

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS BENTO GONÇALVES

O COBRE E A CULTURA DA VIDEIRA NA SERRA GAÚCHA:
TOXICIDADE, MÉTODOS PREVENTIVOS E DE MITIGAÇÃO

Andressa Fabiana TAFFAREL

Bento Gonçalves, Dezembro de 2021

Andressa Fabiana TAFFAREL

O COBRE E A CULTURA DA VIDEIRA NA SERRA GAÚCHA: TOXICIDADE, MÉTODOS PREVENTIVOS E DE MITIGAÇÃO

Artigo científico de revisão bibliográfica apresentado junto ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* - Especialização em Viticultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Bento Gonçalves, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Viticultura.

Orientador: Prof. Dr. Diovane Freire Moterle

Bento Gonçalves, Dezembro de 2021

Andressa Fabiana TAFFAREL

Artigo científico de revisão bibliográfica apresentado junto ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* - Especialização em Viticultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Bento Gonçalves, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Viticultura.

Orientador: Prof. Dr. Diovane Freire Moterle

Aprovado em ____/____/____.

Prof. Dr. Diovane Freire Moterle – Orientador.

Prof. Dr. Miguel Ângelo Sandri – Coordenador do Curso

Prof. MSc. Luis Carlos Diel Rupp – IFRS *Campus* Bento Gonçalves

Prof. Dr. Rodrigo Vieira Luciano – IFRS *Campus* Bento Gonçalves

RESUMO

A viticultura é uma das atividades agrícolas que mais contribui para adição de cobre nos solos, oriundo das sucessivas aplicações de calda bordalesa para o combate ao míldio da videira. Por meio desta revisão bibliográfica, buscou-se identificar os efeitos negativos oriundos do uso do cobre para o combate de doenças fúngicas da videira, na região da Serra Gaúcha do estado do Rio Grande do Sul. Devido aos problemas causados ao longo dos anos, com o acúmulo do cobre nos perfis do solo; este trabalho busca também apresentar métodos de prevenção que evitem este problema. Da mesma forma, apresentam-se, formas de mitigar áreas cultivadas com videiras que já apresentem excesso de cobre, na tentativa de evitar a contaminação do sistema solo-planta-água.

PALAVRAS-CHAVE: Viticultura; Calda Bordalesa; Míldio; Contaminação com cobre; Mitigação.

ABSTRACT

Viticulture is one of the agricultural activities that most contributes to the addition of copper to the soil, arising from successive applications of Bordeaux mixture to combat downy mildew on the vine. Through this literature review, we sought to identify the negative effects arising from the use of copper to combat fungal diseases of the vine, in the Serra Gaúcha region of the state of Rio Grande do Sul. Due to the problems caused over the years, with the accumulation of copper in the soil profiles; this work also seeks to present prevention methods that avoid this problem. Likewise, ways are presented to mitigate areas cultivated with vines that already have excess copper, in an attempt to avoid contamination of the soil-plant-water system.

KEYWORDS: Viticulture; Bordeaux mixture; Mildew; Copper contamination; Mitigation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Gráfico da concentração de cobre mg/kg nos diferentes órgãos de plantas de videira, submetidas aos tratamentos de consorciação aos 75 dias / Fonte: Silva et. al., 2009.....26
- Figura 2: Gráfico da concentração de cobre apoplástico e simplástico mg/kg nas raízes das videiras, submetidas aos tratamentos de consorciação aos 75 dias / Fonte: Silva et. al., 2009.....27
- Figura 3: Gráfico da porcentagem de proteção nas folhas da cv. Isabel em 58 dias avaliados durante a safra de 2017/2018 em condições de campo / Fonte: Cavalcanti et. al., 2019.....32
- Figura 4: Gráfico da porcentagem de proteção nos cachos da cv. Isabel em 85 dias avaliados durante a safra de 2017/2018 em condições de campo / Fonte: Cavalcanti et.al., 2019.....33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de massa seca (g) da aveia em resposta à aplicação de doses de calcário.29

Tabela 2: Índice total de clorofila A e B das folhas da aveia em resposta à aplicação de diferentes doses de calcário.....29

Tabela 3: Proteção promovida com a aplicação de oxiclreto de cálcio em doses e frequências diferentes.....31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. METODOLOGIA.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1. A VITICULTURA NO MUNDO E NA SERRA GAÚCHA.....	12
3.2. USO DO COBRE NO CONTROLE DAS DOENÇAS FÚNGICAS.....	14
3.3. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	18
3.4. MÉTODOS PREVENTIVOS E DE MITIGAÇÃO.....	24
3.4.1. Fitorremediação.....	24
3.4.2. Calagem.....	27
3.4.3. Substituição de Produtos à Base de Cobre.....	29
3.5. OUTRAS HIPÓTESES.....	33
4. CONCLUSÃO.....	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

A utilização da calda bordalesa para o combate ao míldio da videira é centenária, sendo utilizada com sucesso até os dias atuais. Na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul (RS), as sucessivas aplicações desta calda em videiras, em média 10 aplicações anuais, adiciona ao solo cerca de 30 kg/ha ano de cobre (CASALI et al., 2008). Este acréscimo no solo deve-se, além do excesso de aplicações, à senescência das folhas da videira e do escoamento do fungicida através da água da chuva.

As quantidades de cobre adicionadas ao solo, ultrapassam seu teor crítico e a sua capacidade máxima de adsorção (CQFS RS/SC -NRS, 2016; Casali et al., 2008), o que pode causar toxicidade às plantas, animais e a transferência ao ambiente. Na videira, além de diminuir a produtividade, podem afetar a qualidade da produção de uvas. Desta forma, é de extrema importância identificar e sensibilizar a todos sobre a qualidade do solo de cultivo de videiras com relação aos níveis de cobre e monitorar a sua situação, para então, buscar métodos que possam auxiliar, tanto diminuindo as adições do metal ao solo; e quando em situações de toxicidade, fornecer estratégias de mitigação em solos já contaminados.

Diante deste cenário, há a necessidade da busca por estratégias que auxiliem na remediação de áreas afetadas pelo excesso de elementos químicos. Para reduzir os riscos de contaminação do ambiente vitícola, como o solo, plantas e água. Diversos métodos utilizados atualmente são empregados nesta busca pela melhoria do ambiente com cultivo de videiras, como, por exemplo, a fitorremediação, que utiliza plantas para remover os elementos tóxicos do solo. Da mesma forma, a utilização da calagem do solo, funciona através do aumento do seu pH, indisponibilizando os elementos tóxicos para as plantas, através de sua retenção no solo. A utilização de produtos substitutos à calda bordalesa, que aportam menores teores de cobre ao solo, também são formas viáveis de aplicação, uma vez que, há a necessidade real de combate ao míldio na região da Serra Gaúcha.

Objetivou-se, com este trabalho, apresentar estudos realizados na Serra Gaúcha, relacionados à solos cultivados com videiras e que apresentam excesso de cobre, bem como alternativas que buscam a remediação, de alguma forma, dos altos teores de cobre encontrados nestes solos.

2. METODOLOGIA

O artigo de revisão bibliográfica contou com a utilização de trabalhos de pesquisa realizados na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. Foram utilizados artigos científicos que demonstraram, através de seus resultados, a contaminação com cobre, através do uso excessivo da calda bordalesa para o tratamento do míldio da videira nesta região; como uma forma de identificar o problema existente nos solos com cultivo de videiras. Também foram utilizados trabalhos, que objetivaram a mitigação destes solos contaminados, como uma forma de recuperar estas áreas cultivadas com videiras.

Os artigos utilizados neste processo foram obtidos através de pesquisas no site “www.sciencedirect.com”, “www.scielo.org”, “www.sbcs.org.br”, publicações da Embrapa Uva e Vinho, disponível no site “www.embrapa.br/uva-e-vinho” entre outros. As principais palavras-chave de busca foram “cobre” (copper), “viticultura na Serra Gaúcha”, “calda bordalesa”, “fitotoxidez”, “contaminação do ambiente”, “métodos de mitigação”, “fitorremediação”, “calagem”, “controle do míldio”.

Através da leitura dos trabalhos selecionados, buscou-se apresentar seus resultados em duas partes. Na primeira parte deste artigo, apresenta-se a identificação do problema, ilustrando as condições em que os solos da Serra Gaúcha se encontram, em relação às quantidades de cobre existentes nestes solos, após inúmeras aplicações anuais de fungicidas para o combate ao míldio da videira. Na segunda parte, são apresentados trabalhos, que buscam alternativas às aplicações de calda bordalesa para o combate do míldio, bem como, métodos para mitigação das áreas que já se encontram contaminadas. Também são discutidas outras hipóteses que podem ser levadas em consideração, como a utilização de cultivo protegido e a utilização de pó de rocha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. A VITICULTURA NO MUNDO E NA SERRA GAÚCHA

A história da videira conta com suas origens perdidas na pré-história. No período terciário, da era Cenozóica, havia a presença da videira, como uma planta silvestre. Provavelmente a atual Groenlândia é o centro paleontológico da origem da videira, segundo Amarante, J.O.A. (1986), pois foram encontradas sementes primitivas junto a fósseis de populações pré-históricas em achados arqueológicos. A partir da Groenlândia, essas videiras alastraram-se para regiões mais meridionais, seguindo em direção américo-asiática e euro-asiática. Em 1870, na direção euro-asiática, encontrou-se próximo a Sézanne, na França, um fóssil de videira de 50 milhões de anos. Tal descoberta originou a denominada *Vitis sezannensis*, principal ancestral da atual *Vitis vinifera* (Santos, 1995).

