gaúcha do RS.

Variável	Dose (kg N ha ⁻¹)					Equação	R ²
	0	15	30	45	60		
Produção							
Planta (kg)	1,03	1,88	1,43	1,47	0,66	$y = 1,127 + 0,0461x - 0,00089x^2$	0,68*
Hectare (kg)	2.766	5.032	3.819	3.920	1.752	$y = 3006,700 + 122,9500x - 2,39810x^2$	0,81*
Cacho							
Número	20	35	19	18	7	$y = 23,421 + 0,4333x - 0,01206x^2$	0,81*
Massa (g)	52,94	52,93	76,70	88,64	93,84	$y = 49,505 + 0,7834x$	0,39
Número de bagas	95	139	117	124	88	$y = 55,674 + 53,549x - 9,3950x^2$	0,74
Comprimento (cm)	14,27	16,18	15,62	15,44	13,33	$y = 11,924 + 3,0209x - 0,54710x^2$	0,92*
Largura (cm)	5,52	6,83	6,22	6,12	5,25	$y = 4,438 + 1,5250x - 0,27500x^2$	0,78*
Massa de 100 bagas ^{ns}	118,4	110,9	105,7	109,6	118,3		

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Adaptado de Brunetto et al. (2009).

A qualidade da uva, estabelecida por aspectos morfológicos ou pela sua composição química-organoléptica também pode ser afetada pelo N. Para determinar qualidade com base em suas características físicas, mensuram-se normalmente o comprimento e a largura dos cachos, a sua massa, o número de bagas por cacho, bem como a massa de cada uma. Por outro lado, optando-se em determinar a qualidade da uva com referência na sua composição química, avaliam-se no mosto, em geral, os valores de pH, de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, ácidos orgânicos, antocianinas, de polifenóis totais, entre outras variáveis. Por exemplo, o valor de SST, quando em escala de °Brix, representa normalmente 90% dos açúcares encontrados no mosto. Já os ácidos orgânicos, encontrados em grande número na baga, em geral, são representados pelo ácido tartárico e málico,

porque representam mais de 90% de todos os ácidos da baga. Os valores destes dois ácidos indicam a estabilidade e a longevidade do vinho. Já as antocianinas são encontradas em maior quantidade na casca da baga e determinam a coloração da uva, do suco e do vinho. Os polifenóis totais, também encontrados em maior quantidade na casca, participam da intensidade de cor, da tonalidade e das características gustativas da uva e do seu vinho. Além destas variáveis, em estudos que avaliam a interferência do N aplicado na composição química da uva é avaliado no mosto o N amoniacal, o N total, os aminoácidos livres e as proteínas (WINKLER et al., 1974).

Entre os estudos realizados sobre a interferência da adição de N na composição da uva e do seu mosto podemos destacar alguns, como o de Spayd et al. (1994) na região central de Washington, Estados Unidos, que aplicaram doses crescentes de N (0, 56, 112, 224 kg N ha⁻¹) em videiras e encontraram aumento linear dos valores de pH, N total e N amoniacal no mosto. Mas, a aplicação do N não afetou os valores de K, SST e ácido málico e tartárico. Spayd et al. (1995), aplicando as mesmas doses de N usadas por Spayd et al. (1994), fornecendo quatro doses de N (0, 30, 60 e 90 kg N ha⁻¹) em videiras cultivadas nos Estados Unidos relatam que os valores de pH do mosto aumentam com a dose de N, mas os teores de SST são reduzidos. Christensen et al. (1994) reportam que doses de 56 e 112 kg N ha⁻¹, parceladas durante o ciclo de videiras cultivadas na Califórnia, Estados Unidos, diminuem os valores de SST no mosto da uva. Por outro lado, Pacheco et al. (1997) relatam que o mosto das uvas derivadas de videiras cultivadas em Portugal e submetidas à aplicação de doses de N (0, 30, 60 e 90 kg N ha⁻¹) apresentam maior quantidade de ácido tartárico, ácido málico e menores valores de pH, comparativamente ao tratamento controle. Além disso, Peacock et al. (1991) reportam que a dose de 50 kg N ha⁻¹, adicionada de modo parcelado durante os estádios fenológicos das videiras nos Estados Unidos, não interfere nos valores de SST no mosto, pH, N total e na massa de 100 bagas.

No Brasil, resultados de estudos realizados na região Sul, maior região vitivinícola do país, obtidos com viníferas 'Cabernet Sauvignon', mostram que houve decréscimo da concentração de antocianinas totais no mosto com o aumento da dose de N, na forma de ureia, aplicada sobre o solo (BRUNETTO et al., 2007; 2009). Esses dados concordam com aqueles apresentados na Tabela 3. Observam-se menores valores de antocianinas totais no mosto de videiras submetidas à aplicação de N, independentemente da dose e modo de fornecimento (sem irrigação, com irrigação ou fertirrigação). Destaca-se que as doses de N aplicadas são pequenas (20 ou 40 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, sendo 40 N ha⁻¹ ano⁻¹ a dose recomendada para solos com <2,5% de matéria orgânica (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004). Por outro lado, a adição de composto orgânico, usado como fonte de N, não interferiu nos teores de pH, SST, acidez total titulável e ácido tartárico e málico (MELO et al., 2012). Em geral, os trabalhos na literatura que avaliam a interferência do N na composição da uva não relatam informações sobre o teor de matéria orgânica e o tipo de solo onde as videiras foram cultivadas e, com isso, normalmente a discussão dos resultados é restrito à quantidade de N aplicada e o seu impacto na produtividade e na composição da uva e/ou do seu mosto.

Tabela 3 - Valores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), pH e antocianinas totais no mosto de videira da cultivar Alicante Bouschet, cultivada em

solo arenoso e com baixo teor de matéria orgânica na região da Campanha Gaúcha do RS e submetida a doses e modos de fornecimento de N.