Cristóvão Colombo em sua segunda viagem às Antilhas, em 1493, trouxe a videira européia (*Vitis vinifera*) para o continente; seguiu inicialmente para o México e após para a América do Sul, entretanto, apenas nos territórios de colonização hispânica, de acordo com documentos existentes da Companhia das Índias em Sevilha, na Espanha (Angheben, 1982). Primeiramente, a introdução da videira da espécie *Vitis vinifera* foi feita por meio de sementes, estas mais fáceis de transportar, e após por estacas, a partir de seus locais de origem (Reisch & Pratt, 1996).

No Brasil, a videira foi introduzida em 1532, segundo Pommer (2003), por Martin Afonso de Souza, em São Vicente, no litoral de São Paulo, que trouxe agricultores, homens de tradição vitícola, em sua expedição, oriundos da Ilha da Madeira e Açores. Juntamente com Martin Afonso de Souza, segundo Souza (1996), Brás Cubas veio nesta mesma expedição e plantou videiras nas sesmarias que lhe foram doadas, tornando-se o primeiro viticultor a atuar em terras brasileiras. Com o passar do tempo,

a videira foi propagada para diversos pontos do país. Na época, plantavam-se apenas variedades *Vitis vinifera*, que não desenvolviam-se adequadamente em função das adversidades climáticas, falta de tecnologia agrícola para os tratamentos fitossanitários e o desconhecimento de técnicas de cultivo. Entre 1830 e 1840, segundo Pommer (2003), foram introduzidas no Brasil as primeiras videiras oriundas dos EUA, com maior resistência às moléstias fúngicas e mais adaptadas ao solo brasileiro, onde prosperaram e se expandiram.

No Rio Grande do Sul, as primeiras videiras foram introduzidas em 1626 pelos padres jesuítas e, posteriormente, cultivares de *Vitis vinifera* foram trazidas pelos imigrantes alemães. A vitivinicultura gaúcha teve um grande impulso a partir de 1875 com a chegada dos imigrantes italianos, que trouxeram consigo castas européias, principalmente da região do Vêneto, trazendo consigo a cultura e tradição da produção e consumo de vinhos. Porém, com as condições climáticas desfavoráveis para o cultivo das cultivares européias, a introdução da cultivar Isabel (*Vitis labrusca*), originária dos EUA, forneceu a base para o estabelecimento da vitivinicultura no Estado (Leão, 2010).

Atualmente, o estado do Rio Grande do Sul conta com produção vitivinícola nas regiões da Fronteira Oeste, Serra do Sudeste, Serra Gaúcha, Campos de Cima da Serra e regiões Central e Norte do estado, caracterizadas como zonas de viticultura temperada (IBRAVIN, 2013). A Serra Gaúcha localiza-se no nordeste do Rio Grande do Sul e é a maior região vitícola do país; caracteriza-se por uma viticultura de pequenas propriedades, pouco mecanizada devido à topografia acidentada, onde predomina o uso da mão de obra familiar. As condições ambientais determinam um período de repouso hibernar à videira; a poda é realizada em julho-agosto e a colheita está concentrada em janeiro e fevereiro (Protas *et al.*, 2002). Ainda segundo Protas *et al.* (2002), a maior parte da produção é de uvas americanas (*Vitis labrusca*) e híbridas, sendo a Isabel a cultivar de maior expressão. Dentre as viníferas brancas destacam-se as cultivares Moscato Branco, Riesling Itálico, Trebbiano e Chardonnay; já dentre as cultivares tintas, destacam-se a Cabernet Sauvignon, Merlot, Cabernet Franc e Tannat. A maior parte da uva colhida é destinada à elaboração de vinhos, sucos e outros derivados e uma pequena porcentagem da produção, especialmente de uvas americanas, como a Niágara Rosada e a Isabel, são destinadas ao mercado para consumo in natura.

Acredita-se que o principal entrave da vitivinicultura, deve-se a adversidade climática, sendo que, temperaturas elevadas e o excesso de chuvas no período vegetativo ampliam e multiplicam as enfermidades da planta e, conseqüentemente, prejudicam a matéria prima, além de exigir significativos gastos com controle fitossanitário dos vinhedos. Embora diversos fatores ambientais influenciem diretamente a produção vitivinícola, as duas variáveis citadas acima são as que, praticamente, definem a sua qualidade.

3.2. USO DO COBRE NO CONTROLE DAS DOENÇAS FÚNGICAS

O míldio da videira é causado pelo oomyceto *Plasmopara viticola* (Berk & Curtis) Berl. & de Toni 1888, que ataca todos os tecidos verdes da videira, incluindo folhas, bagas, gavinhas e brotos. O míldio é uma doença complexa, classificada como policíclica, na qual várias gerações do patógeno ocorrem em um mesmo ciclo de cultivo e, conseqüentemente, a quantidade de inóculo produzida ao final de cada ciclo do patógeno é aumentada em muitas vezes, resultando em altos índices de infecção, na ausência de medidas de controle curativo (Bedendo, 2011). Segundo Galet (1977), o *Plasmopara viticola* é nativo da América do Norte e foi inserido acidentalmente na Europa, durante o século XIX em espécies silvestres de *Vitis*; na França a introdução ocorreu em 1870, oriundas de porta-enxertos de *Vitis labruscas* resistentes à filoxera, esta, a principal praga da viticultura naquela época. Atualmente, este patógeno está mundialmente disseminado, colonizando principalmente cultivares *Vitis vinifera*, estas, mais suscetíveis à contaminação. A importância do míldio é histórica, por ter despertado o interesse para pesquisas em doenças de plantas, além de ter sido responsável pela criação da calda bordalesa, quando, então, se deu início as pesquisas com defensivos agrícolas (Massola Jr. & Krugner 2011). No Brasil o *Plasmopara viticola* foi descrito pela primeira vez em 1891, com a introdução de videiras originárias dos EUA no estado de São Paulo, pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Souza, 1996).

O míldio é uma doença destrutiva e amplamente disseminada, que ocorre na maioria das regiões produtoras, principalmente quando condições de temperatura

amenas (18 – 25°C) e de alta umidade relativa do ar (acima de 70%) predominam ao longo do ciclo vegetativo da videira; tornando-se mais acentuada no período chuvoso. É uma doença de difícil controle, principalmente quando a infecção ocorre nos estádios de desenvolvimento vegetativo e de floração da planta (Agrios, 2005). Quanto à disseminação, os esporos do (pseudo) fungo são propagados, principalmente, pelo vento e pela água, como, também, por meio de material infectado transportado de um local para outro (Grigoletti Júnior & Sônego, 1993).

O míldio afeta todas as partes verdes e em desenvolvimento da videira. Nas folhas o primeiro sintoma se caracteriza pelo aparecimento da mancha de óleo na face superior, de coloração verde-claro. Na face inferior correspondente, aparecem estruturas esbranquiçadas que são os órgãos de frutificação do pseudofungo, ou seja, os esporangióforos com esporângios, que saem através dos estômatos. As áreas da folha infectada sofrem dessecação e tornam-se marrons. Frequentemente, toda a folha seca e posteriormente cai (Grigoletti Júnior; Sônego, 1993). Nos estádios da floração e de bagas pequenas, o patógeno penetra pelos estômatos, causando escurecimento e secamento destes órgãos, se observando uma eflorescência branca que é a frutificação do pseudofungo. Os frutos ao atingirem mais da metade do desenvolvimento, o ataque do patógeno pode ocorrer pelo pedicelo e posteriormente colonizá-los. As bagas infectadas nessa fase apresentam uma coloração pardo-escura, e são facilmente destacadas do cacho, não havendo formação de eflorescência branca característica (Galet, 1982).

Todas as fases fenológicas da planta são sensíveis a essa doença, principalmente em todo o período da fase inicial de crescimento vegetativo e início da fase reprodutiva, onde os tecidos são mais tenros, facilitando a penetração e colonização do fungo. Os danos causados nas folhas da planta, bem como o desfolhamento acarretam em prejuízos na produtividade, pois há a redução da área fotossintética e a diminuição da produção de carboidratos. Os danos causados à planta, como o desfolhamento precoce afetará a produção também dos anos seguintes.

Tendo em vista a alta disseminação e destrutibilidade que o míldio causa à cultura da videira, faz-se necessário a utilização de métodos de prevenção e controle da doença, uma vez que ela causa redução na qualidade (principalmente na quantidade) da uva e, conseqüentemente, do produto final, gerando prejuízos ao vitivinicultor.

Desta forma, na viticultura, utiliza-se atualmente (e desde muito tempo) como fungicida para o combate do míldio causado pela *Plasmopara viticola* a calda bordalesa ou mistura de Bordeaux. A calda bordalesa surgiu na região de Bordeaux, na França, e a sua descoberta ocorreu por acaso em 1882, quando se verificou que a calda resultante da neutralização de sulfato de cobre (CuSO_4) com excesso de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ao ser aspergida sobre os vinhedos para evitar a coleta furtiva, devido ao aspecto azulado que conferia à folhagem, era também ativa contra o míldio da videira. Este foi um marco histórico no controle químico de doenças de plantas (Michereff, 2001). Desde então, este fungicida é utilizado em grande escala em todo o mundo (Ghorbani, 2007).

A composição da calda bordalesa é simples e é um fungicida fácil e barato de se obter. É composto, basicamente, pelo resultado da solução de sulfato de cobre e hidróxido de cálcio (cal virgem ou hidratado). O elemento de transição cobre (Cu) é um metal de coloração vermelha discretamente amarelada e com um brilho levemente opaco. É um metal macio, maleável e dúctil. Seu símbolo químico vem de Cuprum (do latim) alusivo à ilha de Chipre, onde, supõe-se, tenha sido primeiramente encontrado. Ocorre em maior concentração na natureza na forma de calcopirita (CuFeS_2), mas também pode ser encontrado como elemento simples e forma diversos compostos, principalmente o sulfato de cobre penta-hidratado – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Russel, 2004). Conforme Atkins & Jones (2006), o sulfato de cobre penta-hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) é o mais importante composto de cobre e é nesta forma que é mais encontrado na natureza. Obtida através de solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4) com sucata e minérios de cobre contendo enxofre ou com o óxido de cobre (CuO), segundo a reação: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuO} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Rosenberg & Epstein, 2001), o sulfato de cobre é usado na agricultura como fungicida, algicida, bactericida e herbicida. É utilizado ainda como aditivo em alimentos e fertilizantes, como mordente (corante azul) na indústria têxtil e fotográfica e como eletrólito em pilhas, em pigmentação de tintas, em composições pirotécnicas, na galvanoplastia e na medicina (Baccan & Godinho, 1997).

O hidróxido de cálcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] por sua vez, apresenta-se como um pó branco, alcalino (pH 12,8 ou mais), pouco solúvel em água (solubilidade de 1,2g/L de água, a 25 °C). Trata-se de uma base forte obtida com a hidratação do óxido de cálcio (CaO).

A reação entre o Ca(OH)_2 e o gás carbônico leva à formação do carbonato de cálcio (CaCO_3). As propriedades do hidróxido de cálcio derivam de sua dissociação em íons cálcio e hidroxila, e a ação desses íons sobre os tecidos e as bactérias explica as propriedades biológicas e antimicrobianas dessa substância (Carlos, 1997). As alterações nas propriedades biológicas podem também ser esclarecidas pelas reações químicas demonstradas, uma vez que o hidróxido de cálcio na presença de dióxido de carbono transforma-se em carbonato de cálcio, apresentando características químicas de um óxido ácido fraco. Esse produto formado é desprovido das propriedades biológicas do hidróxido de cálcio, como a capacidade mineralizadora (Estrela et al., 1997). O hidróxido de cálcio tem efeito bactericida. Segundo Estrela et al. (1994), esse efeito se dá pela dissociação em íons cálcio e hidroxila e sua ação sobre os tecidos dos microrganismos.

O preparo da calda bordalesa é feito através da hidratação ou apagamento da cal virgem, por meio de umidificação com água morna à quente, seguida por coagem da solução e diluição até metade da solução final. Já o sulfato de cobre em forma de cristais moídos é dissolvido com água, em, pelo menos, metade do volume final da solução. Utiliza-se uma quantidade menor de cal em relação à de sulfato de cobre. O pH da solução final deve ser de neutro (pH 7,0) à levemente alcalino (pH >7 e <7,5), corrige-se o pH com mais adição de cal. A concentração do sulfato de cobre na calda bordalesa varia de 0,25% - 1%, ou seja, utilização de 250g até 1kg de sulfato para cada 100L de calda. A quantidade de hidróxido de cálcio varia entre 50% à 80% em relação à quantidade de sulfato de cobre, dependendo da situação do produto, 1kg de cal virgem equivale à 1,35kg de cal apagada (previamente hidratada). Após a calda ser preparada deve ser novamente filtrada e imediatamente transferida para os pulverizadores e aplicada. De acordo com Rebelo (2015), a calda bordalesa é empregada em caráter preventivo em pulverização sobre os órgãos verdes das plantas, sendo considerado um biocida de amplo espectro. As hipóteses são que a calda tem efeito fungistático, agindo sobre o esporo em germinação, e acredita-se também que o íon cobre, uma vez absorvido pelo fungo, altera seu sistema enzimático, não lhe permitindo, especialmente, a síntese proteica. Há também a hipótese de uma ação exercida na superfície do fungo, alterando, por oxidação catalítica, seu sistema de oxirredução. Ainda segundo Rebelo (2015), essas duas hipóteses são viáveis, podendo ser complementares.

O cobre é um elemento essencial, porém é extremamente tóxico e altamente bioacumulável. Eliminação de águas residuais e industriais, mineração, incineração e fungicidas de cobre utilizados na agricultura são as principais fontes de contaminação por cobre (Chen; Chen; Dong, 2011). A bioacumulação caracteriza-se pelo acúmulo de metal intracelular, sendo uma absorção de metal por células vivas (Kaduková; Vircíková, 2005). No meio ambiente, alterações como diminuição do crescimento da raiz e parte aérea, número de folhas reduzidas, taxas de fotossíntese alteradas, alterações nos níveis de clorofilas, carotenóides e no teor de elementos minerais, açúcares e lipídios nas partes vegetativas das plantas, têm sido associadas ao excesso de cobre (Martins, 2014). Nos seres humanos, déficit ou excesso alimentar podem produzir consequências adversas à saúde. O excesso de cobre pode promover o estresse oxidativo *in vivo*, contribuindo para o surgimento de diversas doenças como aterosclerose e neurodegeneração (Ceko; Aitken; Harris, 2014).

O cobre é um elemento natural presente no ecossistema e desempenha um papel importante em muitos processos fisiológicos e bioquímicos dos organismos vivos e serve como um cofator para diversas enzimas. Apesar de seu papel biológico, altas concentrações deste elemento podem ser tóxicas e causar efeitos adversos nos seres vivos, por isso é fundamental compreender a acumulação, os agentes causadores e a toxicidade gerada pelo cobre no ambiente e os impactos provocados (Eyckmans *et. al.*, 2012). Da mesma forma, estudar métodos que limitem a adição de cobre na produção agrícola, como no caso da viticultura, é de extrema importância, bem como métodos de mitigação de áreas que já encontram-se com excesso do elemento.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com Bettioli e Camargo (2000), a quantidade de metais pesados em um solo sem interferência antropogênica depende do seu teor nas rochas de origem e do grau de intemperização a que esse material foi submetido; sendo que, estes metais podem estar na forma solúvel, fixada pelos minerais do solo, precipitada com outros componentes, na biomassa e complexada com a matéria orgânica. O equilíbrio entre as partículas de argila, matéria orgânica, hidróxidos de ferro, alumínio,

manganês e quelantes solúveis são fatores que determinam a atividade de um metal no solo. Sendo que, fatores como a natureza do solo, o seu pH, o tipo e a distribuição da matéria orgânica, o potencial de oxirredução do solo, a presença de óxidos, a proporção de argila e areia do solo, o clima e a vegetação do local podem afetar o equilíbrio entre a concentração de cobre nas rochas e a sua concentração e permanência no solo (Bettiol e Camargo, 2000).

A origem antropogênica de metais pesados no solo está relacionada à deposição atmosférica, uso de insumos agrícolas e à utilização para descarte de lodos de tratamento de esgoto industrial e urbano, compostos de lixo, esterco de animais e resíduos industriais (McBride, 1994). No estado do Rio Grande do Sul, a cultura da videira é abundante e, devido ao clima úmido, a incidência de doenças fúngicas é alta, especialmente do míldio. Desta forma, as plantas são submetidas, em média, a 10 aplicações de calda bordalesa, fungicida composto por sulfato de cobre e cal virgem, ao ano; que pode aportar à cultura da videira, segundo Nogueirol et al., 2005; cerca de 30 a 65kg/ha de cobre metálico ao ano e que, devido à sua baixa mobilidade, concentra-se na superfície do solo.

Os três principais modos de retenção do cobre no solo são: adsorção nas superfícies das partículas minerais, complexação por substâncias húmicas em partículas orgânicas e reações de precipitação (Khan & Scullion, 2000). A adsorção é provavelmente o processo mais importante na química deste metal no solo e pode ser definida como o acúmulo do elemento na interface entre a superfície sólida e a solução adjacente (Sposito, 1989). A adsorção não-específica ocorre quando os íons são retidos por forças físicas, de van der Waals, quando a interação entre os íons e as superfícies das partículas do solo é de natureza eletrostática (Ji & Li, 1997). Estes íons estão em equilíbrio com o sistema aquoso e podem se tornar disponíveis para as plantas, segundo Sposito (1989). Na adsorção específica, os íons adsorvidos por ligações covalentes ou iônicas são mais fortemente retidos; isto ocorre quando o cobre forma complexos de alta energia de ligação, em superfícies que contêm grupos hidroxilas, especialmente óxidos e hidróxidos de Fe, Mn e Al (Alloway & Ayres, 1997).

A matéria orgânica (MO) é uma das responsáveis por reter o cobre no solo, uma vez que possui grande superfície específica, carga líquida negativa dependente do pH do meio e capacidade de formar quelatos orgânicos, desta forma, em solos em que o

teor de MO é alto, o cobre é complexado em formas orgânicas insolúveis, permanecendo indisponível ou não causando toxicidade às plantas, segundo Bertoni & Mattiazzo-Prezotto (1999). De acordo com Stevenson (1995), os ácidos húmicos e fúlvicos são os principais responsáveis pela ligação do cobre com a MO do solo, formando complexos estáveis, tal habilidade pode ser atribuída ao seu alto teor de conteúdo de grupos funcionais contendo oxigênio, como COOH, OH fenólicos, alcoólicos e enólicos e CO₂. A força desta ligação do cobre com os ácidos húmicos diminui com o aumento da concentração de cobre no solo (Goodman & Cheshire, 1976), com a diminuição do pH do meio (Yonebayashi et al., 1994) e com o aumento do grau de humificação (Stevenson & Fitch, 1981).