Tratamentos	SST (°Brix)	ATT (g ác. Tart. 100 mL ⁻¹)	pH	Antocianinas totais (mg L ⁻¹)
-----Safrá 2013/2014-----				
T1(1)	12,8a7 a ⁽¹⁾	0,25 a	3,75 a	469,02 a
T2	12,37 a	0,22 a	3,61 b	353,51 b
T3	12,75 a	0,29 a	3,92 a	321,14 b
T4	12,50 a	0,24 a	3,75 a	378,09 b
T5	12,25 a	0,26 a	3,53 b	366,81 b
-----Safrá 2014/2015-----				
T1	14,8a	45,00a	3,09a	4961,07a
T2	15,4a	125,00a	2,95a	5034,7a
T3	14,6a	110,00a	3,10a	2628,7b
T4	15,2a	65,00a	2,94a	3611,8b
T5	14,0a	54,00a	3,02a	2746,2b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ⁽²⁾ T1 = Sem aplicação de N; T2 = 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via ureia + 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via ureia; T3 = 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via ureia seguido de irrigação + 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via ureia seguido de irrigação; T4 = 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via fertirrigação (aproximadamente 1 kg N dia⁻¹) + 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via fertirrigação (aproximadamente 1 kg N dia⁻¹); T5 = 1 aplicação de 20 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ via fertirrigação (aproximadamente 1 kg N dia⁻¹).

Fonte: Dados dos próprios autores - não publicados.

A adição de N no solo também pode afetar a concentração do nutriente no mosto, que é determinante para a sua fermentação. Entre os trabalhos sobre este tema se destacam os de Ough et al. (1968), na Califórnia, Estados Unidos, que verificaram aumento da sua quantidade de N total, N amoniacal e biotina no mosto pela aplicação de N. Da mesma forma, Bertrand et al. (1991) relatam que a aplicação de doses de N durante dois anos na cultivar Merlot, cultivada em um solo arenoso na França e enxertada sob diferentes porta-enxerto, aumentou a quantidade de N total no mosto e do seu vinho, sendo que a arginina foi o aminoácido encontrado em maior concentração no mosto, o que concorda com os dados obtidos por Spayd et al. (1994) nos Estados Unidos. Boeira (1994) reporta que a adição de N em viníferas 'Cabernet Sauvignon' na região da Serra Gaúcha e da Campanha do RS aumentou a quantidade de compostos nitrogenados no mosto, entre eles arginina, prolina, alanina, aspargina, aspartato, glutamato, glutamina, serina e treonina, que são importantes fontes de N para as leveduras durante a fermentação do mosto. As uvas com baixa concentração de formas de N podem apresentar parada de fermentação do seu mosto, pois, depois do carbono, o N é usado em maior quantidade pelas leveduras e bactérias. Assim, a sua quantidade no mosto causa impacto na biomassa microbiana, na taxa e no tempo de fermentação, bem como nos produtos finais do metabolismo microbiano (BISSON, 1991), como os álcoois e compostos responsáveis pelo aroma do vinho (DUKES et al., 1991; RAPP; VERSINI, 1991).

5. Aplicação de N via foliar

As raízes das videiras, além de serem o órgão de apoio mecânico, absorvem água e nutrientes. Mas, em agudas deficiências de nutrientes, em especial, para aqueles que são menos exigidos, ou em condições adversas de mobilidade do nutriente na planta ou de absorção via raízes, às vezes o nutriente pode ser fornecido via foliar. As folhas podem absorver elementos dissolvidos, mas a eficiência da absorção e

transporte do(s) nutriente(s) aplicado(s) via foliar depende de inúmeros fatores que atuam isoladamente ou em combinação, que estão relacionados com a morfologia e fisiologia da planta, especialmente das folhas; e com as características da solução aplicada e do ambiente externo. Como apresentado por Malavolta (2006), a penetração dos nutrientes depositados na superfície foliar não ocorre em toda a superfície cuticular. Isso se concentra em áreas puntiformes, cuja localização coincide com os ectodermas, ou seja, filamentos protoplasmáticos que penetram a parede celular em contato com a cutícula. A absorção tende a ser maior quando a solução é aplicada na face abaxial da folha, porque a cutícula é mais delgada e as cavidades estomáticas (desde que não estejam ocupadas por gases) aumentam a superfície de contato com a solução.

Após o contato dos nutrientes com a superfície foliar, a absorção ocorrerá em três etapas: (1) atravessar a cutícula e as paredes das células epidérmicas por difusão; (2) chegada à superfície externa do plasmalema; (3) passagem através da membrana citoplasmática e entrada no citoplasma e no vacúolo depois de atravessar o tonoplasto (MALAVOLTA, 2006). Convém destacar que os constituintes das membranas (fosfolipídios, sulfolipídios e proteínas) contêm grupos com carga elétrica que interagem com os íons. Assim, quanto maior a valência do elemento, maior será o raio do íon hidratado, o que dificultará a passagem do íon pela membrana. Ou seja, a absorção decresce na ordem: moléculas sem carga > cátion⁺/ânion⁻ > cátion²⁺/ânion²⁻ > cátion³⁺/ânion³⁻.

O caminhamento do soluto da epiderme para o interior da folha até atingir o sistema de vasos condutores (xilema e/ou floema) acontece via apoplasto (conjunto de paredes celulares e espaços entre as células) e simplasto (comunicações entre o citoplasma de uma célula e outra via plasmodesmos). A velocidade de absorção pelas folhas é dependente do elemento, da concentração da solução aplicada, das condições ambientais e da espécie. Uma vez que o elemento foi absorvido, poderá ser redistribuído. A maior ou menor mobilidade do elemento apresenta consequências práticas no fornecimento. Elementos que apresentam mobilidade restrita exigem aplicações foliares constantes para a correção de suas deficiências e podem ser economicamente mais viáveis quando aplicados via solo. Neste sentido, Hannam et al. (2014) aplicaram 1 e 2% (massa/volume) de ureia em folhas de videiras na mudança da cor das bagas. Os autores verificaram incremento do teor de N nas folhas e nas bagas, contudo, não houve qualquer influência nas reservas de N na planta, no seu crescimento e na produtividade. Além disso, alguns estudos demonstraram que aplicação de N via foliar em videiras tem o potencial de causar indesejáveis mudanças na acidez total titulável do mosto e na formação de açúcares (ANCÍN-AZPILICUETA et al., 2011; LASA et al., 2012), embora alguns outros estudos não demonstrem tais alterações (LACROUX et al., 2008).

No Sul do Brasil, Brunetto et al. (2005), usando ¹⁵N como traçador, observaram que em cultivares de videiras viníferas a aplicação do N via foliar não constitui uma prática eficiente de fornecimento do nutriente, por causa da baixa quantidade de N absorvida pelas folhas, redistribuída e mesmo acumulada em órgãos de reserva. Os mesmos autores concluíram ainda que a maior contribuição de N para a nova brotação das videiras é derivado do N do solo absorvido pelas raízes. Brunetto et al. (2008) afirmaram, ainda, que as aplicações foliares de N promovem aumento somente no teor de N na folha completa apenas por curtos períodos de tempo após a aplicação, podem causar diminuição nos teores de amido e carboidratos solúveis totais nas gemas dos ramos do ano, mas não afetam os teores de carboidratos redutores e os totais de aminoácidos e de proteínas.

Pelo exposto, é possível concluir, especialmente na região Sul do Brasil, que a aplicação de N via foliar em videiras na maioria dos casos, pouco afeta o estado nutricional, e não afeta o crescimento, a produtividade e composição da uva e do mosto. Por isso, na maioria dos casos não é uma técnica eficiente para fornecimento de N em vinhedos.

6. Estratégias para minimizar as perdas de N em vinhedos e aumentar a recuperação de N pelas videiras

Parte do N aplicado em solos de vinhedos, especialmente nos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica, pode ser perdido por lixiviação, especialmente na forma de N-NO_3^- , ou volatilização (N-NH_3) (Figuras 2 e 3), diminuindo a recuperação do N do fertilizante pelas videiras (Figuras 4 e 5). Por isso, torna-se necessária a adoção de estratégias para reduzir as perdas de N, potencializando a recuperação do N aplicado pelas videiras. Entre elas, pode-se destacar a definição de doses mais adequadas de N em vinhedos, melhores épocas ou estágios fenológicos para a aplicação de N, modos mais adequados para o fornecimento de N em vinhedos e uso de plantas de cobertura que promovem a ciclagem de N.

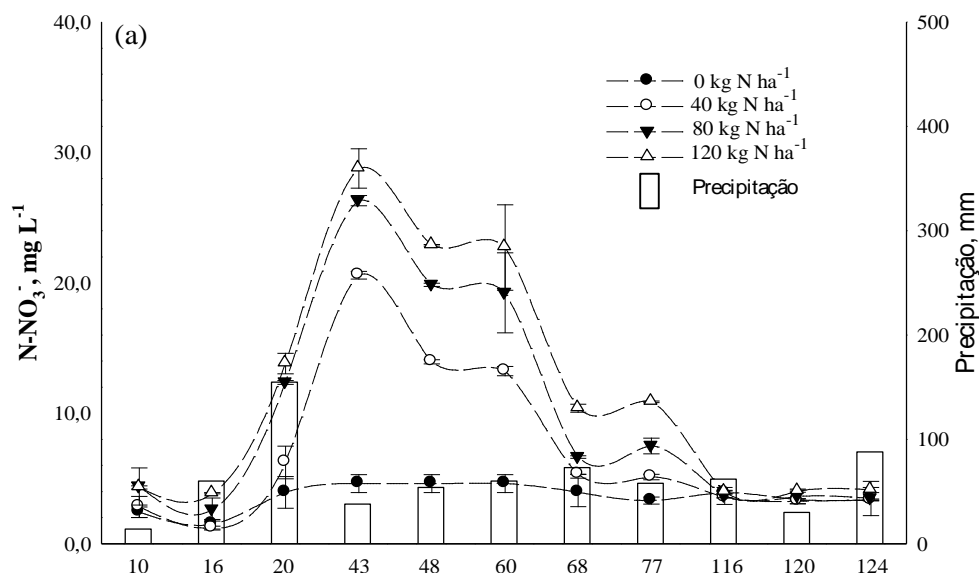


Figura 2 - Concentração de N-NO_3^- na solução coletada em lisímetros, na profundidade de 20 cm, com a aplicação de 0, 40, 80 e 120 kg N ha^{-1} , no início da brotação das videiras.

Fonte: Adaptado de Lorensini et al. (2012).

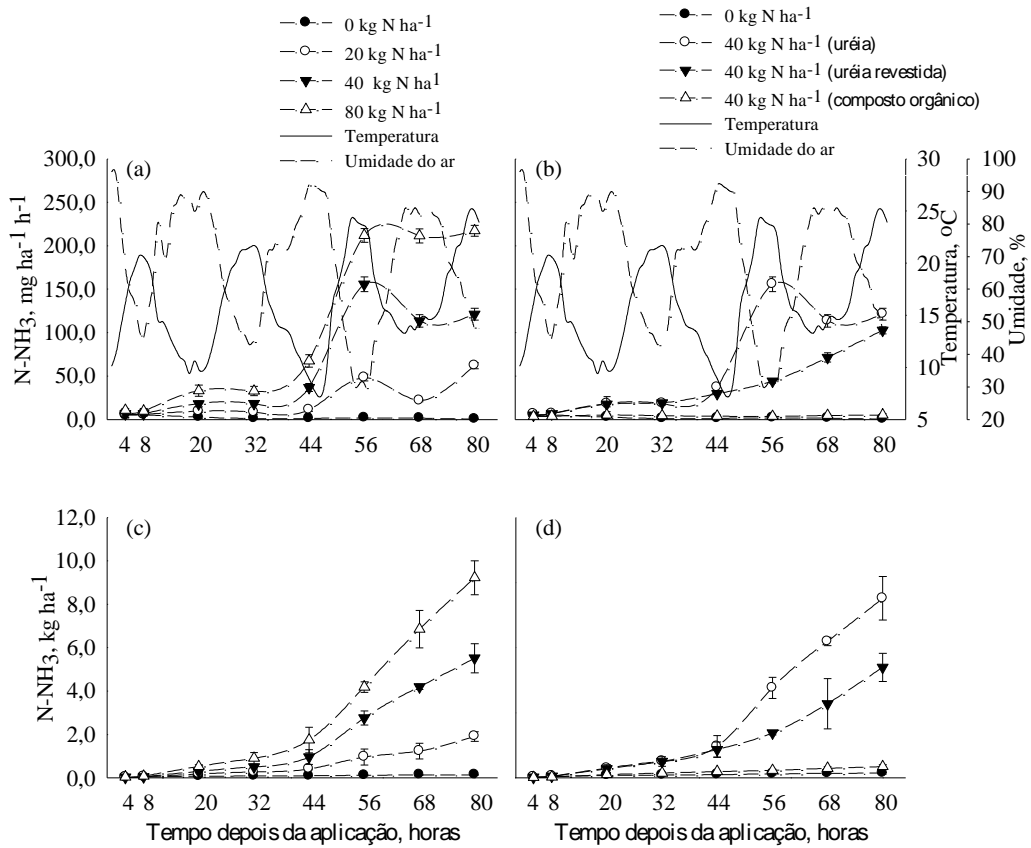


Figura 3 - Fluxo de emissão de N-NH₃ (mg ha⁻¹ h⁻¹) (a) (b) e perdas de N-NH₃ (kg ha⁻¹) (c) (d) em solo submetido a aplicação de doses e fontes de fertilizante nitrogenado e cultivado com videiras na região da Campanha Gaúcha do RS. Fonte: Adaptado de Lorenzini et al. (2012).