A fração de cobre disponível é a mais importante para as plantas, na forma catiônica livre (Cu²⁺). Dependendo do pH do solo e da afinidade do elemento com os complexos orgânicos, a concentração do cobre nesta forma na solução do solo pode ser muito baixa; diminuindo com o aumento do pH do solo. É provável que o cobre forme hidróxidos e estes precipitem quando o pH do solo for maior do que 7, segundo Kabata-Pendias & Pendias (2001). Desta forma, segundo Rodrigues-Rubio et al., 2003 e Casali et al., 2008; o pH e a MO são os principais fatores que afetam direta e indiretamente a disponibilidade do cobre no solo.

Destaca-se a importância de identificar as formas em que o cobre se encontra no solo, para investigar seu comportamento no sistema solo-planta-água, bem como possíveis problemas de toxicidade e formas de mitigar tal problema. A técnica do fracionamento ou extração sequencial auxilia na identificação das formas em que o elemento, no caso o cobre, se encontra no solo. Desta maneira, entendendo melhor a dinâmica do elemento e a sua absorção pelas plantas. O fracionamento baseia-se na técnica proposta por Tessier et al. (1979), onde se utilizam diferentes soluções para separar e quantificar os metais na solução do solo. Tais metais podem estar ligados à fração trocável, aos carbonatos, aos óxidos (de ferro, alumínio e manganês), à matéria orgânica e ligados à fração residual. Além do fracionamento sequencial, segundo Jordão et al. (2000), observa-se a importância de estudar o fenômeno de adsorção, pois os efeitos desfavoráveis de altas concentrações de cobre no solo estão relacionadas à habilidade do solo de adsorver o cobre; o uso de isotermas de adsorção, como a isoterma de Langmuir fornece a capacidade máxima de adsorção do metal pelo solo e o coeficiente relacionado à energia de ligação do íon neste solo.

Tratando-se do estudo do solo, faz-se necessário compreender a análise mineralógica deste, pois através de tal estudo, faz-se o reconhecimento qualitativo e quantitativo dos constituintes minerais nas diferentes frações texturais do solo (areia, silte e argila). Os métodos utilizados e os conhecimentos produzidos sobre as estruturas cristalinas dos minerais são bastante úteis na compreensão do comportamento dos minerais primários e secundários do solo, segundo Mata et al., 2011. De acordo com Vitorino et al., (2003), é preciso reconhecer a validade e aplicação dos resultados mineralógicos nos diferentes campos da Pedologia, o que denota a forte vinculação da mineralogia do solo com as outras áreas de trabalho, como a classificação dos solos, manejo, fertilidade do solo e nutrição de plantas, recuperação de áreas degradadas, e química do solo, por exemplo.

Na viticultura, a utilização de calda bordalesa para o tratamento do míldio da videira é o processo que mais contribui para o acúmulo de cobre no solo, como foi evidenciado através de diversos trabalhos de pesquisa realizado na Serra Gaúcha, como é o caso de Korchagin et al. (2013), que através de análise do incremento do cobre nas camadas do solo cultivado com videiras centenárias, no município de Pinto Bandeira, evidenciou o aumento do teor de cobre nestes solos, sendo que, este efeito ocorreu em todo o perfil de solo analisado, de 0 – 50 cm, mas principalmente, a maior concentração do metal esteve retida de 0 - 25 cm de profundidade. O que pode ser um problema no processo de implantação de videiras jovens, uma vez que, suas raízes superficiais estariam expostas ao cobre existente neste solo. Ainda no município de Pinto Bandeira, Bortoluzzi et. al., 2018, através de um estudo, observou acumulação e precipitação de cobre e zinco no mesmo vinhedo centenário, também estudado por Korchagin et. al., 2013; onde identificou-se formação de minerais neoformados com cobre (cyanochroite e wooldridgeite) na zona rizosférica das videiras, devido à aplicação de altas quantidades de cobre e fertilizantes. Foram encontradas concentrações de 4.500 mg/kg de cobre total, 1.400 mg/kg de cobre trocável e 600 mg/kg de cobre residual, o que comprova, mais uma vez, que a utilização da calda bordalesa, apesar de ser eficaz para o combate ao míldio da videira, causa a acumulação do cobre na zona rizosférica das plantas. Este acúmulo pode ser prejudicial para o sistema radicular das plantas, uma vez que os valores de cobre no solo ultrapassam drasticamente o limite máximo permitido para solos agrícolas, que é de 200 mg/kg, de acordo com as normas do CONAMA (2009). Este

acúmulo de cobre no solo interfere, principalmente, em relação à renovação da vinha, uma vez que prejudica o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes da solução do solo. Casali et al. (2008), em estudo realizado acerca das formas de dessorção de cobre em solo resultante de 40 anos de cultivo de videira, com conseqüentes inúmeras aplicações de calda bordalesa, evidenciou que estas aplicações anuais de fungicida cúprico aumentaram o teor total de cobre no solo, bem como da fração biodisponível, inclusive de 20 – 40 cm, fração mais prejudicial para o sistema radicular e para a planta jovem da videira como um todo. Apesar da maior parte do cobre existente no vinhedo encontrar-se retido na fração mineral e na matéria orgânica do solo, no caso do solo de mata nativa, ainda segundo Casali et al. (2008), independente dos materiais adsorventes existentes no solo cultivado com videira, este cobre é facilmente dessorvível, podendo ser considerado em equilíbrio rápido com o cobre da solução do solo e, logo, encontra-se na fração disponível para as plantas.

Melo et al. (2008), através de estudo, avaliou a produção de matéria seca e acumulação de nutrientes em porta-enxertos jovens de videira Paulsen 1103, em solos com diferentes níveis de cobre, no município de Bento Gonçalves. O estudo mostrou que a produção de matéria seca e o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio diminuiriam com o aumento da disponibilidade de cobre em um Neossolo Litólico. A hipótese levantada é que o menor teor de matéria orgânica neste solo propiciou tais resultados, pois, em mesmo experimento, um Cambissolo Húmico avaliado, com maior teor de MO, não teve diminuições dos níveis dos macronutrientes e de matéria seca significativos. Ou seja, o solo deve ser visto como um todo, e as reações causadas pelo excesso de adição de cobre dependem de outros fatores, como a matéria orgânica, por exemplo, que retém este metal no solo, o indisponibilizando para as plantas.

Albarello et al. (2013), em trabalho realizado com um Neossolo da Serra Gaúcha, concluiu que, há relação entre o efeito fitotóxico do cobre e o crescimento da parte aérea de mudas da cultivar Niágara Rosada. Uma vez que, os resultados de seu trabalho demonstraram que o excesso de cobre limitou o crescimento das mudas de videira e de plantas de cobertura, diminuindo sua altura, o que pode ser explicado devido ao excesso de cobre prejudicar o desenvolvimento das raízes, principalmente

de plantas jovens, diminuindo, conseqüentemente, a absorção de nutrientes da solução do solo pelas plantas.

Trabalhos realizados por Dal Fré (2014), Dal Fré et al. (2016) e Taffarel (2016), em área de cultivo centenário de videiras, no município de Pinto Bandeira, evidenciaram o aumento do teor de cobre no solo. Este aumento é evidenciado ao longo do perfil do solo estudado, 0 – 20 cm de profundidade. Além disso, devido à erosão da área analisada, este metal foi transferido ao ambiente aquático através do escoamento superficial da água e de sedimentos, o que deixou a qualidade da água do riacho que drena a bacia, fora dos padrões do CONAMA (2009) nos parâmetros de potabilidade em metais pesados. Desta forma, evidencia-se que o grande volume de aplicações anuais de calda bordalesa no cultivo da videira não afeta apenas o solo e as plantas, mas também o ambiente como um todo, que juntamente com a falta de plantas de cobertura principalmente em terrenos com declive, podem levar à contaminação de redes de drenagens.

Ribeiro et al. (2007) exemplifica que, a contaminação do ambiente pelo uso de fungicidas pode ir ainda mais longe através de relato de intoxicação crônica de ovelhas por cobre, através do pastoreamento em propriedade rural com produção de uva na Serra Gaúcha. Através de análises, foram encontrados altos teores de cobre na cama aviária (637 mg/kg), utilizada como adubo no vinhedo e, através da absorção pelas plantas de cobertura, acabam sendo ingeridos pelas ovelhas; em bagaço de uva (158 mg/kg), utilizado com alimento complementar oferecido aos animais; na ração dos ovinos (18 mg/kg); bem como em pastagens (86 mg/kg). Os ovinos não toleram regimes alimentares que contenham mais de 10 mg/kg de cobre, desta forma, Ribeiro et al. (2007) identificou no estudo a morte de 57% do rebanho de ovinos por intoxicação com cobre existente no ambiente. Da mesma maneira, em trabalho mais recente, Pompermaier et al. (2020) identificou alterações no comportamento e na fisiologia de peixes-zebra, causando mudanças endócrinas nos animais cultivados em água oriunda de um vinhedo centenário, no município de Pinto Bandeira. A água estava contaminada cobre, o que pode causar problemas no balanço ecológico do ecossistema aquático.

As altas concentrações de cobre aplicadas nas videiras da Serra Gaúcha são evidenciadas também em farinhas produzidas através do bagaço das uvas, como

demonstra Krueger et al. (2018); que através de análises identificou valores dez vezes maiores de cobre neste subproduto da vitivinicultura, do que o determinado pela legislação para a ingestão diária humana do micronutriente, que deveria ser entre 1,1 e 2,0 mg. Estes valores de cobre, ainda segundo o autor, variaram 598% entre as amostras de bagaço das cultivares utilizadas para a produção das farinhas, que foram as cultivares Merlot, Tannat e Isabel, sendo que a o bagaço da cultivar Isabel apresentou menor quantidade do metal, fato que pode estar relacionado à maior resistência ao míldio e conseqüente menor aplicação de calda bordalesa em comparação com as demais cultivares.