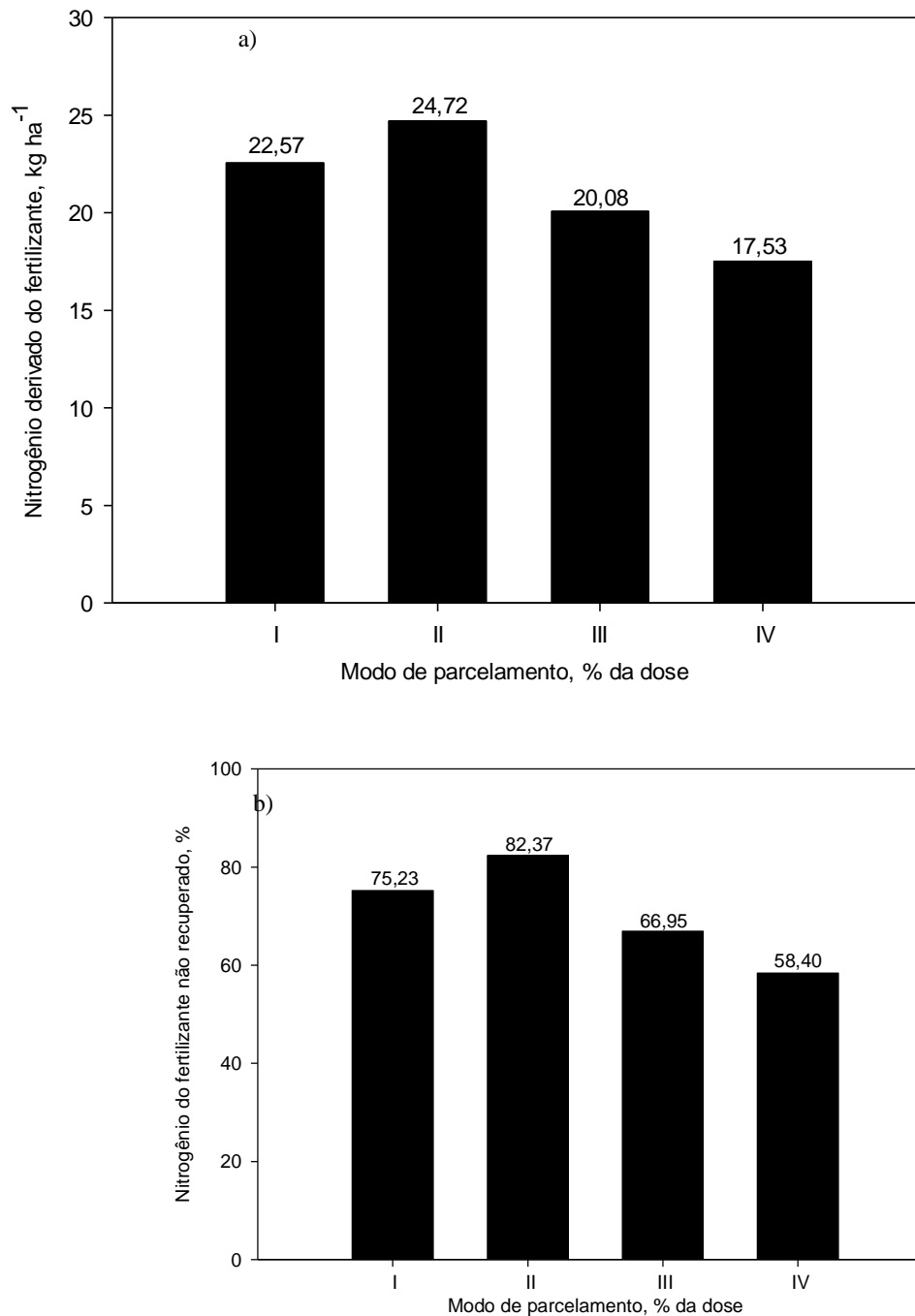


Figura 4 - Nitrogênio derivado do fertilizante não recuperado (kg ha⁻¹) (a) e N do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 30 kg N ha⁻¹ em diferentes modos de parcelamento na Serra Gaúcha do RS. I) 25% no início da brotação + 25% na brotação + 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).