Através dos dados expostos por trabalhos que ilustram a contaminação pelo uso excessivo de cobre no sistema solo-planta-água-animais na Serra Gaúcha, maior polo produtor de uva do Brasil, tem-se a necessidade de buscar métodos que evitem, diminuam e mitiguem os problemas causados pelo metal.

3.4. MÉTODOS PREVENTIVOS E DE MITIGAÇÃO

3.4.1. Fitorremediação

Em excesso nos solos, devido às atividades agrícolas, industriais, mineração e reutilização de resíduos urbanos, o cobre torna-se agente poluidor. E a fitorremediação destaca-se por apresentar um processo de remediação dos solos à base de plantas. Estas técnicas caracterizam-se por remediar, estabilizar ou até mesmo despoluir áreas contaminadas com metais pesados incluindo o cobre (Caires et al., 2011). A fitorremediação com arbóreas leguminosas pode levar a melhoria dos solos devido à solubilização de nutrientes e a fixação do nitrogênio atmosférico em associação com bactérias nitrificantes. A qualidade e quantidade da matéria orgânica são melhoradas, podendo ainda, transformar importantes propriedades dos solos como porosidade, aeração e umidade (Jesus et al., 2014).

Silva et al. (2009) buscou obter informações sobre o acúmulo de cobre nos tecidos da videira, com a utilização consorciada de gramíneas em solos contaminados com o

metal, durante o desenvolvimento inicial das plantas; a fim de estudar o potencial da fitorremediação e sua relação com os métodos físico-químicos das plantas, buscando diminuição no impacto ambiental. O trabalho foi realizado em Casa de Vegetação, no município de Bento Gonçalves, utilizando a variedade Cabernet Sauvignon, cultivada em solo contaminado com sulfato de cobre (181 mg/dm^3 de cobre metálico). Os tratamentos utilizaram consórcio da videira com *Cynodon dactylon* L. (T1), com *Digitaria decumbens* Stent (T2), além de um tratamento controle, sem consórcio com gramíneas.

O autor observou em todos os tratamentos que a concentração de cobre foi maior nas raízes das videiras, em relação aos sarmentos e as folhas (Gráfico 1). Da mesma maneira, a concentração de cobre foi maior em todos os órgãos das videiras controle, sem o consórcio com gramíneas, havendo maior translocação de cobre para as partes aéreas. Nas raízes a concentração de cobre alcançou $50,8 \text{ mg/kg}$ no tratamento controle, enquanto nos tratamentos consorciados, este teor baixou drasticamente para $26,99 \text{ mg}$ com *Cynodon dactylon* e $23,71 \text{ mg}$ com consórcio de *Digitaria decumbens*. Em relação aos sarmentos e as folhas, as diferenças de concentração de cobre foram menos aparentes em comparação com as concentrações nas raízes, porém a utilização do consórcio com a *Digitaria decumbens* apresenta menores teores de cobre em ambos os órgãos da videira, em relação à utilização da *Cynodon dactylon*. A maior parte do cobre absorvido do solo pela planta, fica retida nas raízes das videiras e, segundo os autores, mais de 50% deste cobre acumulado nas raízes, encontra-se ligado à parede celular, motivo este que reduz a mobilidade intracelular do metal, fazendo-o acumular nas raízes da planta. O autor verificou diferença entre a concentração e o acúmulo de cobre apoplástico nas raízes, onde, a concentração na parede celular é maior nas raízes de videiras que não foram consorciadas com gramíneas (Gráfico 2).

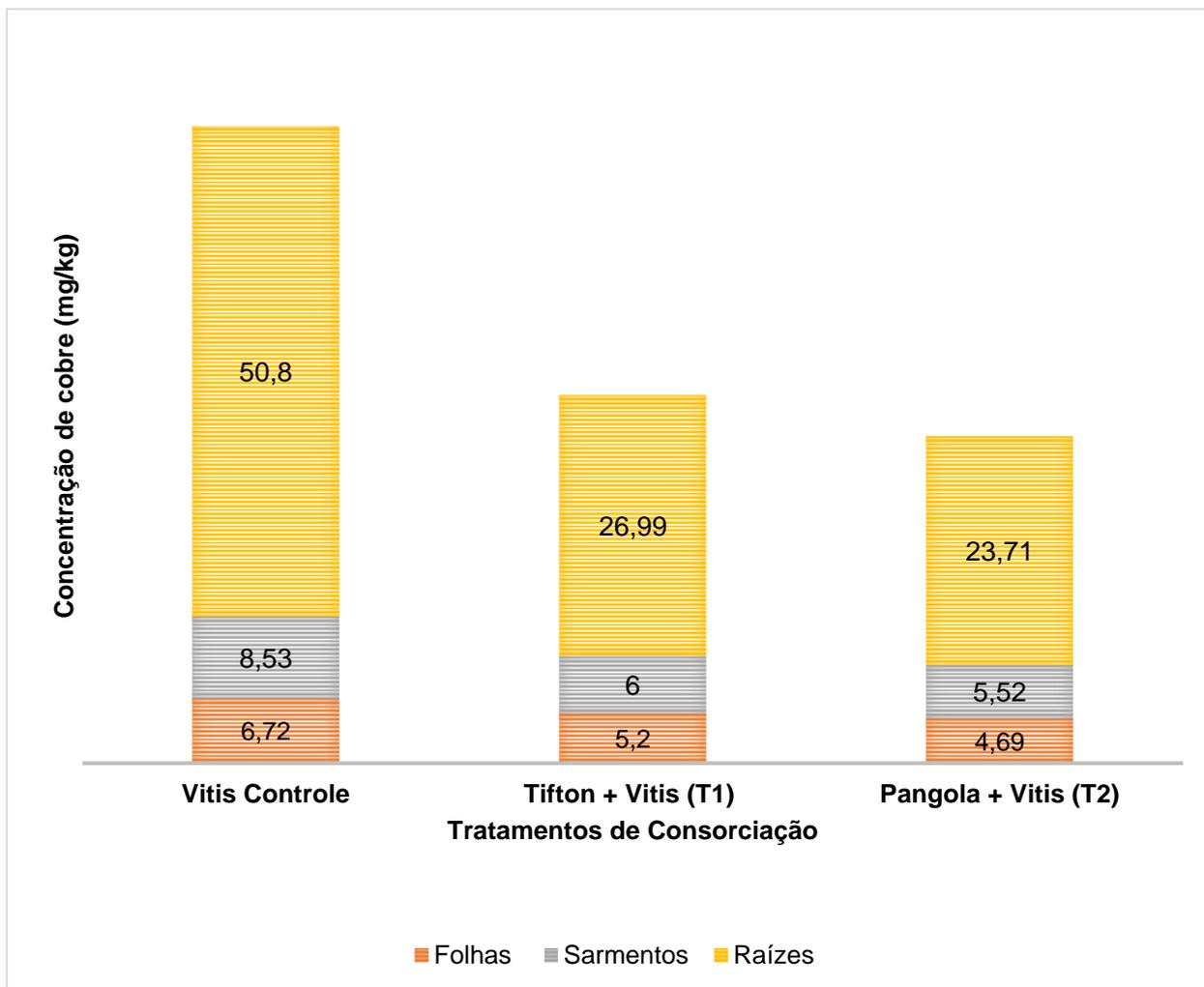


Figura 1: Gráfico da concentração de cobre mg/kg nos diferentes órgãos de plantas de videira, submetidas aos tratamentos de consorciação aos 75 dias / Fonte: Silva et. al., 2009.

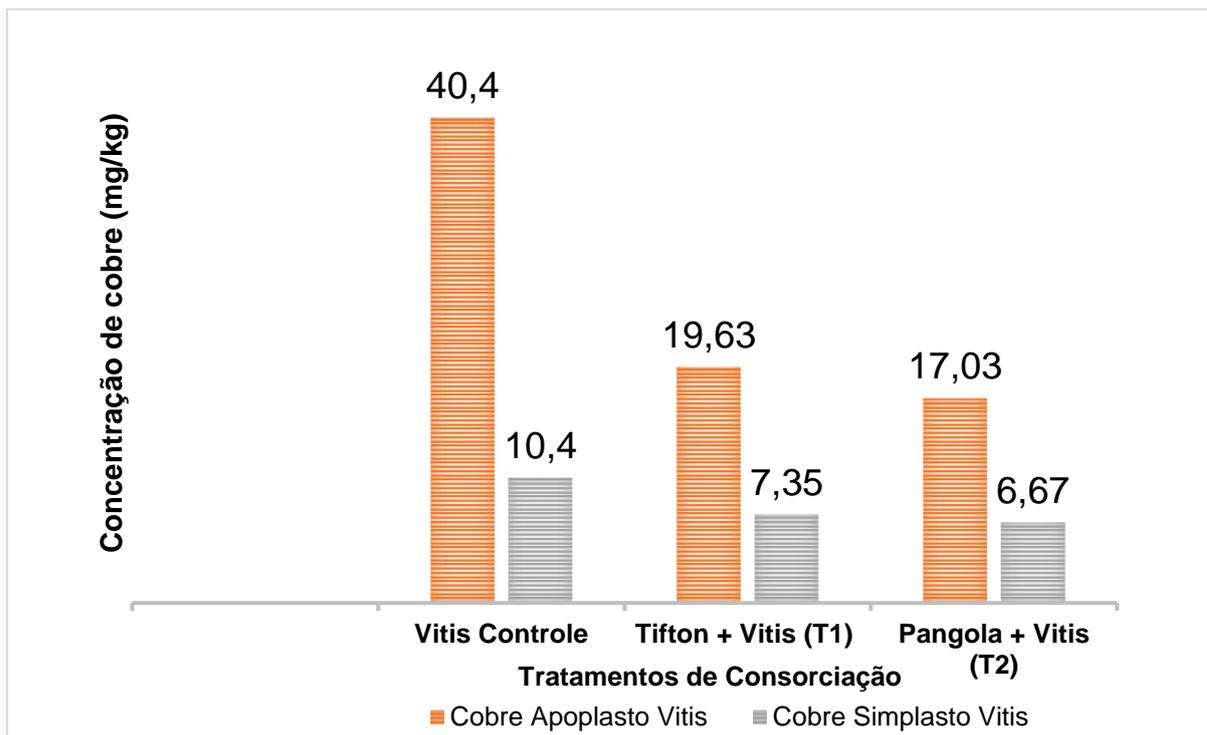


Figura 2: Gráfico da concentração de cobre apoplástico e simplástico mg/kg nas raízes das videiras, submetidas aos tratamentos de consorciação aos 75 dias / Fonte: Silva et. al., 2009.

Desta forma, Silva et al. (2009), concluiu, através da realização do experimento, utilizando o consórcio com gramíneas em solo com contaminação do metal, que a consorciação com as gramíneas diminuiu a absorção e o acúmulo do cobre nas raízes da videira. Observou-se também, que o acúmulo do cobre ocorreu em maior quantidade nas raízes de ambas as espécies de gramíneas estudadas e que, este acúmulo em maior quantidade na parede celular (apoplasto) reduz a mobilidade do cobre para a parte aérea. Destaca-se a importância da utilização de cobertura verde do solo, pois além da proteção física, evitando a erosão e mantendo a temperatura ideal do solo para as raízes da videira, as plantas de cobertura auxiliam também na retenção do cobre existente no solo, diminuindo sua disponibilidade às videiras. Isso demonstra que pode ser uma alternativa para evitar a toxicidade dos vinhedos, principalmente para as plantas jovens de videira.

3.4.2. Calagem

Dentre as estratégias para a mitigação do excesso de cobre na cultura da videira, uma hipótese é a utilização de calagem em solos contaminados por cobre, este

método consiste na adição e incorporação de calcário ao solo, com o objetivo de diminuir a disponibilidade do cobre às plantas, através do aumento do pH, fazendo com que o cobre permaneça mais fortemente retido ao solo. A premissa é que, à medida que o pH do solo aumenta, há a diminuição da disponibilidade de micronutrientes catiônicos, como o cobre, para o sistema radicular das plantas, uma vez que há maior retenção deste elemento no solo, dificultando sua absorção pela planta.

Melo et al. (2013), objetivou avaliar o efeito de diferentes níveis de pH do solo sobre a produção de massa seca e teores de clorofilas A e B de plantas de aveia, cultivadas com alto nível de cobre. O objetivo foi estudar o efeito do pH como uma alternativa para mitigar os efeitos tóxicos do cobre nestas plantas, que são comumente utilizadas como cobertura de solo em vinhedos, e que, estão suscetíveis à fitotoxicidade do cobre.

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, no município de Bento Gonçalves, contando com amostras de seis tipos de solo da Serra Gaúcha, sendo 3 Argissolos, 2 Cambissolos e 1 Neossolo. Foram utilizadas 5 doses de carbonatos de cálcio e magnésio 3:1, em doses de 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a recomendação para atingir o pH 6,0, recomendada pelo CQFS-RS/SC (2004). A adição de cobre o solo foi de 50mg/kg.

De acordo com os resultados obtidos, para a produção de massa seca e de clorofilas A e B, observou-se que as plantas tiveram resposta às doses de calcário dependente do tipo de solo. O solo 1 e o solo 4, ambos Cambissolos, o aumento da dose de calcário não aumentou a produção de massa seca (Tabela 1). Já para os demais solos, o 2 (Neossolo); 3, 5 e 6 (Argissolo); quando houve diferença, ela só foi significativa em relação à dose 0, o que indica que os próprios solos influenciam na toxicidade do cobre nas plantas. Estes resultados podem ser um indicativo de que para mitigar a fitotoxicidade causada pelo cobre no solo, basta aplicar 50% da dose de calcário recomendada, pois, para estes solos, a dose de cobre aplicada não teve efeito fitotóxico. Em contrapartida, em relação à clorofila, em todos os solos estudados, o aumento da dose de calcário altera o teor de clorofila total (Tabela 2). No Neossolo (solo 2) e no Argissolo (3, 5 e 6), tal teor foi menor na dose 0, onde não há adição de calcário. O aumento geral nos teores totais de clorofila (clorofila A e B)

significa que a calagem pode contribuir para aumentar a eficiência na absorção da luz menos intensa, além de aumento de espectro da ação da fotossíntese.

Tabela 1: Produção de massa seca (g) da aveia em resposta à aplicação de doses de calcário.

Calagem (SMP)	Solo 1 Cambissolo	Solo 2 Neossolo	Solo 3 Argissolo	Solo 4 Cambissolo	Solo 5 Argissolo	Solo 6 Argissolo
0	3,6	0,47	0,43	4,43	1,27	0,73
0,5	3,83	2,83	3,13	4,33	2,43	1,6
1	4,23	2,7	1,9	4,3	2,6	1,6
1,5	3,93	2,93	2,2	4,33	2,87	1,97
2	3,67	3,4	2,57	4,67	3,1	2,33

Fonte: Melo et. al., 2013.

Tabela 2: Índice total de clorofila A e B das folhas da aveia em resposta à aplicação de diferentes doses de calcário.

Calagem (SMP)	Solo 1 Cambissolo	Solo 2 Neossolo	Solo 3 Argissolo	Solo 4 Cambissolo	Solo 5 Argissolo	Solo 6 Argissolo
0	47,38	34,77	31,65	47,84	38,92	35,58
0,5	52,05	49,59	45,93	50,8	41,86	39,2
1	53,98	49,8	43,95	51,03	45,25	41,89
1,5	52,41	48,16	46,12	51,63	47,11	42,19
2	48,01	46,46	48,53	49,54	45,77	43,48
Média	50,57	45,75	43,03	50,17	43,78	40,47

Fonte: Melo et. al., 2013.

Desta forma, através do experimento, Melo et al. (2013), concluiu que a concentração de cobre no solo, que causa a fitotoxicidade nas videiras, varia de acordo com o tipo de solo. Concluiu-se também que, o uso da calagem pode ser uma ferramenta a ser utilizada para a mitigação da toxicidade do cobre nas plantas de videira, além de, favorecer a fotossíntese.

3.4.3. Substituição de Produtos à Base de Cobre

A utilização da calda bordalesa é a primeira proteção da história contra o míldio da videira, sendo utilizada até os dias atuais. Sua eficácia se dá por conta do cobre, que acumula nas células do oomiceto, formando compostos que causam comprometimento generalizado no metabolismo respiratório, danos nas membranas e na integridade da célula do *Plasmopora viticola*.

Levando em consideração a eficácia da utilização do cobre para o controle do míldio na videira, mas pensando na diminuição de suas concentrações, para diminuir a contaminação ambiental causada pelo metal, Cavalcanti et al. (2019), objetivou avaliar o desempenho de glucona de cobre, fosfito de cobre e oxiclreto de cálcio, produtos com menor teor de cobre, como substitutos da calda bordalesa, para o controle do míldio da videira, em vinhedo da cultivar Isabel. Foram realizados dois experimentos de campo, em Bento Gonçalves, durante duas safras, nos anos de 2015/2016 (Experimento de Campo I) e 2017/2018 (Experimento de Campo II).

Na safra de 2015/2016, o objetivo foi avaliar a oxiclreto de cálcio em diferentes concentrações e frequência de aplicação, sendo 0,5g/L (aplicação quinzenal), 1,0g/L (aplicação semanal) e 1,0g/L (aplicação quinzenal); além da aplicação de calda bordalesa clássica à 1% (controle positivo/Ctrl +) e pulverização com água destilada (controle negativo/Ctrl -). O oxiclreto de cálcio é comumente utilizado como sanitizante para pós-colheita, promovendo a melhor durabilidade e qualidade dos frutos, através de assepsia. A solução foi aplicada com pulverizador costal até o ponto de escorrimento, a partir do início da floração. No experimento realizado na safra de 2017/2018, foram utilizados: glucona de cobre (200ml/100L de água), fosfito de cobre (200ml/100L de água), além da calda bordalesa clássica à 1% (controle positivo/Ctrl +), água destilada (controle negativo/Ctrl -), e controle positivo adicional com metalaxil-M + Mancozeb (300g/100L de água). A glucona e o fosfito, são produtos comercializados como fertilizantes foliares. Enquanto a glucona de cobre (utilizada a 160ppm de cobre) é feita à base de cobre e enxofre complexado ao ácido glucônico; o fosfito de cobre é um produto à base de cobre (utilizado a 120 ppm de cobre) e ativado com fosfitos e enxofre. O ácido glucônico é um produto oriundo da oxidação da glicose e é utilizado como potencializador de reações de absorção em tecidos, segundo Ramachandran et al. (2006). Já os fosfitos, possuem duplo modo de ação na proteção das plantas, atuando diretamente pela formação de poros celulares por danos na membrana e na parede celular da hifa (de patógenos), ou por ativação de

mecanismos de defesa vegetal, segundo Cavalcanti et al. (2014). Os produtos foram aplicados via pulverização mecanizada por turbina, em volume de aproximadamente 100 L/ha. Os tratamentos substituintes ao cobre foram incorporados ao calendário de pulverização do vinhedo, juntamente com as duas formulações que serviram como controle positivo (Ctrl+): metalaxil-M + mancozeb e calda bordalesa (CB1010) com 1.160 ppm de cobre.