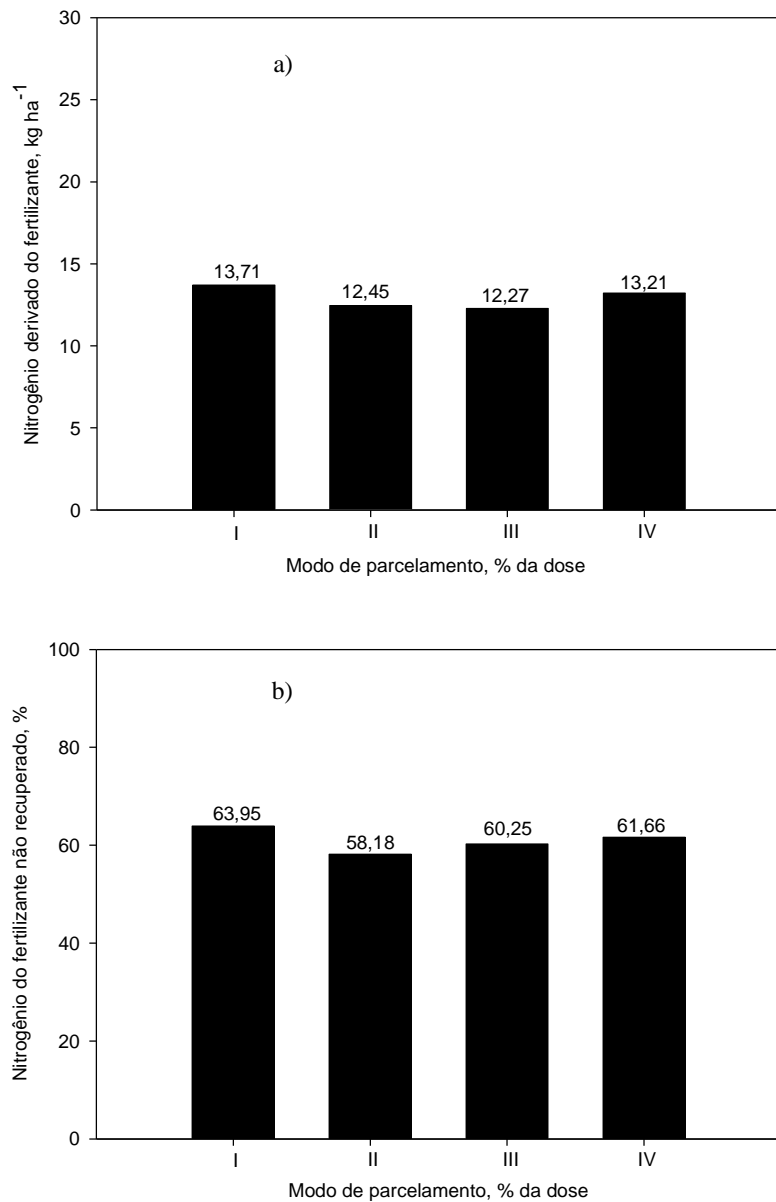


Figura 5 - Nitrogênio derivado do fertilizante não recuperado (kg ha⁻¹) (a) e nitrogênio do fertilizante não recuperado (%) (b), em videiras da cultivar Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de 21,42 kg ha⁻¹ de N em diferentes modos de parcelamento na Campanha Gaúcha do RS. I) 25% no início da brotação + 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).

Com o objetivo de definir a melhor dose de N a ser aplicada em vinhedos em produção, Brunetto et al. (2009) relataram que, em videiras 'Cabernet Sauvignon' cultivadas na região da Serra Gaúcha do RS em um solo com textura média e médio teor de matéria orgânica, a produtividade máxima de uva foi obtida com a aplicação de doses entre 15 e 30 kg N ha⁻¹. Mas, destacam que a aplicação de N, independentemente da dose, diminui os teores de antocianinas totais, diminuindo a cor do vinho. Já, Lorensini et al. (2015), em experimento realizado em solo arenoso e com baixo teor de matéria orgânica na Campanha Gaúcha relataram que a produtividade máxima (média de três safras) de uva 'Cabernet Sauvignon' foi obtida com a aplicação de 20 kg N ha⁻¹, não sendo observado impacto das doses de N, inclusive superiores a 20 kg N ha⁻¹, sobre a composição enológica do mosto (pH, SST, acidez total titulável, ácido málico e tartárico).

Brunetto (2008), com o objetivo de estabelecer as melhores épocas de fornecimento de N em videiras em produção, realizou a aplicação de 21,42 kg N ha⁻¹ em videiras 'Cabernet Sauvignon', em solo arenoso e com baixo teor de matéria orgânica na Campanha Gaúcha do RS, e 30 kg N ha⁻¹ em vinhedo da mesma cultivar, mas cultivada em solo com textura média e com médio teor de matéria orgânica na região da Serra Gaúcha do RS. As doses de N foram enriquecidas com 3% átomos de ¹⁵N em excesso, usado como traçador, para permitir o acompanhamento do destino do N aplicado, sendo aplicadas em cada local em quatro modos de parcelamento: 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. O autor concluiu que as videiras cultivadas na Serra Gaúcha recuperaram maior porcentagem do N quando esse foi aplicado nos modo de parcelamento 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 e IV) 50% na floração + 50% no crescimento das bagas. Por outro lado, em videiras cultivadas na Campanha Gaúcha, o modo de parcelamento da dose de N não afetou a quantidade do nutriente recuperada, concordando com os resultados mais atuais de Brunetto et al. (2014), em estudo realizado na mesma região e solo, também usando ¹⁵N como traçador.

Na busca pela definição dos melhores modos de fornecimento de N para videiras em produção (exemplo: aplicação de N sem irrigação, seguido de irrigação ou via fertirrigação), resultados preliminares obtidos por Brunetto et al. (2016) em vinhedos na região da Campanha Gaúcha do RS relatam que videiras da cultivar Alicante Bouschet submetidas à aplicação de doses de 20 kg N ha⁻¹ ou de 20 kg N ha⁻¹ + 20 kg N ha⁻¹ na forma de ureia, sobre a superfície do solo, na região da projeção da copa, seguida de irrigação por gotejamento ou mesmo aplicação via fertirrigação (1 kg de N dia⁻¹) produzem mais uva, em relação à aplicação e N sem irrigação, onde provavelmente parte do N aplicado pode estar sendo perdido por volatilização. Esses estudos continuam sendo conduzidos e, assim, resultados mais contundentes são esperados brevemente, o que é importante porque os resultados de pesquisas sobre a aplicação de N em videiras via fertirrigação, ou mesmo de aplicação de N seguido de irrigação, são escassos na região Sul do Brasil.

Somado a tudo isso, outra possibilidade de aumentar a recuperação de N pelas videiras é com o emprego de fontes orgânicas, como o composto orgânico e dejetos de animais, em substituição a fontes de N solúveis, como a ureia. Espera-se que o N contido nos resíduos orgânicos seja mineralizado mais lentamente ao longo do ciclo da videira, potencializando a recuperação desse nutriente pelas plantas. Neste sentido, Brunetto et al. (2013) realizaram um estudo com videiras 'Cabernet

Sauvignon' na região da Campanha Gaúcha do RS com o objetivo de avaliar a produção, o teor de N total em folhas e a composição do mosto. As videiras foram submetidas à aplicação de 40 kg N ha⁻¹ na forma de composto orgânico e ureia nas safras de 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011. Os autores concluíram que a aplicação de fontes de N, especialmente composto orgânico, aumenta o teor de N na folha completa, no pleno florescimento, o que pode mostrar maior sincronismo entre a liberação de N e sua absorção pela videira. Mas, a aplicação de composto orgânico e de ureia pouco afetaram a produtividade e não interferiram no teor de nutrientes totais no mosto e, tampouco, nos atributos enológicos no mosto.

Outra possibilidade para aumentar a recuperação de N pelas videiras é o uso de espécies de plantas de cobertura em vinhedos em produção. Plantas de cobertura, como as hibernais, entre elas a aveia-preta, podem absorver o N do solo, incorporando-o nas raízes ou parte aérea, que poderão mineralizar parte do N dos tecidos em decomposição ao solo. Mas, além disso, leguminosas, como a ervilhaca, poderão promover a fixação biológica do N atmosférico, incrementando o N em solos de vinhedos. As quantidades de N em resíduos de plantas de cobertura em decomposição são apresentadas na Tabela 4. Parte do N dos resíduos mineralizado para o solo poderá ser absorvido pelas videiras ao longo do ciclo, diminuindo a necessidade de aplicação de fertilizantes minerais ou orgânicos, o que é desejado. Somado a isso, as plantas de cobertura contribuem para a proteção da superfície do solo contra a erosão hídrica, o que é necessário, especialmente em vinhedos localizados em relevo acidentado ou em solos arenosos.