Em relação aos resultados obtidos na safra de 2015/2016 (Experimento de Campo I), a utilização de oxicloreto de cálcio, a partir do início da inflorescência, promoveu um nível discreto de proteção dos frutos, mesmo com maiores frequências de aplicações, no caso semanal, enquanto aplicações com frequência quinzenal, obtiveram menores percentuais de proteção, como pode observado na Tabela 3. Recomenda-se a aplicação de dose de 1,0g/L, pois esta mostrou-se mais efetiva em relação à aplicação de 0,5g/L do produto.

Tabela 3: Proteção promovida com a aplicação de oxicloreto de cálcio em doses e frequências diferentes.

Frequência de aplicação (dias)	Dosagem aplicada (g/L)	Percentual de proteção (%)
Semanal	1	41,03
Quinzenal	1	38,64
Quinzenal	0,5	13,93

Fonte: Cavalcanti et.al., 2019.

Já em relação aos resultados obtidos durante o Experimento de Campo II, durante a safra 2017/2018, Cavalcanti et. al., (2019) observaram proteções intermediárias na parte vegetativa das plantas, obtidas pela glucona e o fosfito de cobre, entre 41 e 42%, contra o míldio, como visualizado no Gráfico 3. Observa-se ainda, no Gráfico 3, que a calda bordalesa não conferiu proteção adequada para as parcelas submetidas a esse tratamento tradicional.

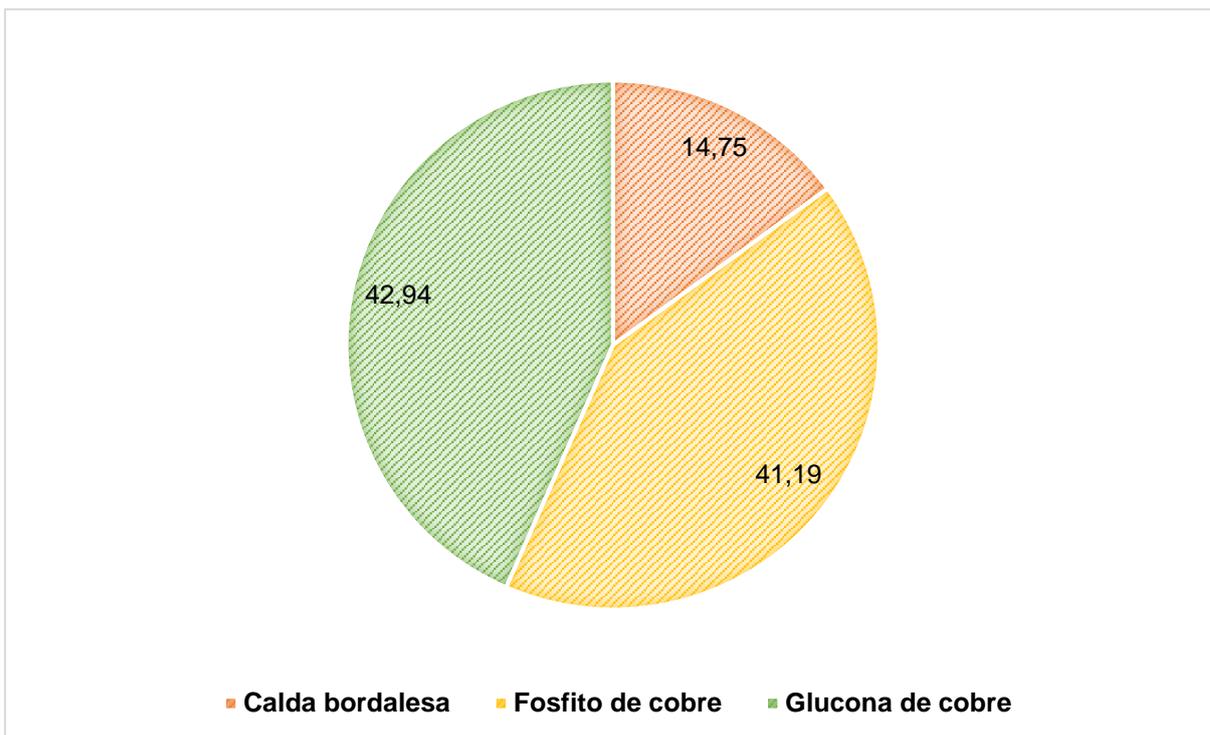


Figura 3: Gráfico da porcentagem de proteção nas folhas da cv. Isabel em 58 dias avaliados durante a safra de 2017/2018 em condições de campo / Fonte: Cavalcanti et. al., 2019.

No Experimento Campo 2 (safra 2017/2018), não foram vistas diferenças, na proteção dos cachos contra os danos pelo míldio, entre a calda bordalesa e os produtos testados como substitutos, como pode ser observado no Gráfico 4. O produto baseado em glucona de cobre atingiu 77,81% de proteção para os cachos, mais uma vez, apresentando índice superior de proteção em comparação com a tradicional calda bordalesa.

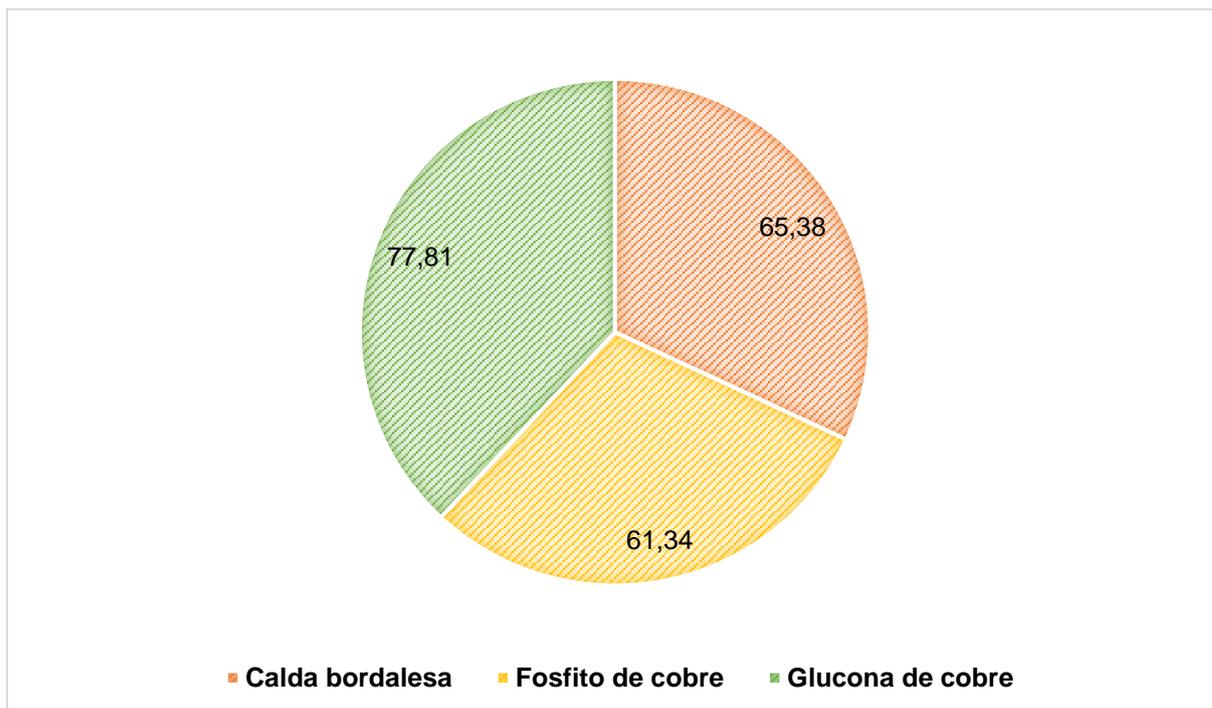


Figura 4: Gráfico da porcentagem de proteção nos cachos da cv. Isabel em 85 dias avaliados durante a safra de 2017/2018 em condições de campo / Fonte: Cavalcanti et.al., 2019.

Através do Experimento de Campo II, realizado durante a safra de 2017/2018, Cavalcanti et al. (2019), observou que, tanto a glucona de cobre, quanto o fosfito de cobre demonstraram eficácia, combatendo o míldio e conferindo proteção ao vinhedo, assim como a calda bordalesa. Levando em consideração que ambos os produtos possuem teores reduzidos de cobre em sua formulação (menores que 10% do produto), e, adicionando aditivos que ativam a defesa das plantas contra os patógenos, pode haver a redução da adição de cobre no vinhedo, sem alterar a qualidade de proteção, em relação à calda bordalesa.

3.5. OUTRAS HIPÓTESES

Outras hipóteses também podem ser levadas em consideração, em relação à diminuição do aporte de cobre ao solo, bem como a mitigação de solos com cultivo de videiras, que já encontram-se contaminados com cobre na Serra Gaúcha. Porém, como estes métodos ainda não são muito explorados, com poucos estudos

disponíveis ou com estudos ainda em andamento, serão apenas citados aqui, como alternativas futuras viáveis a serem utilizadas.