5. Considerações finais

A definição da necessidade de aplicação de N em videiras em produção normalmente é definida com base no teor de N em folhas completas e pecíolos, considerando a expectativa de produção. Porém, sempre que possível devem ser instalados e conduzidos, por mais de uma safra, experimentos de calibração, nos quais doses de N são aplicadas sobre o solo, sendo posteriormente avaliados parâmetros de crescimento, produtividade e composição do mosto e vinho. Isso porque, as respostas das videiras à aplicação de N no solo são dependentes do tipo de solo, dos seus atributos químicos, de condições climáticas, com destaque para a precipitação, dentre outras variáveis.

Na região Sul do Brasil, a maioria dos resultados de pesquisa obtidos até o momento em experimentos de curta e média duração com viníferas mostram que o mais indicado é a aplicação de baixas doses de N por hectare, normalmente abaixo de 40 kg N ha⁻¹. Com estas doses produtividades satisfatórias e, inclusive, em alguns casos, até elevadas são observadas. Porém, a maioria dos resultados de pesquisa também mostram que a aplicação de N, independentemente da dose, afeta negativamente alguns parâmetros enológicos do mosto, especialmente antocianinas totais, que na maioria dos casos diminui com o aumento da dose de N. Assim, a videira na maioria dos solos no Sul do Brasil, onde é cultivada, necessita da aplicação de N por meio de fertilizantes minerais ou orgânicos, pois os teores nativos ou mesmo aportados via fixação biológica de N pelas plantas de cobertura leguminosas não suprem a demanda de N pela videira. Porém, a dose aplicada deve ser a mais precisa possível, pois a composição do mosto tende a ser alterada negativamente.

Como formas de N em solos de vinhedos são facilmente perdidas, especialmente em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica, ou mesmos naqueles localizados em relevos acidentados, torna-se cada vez mais necessário o uso de

estratégias para minimizar as perdas de N e, por consequência, aumentar a recuperação deste nutriente pelas videiras. Dentre elas, se destacam o uso de doses adequadas de N em vinhedos nas mais diversas regiões vitivinícolas, a aplicação do N em períodos de maior demanda do nutriente pela videira e o uso de fontes de N com liberação mais lenta, com destaque para os resíduos orgânicos; modos de fornecimento que minimizam as perdas de N, como irrigação ou fertirrigação, e mesmo o uso de plantas de cobertura do solo, como estratégia de aumentar a ciclagem de N no interior dos vinhedos.

Tabela 4 - Quantidade de matéria seca, N, P, K, Ca, Mg em resíduos de aveia preta e ervilhaca coletados em diferentes épocas de coleta, na linha de plantio sem cobertura plástica (LPSCP), na linha de plantio com cobertura plástica (LPCCP) e entrelinha (E), em um vinhedo da cultivar Niágara, na região da Serra Gaúcha do RS.

Resíduo	Posição	Dias depois da deposição das bolas de decomposição na superfície do solo				
		0	33	58	76	110
-----Matéria seca (kg ha ⁻¹)-----						
Aveia preta	LPSCP	7527,50 a ⁽¹⁾	1017,50 c	942,50 c	779,40 b	757,50 b
	LPCCP	7527,50 a	2728,10 a	1978,10 a	1641,80 a	1555,60 a
	E	7527,50 a	1716,80 b	1420,60 b	883,80 b	695,00 b
Ervilhaca	LPSCP	2287,00 a	275,85 a	216,74 a	131,81 a	82,21 a
	LPCCP	2287,00 a	337,68 a	243,92 a	185,49 a	122,97 a
	E	2287,00 a	251,39 a	177,33 a	133,17 a	86,89 a
-----N (kg ha ⁻¹)-----						
Aveia preta	LPSCP	124,20 a ⁽¹⁾	13,15 c	11,24 c	9,13 b	8,72 b
	LPCCP	124,20 a	30,29 a	21,01 a	15,43 a	13,07 a
	E	124,20 a	18,28 b	14,14 b	7,72 c	5,91 c
Ervilhaca	LPSCP	75,71 a	8,10 a	5,70 a	3,40 a	2,10 a
	LPCCP	75,71 a	9,40 a	5,73 a	3,40 a	2,10 a
	E	75,71 a	6,80 a	4,70 a	3,20 a	1,40 a
-----P (kg ha ⁻¹)-----						
Aveia preta	LPSCP	58,20 a	3,60 c	1,93 b	1,10 b	0,72 b
	LPCCP	58,20 a	13,81 a	3,36 a	2,41 a	1,81 a
	E	58,20 a	5,60 b	1,87 b	1,04 b	0,80 b
Ervilhaca	LPSCP	10,28 a	0,95 a	0,30 a	0,15 a	0,05 a
	LPCCP	10,28 a	1,33 a	0,25 a	0,15 a	0,06 a
	E	10,28 a	0,72 a	0,20 a	0,13 a	0,06 a
-----K (kg ha ⁻¹)-----						
Aveia preta	LPSCP	21,10 a	1,30 b	0,80 b	0,60 b	0,50 b
	LPCCP	21,10 a	5,50 a	3,84 a	2,32 a	1,78 a
	E	21,10 a	1,40 b	1,20 b	0,75 b	0,40 b
Ervilhaca	LPSCP	6,13 a	0,30 a	0,20 a	0,11 a	0,04 a
	LPCCP	6,13 a	0,49 a	0,32 a	0,20 a	0,14 a
	E	6,13 a	0,20 a	0,15 a	0,10 a	0,05 a
-----Ca (kg ha ⁻¹)-----						
Aveia preta	LPSCP	17,30 a	1,34 b	0,70 b	0,27 a	0,16 a
	LPCCP	17,30 a	2,05 a	1,49 a	0,43 a	0,31 a
	E	17,30 a	0,80 c	0,60 b	0,25 a	0,13 a
Ervilhaca	LPSCP	3,76 a	0,72 a	0,10 a	0,04 a	0,02 a
	LPCCP	3,76 a	0,44 a	0,11 a	0,08 a	0,04 a
	E	3,76 a	0,59 a	0,08 a	0,04 a	0,03 a
-----Mg (kg ha ⁻¹)-----						
Aveia preta	LPSCP	6,00 a	0,41 b	0,28 b	0,25 b	0,17 b
	LPCCP	6,00 a	1,07 a	0,81 a	0,50 a	0,37 a
	E	6,00 a	0,38 b	0,24 b	0,17 b	0,14 b
Ervilhaca	LPSCP	1,38 a	0,10 a	0,06 a	0,04 a	0,03 a
	LPCCP	1,38 a	0,15 a	0,05 a	0,03 a	0,03 a
	E	1,38 a	0,05 b	0,03 a	0,02 a	0,02 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro.

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2014).

6. Referências bibliográficas

- AHMEDULLAH, M.; ROBERTS, S. Effect of soil-applied nitrogen on the yield and quality of Concord grapevines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington **Proceeding**,, Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 200-201, 1991.
- ANCÍN-AZPILICUETA, C.; NIETO-ROJO, R.; GÓMEZ-CORDÓN, J. Influence of fertilisation with foliar urea on the content of amines in wine. **Food Additives & Contaminants, part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment**, v. 28, n. 7, p. 877-884, 2011.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTI, E. Dejeito líquido de suínos: II-perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1305-1312, nov./dec. 2005.
- BATES, T. R.; DUNST, R. M.; JOY, P. Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in "Concord" grapevine roots. **HortScience**, v. 37, n. 2, p. 313-316, Apr. 2002.
- BELL, S. J.; ROBSON, A. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density, and yield of *Vitis viniferas* L. cv. Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 50, p. 351-358, Jan. 1999.
- BERTRAND, A.; INGARGIOLA, M. C.; DELAS, J. Effects of nitrogen fertilization and grafting on the composition of must and wine from Merlot grapes, particularly on the presence of ethyl carbamate. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 215-220, 1991.
- BISSON, L. F. Influence of nitrogen on yeast and fermentation of grapes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 78-89, 1991.
- BLOOM, A. J.; SUKRAPANNA, S. S.; WARNER, R. L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v. 99, n. 4, p. 1294-1301, Aug. 1992.
- BOEIRA, L. S. **Compostos nitrogenados e voláteis em mostos e vinhos**. 1994. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, 1994. 123 p.
- BRUNETTO, G. **Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado em plantas de videira**. 2004. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- BRUNETTO, G. **Nitrogênio em videira: recuperação, acumulação e alterações na produtividade e na composição da uva**. 2008. 139 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, 2008.
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; GATIBONI, L. C.; URQUIAGA, S. Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado via foliar em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 110-114, Apr. 2005.
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; SANTOS, D. R. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, v. 41, n. 8, p. 1299-1304, Aug. 2006.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; 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, v. 37, n. 2, p. 389-393, mar./abr.2007.

BRUNETTO, G.; GIROTTTO, E.; MELO, G. W. de; SANTOS, H. P. dos; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; VIEIRA, R. C. B. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1119-1123, Dec. 2008.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; GIROTTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva em videiras submetidas à adubação nitrogenada.

Ciência Rural, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, out. 2009.

BRUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; TAGLIAVINI, M. Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 90, p. 299-308, July 2011.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B. de; GIROTTTO, E.; FERREIRA, P.A. Application of nitrogen sources on grapevines and effect on yield and must composition. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1042-1051, Dec. 2013.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; MELO, G. W. B. de; KAMINSKI, J.; TRENTIN, G.; GIROTTTO, 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, v. 169, p. 66-70, Apr. 2014.

BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista brasileira de fruticultura**. v. 37, n. 4, p. 1089–1104, Oct./Dec. 2015.

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

BUCCHETTI, B.; INTRIERI, C. Effetti della carenza di luce sulla via biosintetica dei flavonoidi nelle uve cv. Sangiovese. **Rivista di Frutticoltura e di ortofloricoltura**, v. 69, n. 5, p. 54-58, 2007.

CAMARGO, F. A. O.; SILVA, L. S. da; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. De A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 87-99.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 397- 401, 2008.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C.

L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: I-perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, nov./dez. 2005.

CHRISTENSEN, L. P.; BIANCHI, M. L.; PEACOCK, W. L.; HIRSCHFELT, D. J. Effect of nitrogen fertilizer timing and rate on inorganic nitrogen status, fruit composition, and yield of grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 45, p. 377-387, Jan. 1994.

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**, Davis, v. 41, n. 3, p. 241-250, Jan. 1990.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, RS: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.

DAL BÓ, M. A. Efeito da adubação NPK na produção, qualidade da uva e nos teores foliares de nutrientes da videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 14, p. 189-194, 1992.

DELAS, J.; MOLOT, C.; SOYER, J. P. Effects of nitrogen fertilization and grafting on the yield and quality of the crop of *Vitis vinifera* cv. Merlot. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. . Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 242-248. 1991.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 1714-1723, 2012.

DUCHÊNE, E.; SCHNEIDER, C.; GAUDILLÈRE, J. P. Effects of nitrogen nutrition timing on fruit set of grapevine cv. Grenache. **Vitis**, v. 40, n. 1, p. 45-46, 2001.

DUKES, B.; GOLDSPINK, B.; ELLIOTT, J.; FRAYNE, R. Time of nitrogen fertilization can reduce fermentation time and improve wine quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 249-254. 1991

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 403p. 2006.

FERREIRA, P. A. A.; GIROTTO, E.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A.; MELO, G. W. de; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; DEL FRARI, B. K.; MARQUEZAN, C.; SILVA, L. O. S.; FAVERSANI, J. C.; BRUNETTO, G. Biomass decomposition and nutrient release from black oat and hairy vetch residues deposited in a vineyard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 38, n. 5, p. 1621-1632, 2014.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 761-768, jul. 2009.

- GOLDSPINK, B.; GORDON, C. Response of *Vitis vinifera* cv. Sauvignon blanc grapevines to timed applications of nitrogen fertilizers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 255-258, 1991.
- HANNAM, K. D.; NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D.; RABIE, W. S.; MIDWOOD, A. J.; MILLARD, P. Late-season foliar urea applications can increase berry yeast-assimilable nitrogen in Winegrapes (*Vitis vinifera* L.). **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 65, n.1, p. 89-95, Mar. 2014.
- KELLER, M; HRAZDINA, G. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 49, n. 3, p. 341-349, Jan. 1998.
- KELLER, M.; POOL, R. M.; HENICK-KLING, T. Excessive nitrogen supply and shoot trimming can impair colour development in Pinot Noir grapes and wine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 5, n. 2, p. 45-55, July 1999.
- KLIEWER, W. M. Annual cyclic changes in the concentration of free amino acids in grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 18, n. 3, p. 126-37, Jan. 1967.
- KLIEWER, W. M.; COOK, J. A. Arginine and total free amino acids as indicators of the nitrogen status of grapevines. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 96, p. 581-587, 1971.
- KLIEWER, W. M.; COOK, J. A. Arginine levels in grape canes and fruits as indicators of nitrogen status of vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 25, n. 2, p. 111-118, Jan. 1974.
- LACROUX, F.; TREGOAT, O.; VAN LEEUWEN, C.; PONS, A.; TOMINAGA, T.; LAVIGNE-CRUÈGE, V.; DUBOURDIEU, D. Effect of foliar nitrogen and sulphur application on aromatic expression of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. **Journal International des Science de la Vigne et du Vin**, v. 42, n. 3, p. 125-132, 2008.
- completar a referência
- LASA, B.; MENENDEZ, S.; SAGASTIZABAL, K.; CALLEJA CERVANTES, M. E.; IRIGOYEN, I.; MURO, J.; APARICIO-TEJO, P. M.; ARIZ, I. Foliar application of urea to “Sauvignon blanc” and “Merlot” vines: doses and time of application. **Plant Growth Regulation**, v. 67, n. 1, p.73-81, May 2012.
- LAWLOR, D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 370, p. 773-787, Apr. 2002.
- LI, S. X.; WANG, Z. H.; STEWART, B. A. Responses of crop plants to ammonium and nitrate N. **Advances in Agronomy**, v. 118, chapter five, p. 205-397, 2013.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTI, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; DE CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W. de B.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1173–1179. jun. 2012.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; DE CONTI, L.; 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**, v. 37, n. 3, p. 321, July/Sept. 2015.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 2006. 638 p.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Editora UFV, 2009. 486 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. New York: Academic Press, 2012. 651 p.
- MELO, G. W. B. de; BRUNETTO, G.; BASSO, A.; HEINZEN, J. Resposta das videiras a diferentes modos de distribuição de composto orgânico no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 493-503, jun. 2012.
- MILLARD, P. Internal cycling of nitrogen in trees. **Acta Horticulturae**, v. 383, p. 3-14, 1995.
- MILLARD, P.; GRELET, G. A. Nitrogen storage and remobilization by trees: ecophysiological relevance in a changing world. **Tree Physiology**, v. 30, n. 9, p. 1083–1095, Apr. 2010.
- NASSAR, A. R.; KLIEWER, H. M. Free amino acids in various parts of *Vitis Vinifera* at different stages of development. **Proc. American Society for Horticultural Science**, v. 89, p. 281-294, 1966.
- OAKS, A.; CLARK, C. J.; GREENWOOD, J. S. Nitrogen assimilation in higher plants: strategies for annual and perennial plant species. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 43-51. 1991.
- OLIVEIRA, B. S.; AMBROSINI, V. G.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; CERETTA, C. A.; SANTOS JUNIOR, E. dos; SANTOS, M. A. dos; LAZZARI, C. J. R.; BRUNETTO, G. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2164-2170, Dec. 2014.
- ORTIZ-LOPEZ, A.; CHANG, H. C.; BUSH, D. R. Amino acid transporters in plants. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes**, n. 1465, v. 1-2, p. 275-280, May 2000.
- OUGH, C. S.; LIDER, L. A.; COOK, J. A. Rootstock-scion interactions concerning wine making. I. Juice composition changes and effects on fermentation rate with St George and 99-R Rootstocks at two nitrogen fertilizer levels. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 19, n. 4, p. 213-227, Jan. 1968.
- PACHECO, C. A.; CALOURO, F.; MOTA, T.; GARRIDO, J.; CASTRO, R. Influência do azoto, fósforo e potássio na produção e qualidade do mosto da *Vitis vinifera* cv. Loureira na região dos vinhos verdes. **Actas de Horticultura**, v. 18, p. 11-15, 1997.
- PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, L. P.; HIRSCHFELT, D. J. Influence of timing of nitrogen fertilizer application on grapevines in the San Joaquin Valley. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 42, n. 4, p. 322-326, Jan. 1991.
- PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. **Soils an environmental quality**. 2 ed. Boca Raton: Taylor and Francis, 2000. 569 p.

- POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 778 p. 2003.
- PRADO, C. H. B. A. **Aquisição e uso dos nutrientes minerais da solução do solo**. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, 2013. 188 p.
- RAPP, A.; VERSINI, G. Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wine. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN IN GRAPES AND WINE, 1991, Washington. . Proceedings... Washington: The American Society for Enology and Viticulture, p. 156-164. 1991.
- RIVES, M. Vigour, pruning, cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. A literature review. **Agronomie**, v. 20, n. 1, p. 79-91, 2000.
- ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H; BERTRAND. N. Nitrous Oxide Emissions Respond Differently to No-Till in a Loam and a Heavy Clay Soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, p 1363-1369, Jan. 2008
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; JÚNIOR, F. B. R.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Eds.) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 165-198. 2006.
- SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003.
- SPARKS, D. Sorption phenomena on soil. In: **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. P. 99-139.
- SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; EVANS, R. G.; STEVENS, R. G.; SEYMOUR, B. J.; NAGEL, C. W. Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 45, n. 1, p. 34-42, Jan. 1994.
- 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**, v. 46, p. 49-55, Jan. 1995.
- STEVENSON, F. J. Organic forms of soil nitrogen. In: STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed., New York: John Wiley & Sons, INC., p. 59-95. 1994.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 820p. 2013.
- 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**, v. 58, n. 1, p. 1-11, 2007.
- TROMP, J. Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates and nitrogen. **Plant and Soil**, v. 71, n. 1, p. 401-413, Feb. 1983.
- VIERO, F.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; MORAES, R. P. de. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers in no-till wheat and maize in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1515-1525, 2014.

WILLIAMS, L. E. Growth of "Thompson Seedless" grapevines: II. Nitrogen distribution. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 112, p. 330-333, 1987.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KIEWER, W. M.; LÍDER, L. A.; CERRUTI, L. **General viticulture**. 2 ed., Berkeley: University California Press, 1974. 710 p.

ZAMBROSI, F. C. B.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MURAOKA, T.; SYVERTSEN, J. P. Contribution of phosphorus (32p) absorption and remobilization for citrus growth. **Plant and soil**. v. 355, n. 1, p. 353–362, June 2012.

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**, v. 161, n. 9, p. 1031-1040, 2004.