Chavarria et al. (2007), caracterizou os aspectos relacionados à incidência e à severidade de doenças, bem como a necessidade de controle e o monitoramento dos resíduos dos fungicidas que permanecem nas videiras que estão sob cultivo protegido. O autor concluiu que ocorreu menor incidência de podridões na uva, no cultivo protegido, em comparação ao cultivo tradicional, sem cobertura. Da mesma forma, as condições microclimáticas existentes em plantas que estão sob cultivo protegido, impedem a incidência do míldio na videira. Sendo assim, a utilização da cobertura plástica pode ser uma alternativa a ser utilizada para um cultivo de uva com menores impactos de contaminação do ambiente, produtor e consumidor; uma vez que a necessidade de utilização de produtos sanitários foi reduzida, no caso das podridões de cacho e as aplicações para combate ao míldio foram nulas. Esta é uma alternativa a ser levada em consideração, uma vez que há a proteção do dossel vegetativo com a cobertura plástica, fazendo com que, sem o molhamento da folha, não há a manifestação do míldio nas plantas.

Em um estudo realizado por Cezimbra et al. (2017), utilizando pó de rocha hidrotermal, em um solo (Cambissolo) que possui histórico centenário de cultivo de videira, verificou a possibilidade do pó de rocha minimizar a disponibilidade do cobre para as plantas. Desta forma, a ideia principal é de que, o pó de rocha, que é um material com potencial remineralizador, irá adsorver o cobre contido no solo, com alta afinidade, através da presença de argilominerais, reduzindo, assim seus efeitos tóxicos pelas plantas de videira. A utilização de remineralizadores, contendo quantidades consideráveis de argila, pode vir a ser uma forma promissora para inviabilizar o cobre existente em solo contaminado para as plantas, além de, ser um método já conhecido e utilizado como condicionador do solo, uma vez que aportam quantidades de macro e micronutrientes às plantas.

Uma outra hipótese para ser levada em consideração, que está sendo explorada nos últimos anos é a utilização de biochar, também conhecido como biocarvão. Este material, rico em carbono, é produzido através da pirólise de biomassas de diferentes origens, inclusive de engaços e cascas de uva, por exemplo. O produto obtido com esta transformação térmica, apresenta característica

adsorvente, fertilizante e condicionadora de solo, o que promove melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo. Desta forma, em teoria, este material seria obtido através da reutilização de insumos orgânicos, e que, após processamento, teriam a capacidade de aumentar os nutrientes do solo, com a sua ação condicionadora, aumentando o teor de matéria orgânica neste solo. Este material também auxilia na manutenção da estabilidade da estrutura do solo, otimizando a infiltração e a retenção de água, favorece a aeração do solo e ainda, auxilia no desenvolvimento da atividade e da diversidade microbológica deste solo. A sua ação adsorvente pode ainda ser utilizada para tratamento de poluentes e pesticidas, como estudado por Gonçalves (2020). Vieira (2017) também estudando a utilização de biocarvão, verificou que o uso de biochar em solo cultivado com videiras e contaminado com cobre, foi benéfico para as propriedades físicas deste solo. O que fez com que houvesse a redução do transporte de sedimentos contaminados com cobre, reduzindo as perdas deste material.

Através de estudo realizado por Aimi et. al, (2020), observa-se a importância da atenção à tecnologia de pulverização, que está relacionada às aplicações de agroquímicos, como é o caso da calda bordalesa aplicada nas videiras. Segundo estudo, verificou-se a comparação entre a utilização de duas pontas de tipo cone em um pulverizador hidropneumático, uma ponta com maior vazão (comumente utilizada) e uma com menor vazão (alternativa, visando melhorar a qualidade da pulverização). Após aplicação, foram realizadas as análises das medidas dos tamanhos dos impactos causados pelas gotas e a sua densidade nas folhas de um vinhedo da cultivar Isabel. Foi concluído pelos autores, através do experimento, que o simples fato de trocar a ponta de pulverização foi eficaz na redução dos índices de impacto ambiental, através da redução do volume de aplicação, uma vez que o produto aplicado foi melhor distribuído nas folhas da videira com a ponta que possuía menor vazão. Aliando esta técnica, com a aplicação de glucona de cobre substituindo a tradicional calda bordalesa, como visto anteriormente em trabalho realizado por Cavalcanti et al. (2019), podemos obter uma proteção das videiras mais eficiente e com menores impactos ambientais.

Silva et. al. (2012) objetivou estudar as alterações nas concentrações de cobre em solo com cultivo de videiras, em relação à aplicação de adubação orgânica. Através do estudo, os autores verificaram a diminuição de concentração de cobre trocável no

solo, uma vez que, a adição de adubo aumentou a quantidade de matéria orgânica no solo deste vinhedo, fazendo com que, este cobre trocável ficasse retido na matéria orgânica deste solo, o indisponibilizando para as plantas. Devido à lenta decomposição, a matéria orgânica presente nestes resíduos orgânicos, possui a capacidade de reter íons e complexar elementos tóxicos.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se, através deste trabalho, que a utilização da calda bordalesa para o controle do míldio no cultivo da videira pode contaminar todo o sistema solo-planta-água, além dos animais, devido ao excesso de cobre. Desta forma, existe a necessidade da utilização de métodos que diminuam e/ou evitem o acréscimo deste metal no cultivo da videira. A utilização das plantas de cobertura, que diminuem a disponibilidade do cobre existente no solo, através da absorção do metal; a utilização de calagem, para aumentar o pH do solo, retendo o cobre no solo; a utilização de produtos à base de cobre com menor teor do metal em sua formulação, com igual eficácia para o tratamento do míldio da videira, são opções viáveis que podemos observar através deste trabalho.

Podemos também, observar que, outras hipóteses, que vem sendo estudadas, como a utilização de cobertura plástica nos vinhedos, as quais evitam o molhamento do dossel vegetativo, e, conseqüentemente, evitam a disseminação do míldio; além da utilização do pó de basalto, que já é utilizado como condicionante do solo, e pode ter a capacidade de reter o cobre existente no solo através da presença de argilominerais em sua composição. Da mesma maneira, a utilização de biochar vem sendo bastante discutida, com a melhoria das condições químicas e físicas do solo, que podem ser um aliado, inclusive com o aumento da matéria orgânica do solo, que, comprovadamente, produz bons resultados na viticultura.

A utilização de agroquímicos é necessária e acaba contaminado o meio ambiente, desta forma, utilizando tecnologia de pulverização, podemos impactar menos o ambiente de cultivo, mantendo a proteção contra as doenças e as pragas da videira. Em resumo, destaca-se a importância da realização de estudos científicos, tanto os que identificam os problemas existentes em nossa realidade, a nível de viticultura, bem como, os trabalhos que buscam contornar os problemas causados pelo uso antrópico indiscriminado do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. N. Plant pathology. **Elsevier Academic Press**. Burlington, 5^oed., 2005.
- AIMI, R., MACHADO O.D.C. Influência do Volume de Aplicação na Eficiência de Pulverização da Videira. **Revista Cultivar**. Pelotas, Ano XVIII, n^o 207, página 40, 2020.
- ALBARELLO J.B., MAGRO R.D., MELO G.W.M., FREITAS F.F., RODIGUERO K., OLIVEIRA P.D. de. Efeito da adição da parte aérea de plantas de cobertura na fitotoxicidade de cobre em solo cultivado com videira. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Anais**, Florianópolis, 34^oed., 3p., 2013.
- ALLOWAY, B.J.; AYRES, D.C. Chemical principles of environmental pollution. **Chapman & Hall**, London, 2^oed., 395p.,1997.
- AMARANTE, José O.A. Vinhos e Vinícolas do Brasil - Guia Completo. **Edição Summus**, São Paulo, 1986.
- ANGHEBEN, Idalêncio Francisco. Viticultura. **Apostila EAF**. Bento Gonçalves, 1982.
- ATKINS, P; JONES, L. Princípios de química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. **Bookman**, Porto Alegre, 3^oed., 2006.
- BACCAN, N.; GODINHO, O. Introdução à semi-microanálise qualitativa. **Unicamp**, Campinas – SP, 7^oed., 1997.
- BEDENDO, Ivan Paulo; AMORIM, Lilian. Ambiente e doença. In: **Manual de fitopatologia : princípios e conceitos** [S.l: s.n.], 2011.
- BENTONCINI, E.I.; MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.737-744, 1999.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, 312p., 2000.

BORTOLUZZI E.C., KORCHAGIN J., MOTERLE D.F., SANTOS D.R. dos, CANER L. Accumulation and Precipitation of Cu and Zn in a Centenarian Vineyard. **Soil Science Society of America Journal**. Madison – United States of America, v.83, 2ºed., p.492-502, 2018.

CAIRES, S. M. et al. Desenvolvimento de Mudas de Cedro-Rosa em Solo Contaminado com Cobre: Tolerância e Potencial para Fins de Fitoestabilização do Solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, 2011.

CARLOS, E. Eficácia antimicrobiana de pastas de hidróxido de cálcio. **Tese (Título de Livre-Docente em Odontologia)** – Faculdade de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto, SP, 100f., 1997.

CASALI, C.; MOTERLE, D.F.; RHEINHEIMER, D. dos S.; BRUNETTO, G.; CORCINI, A.L.M.; KAMINSKI, J.; MELO, G.W.B. de. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1479-1487, 2008.

CAVALCANTI F.R., CASSUBA K.F., FIORAVANÇO J.C. Produtos com menor teor de cobre para o controle do míldio em viticultura. **Circular Técnica 146 Embrapa**, Bento Gonçalves, 1ºed., 24p., 2019.

CAVALCANTI, F. R.; PEREIRA, F. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M. Aspectos da indução de resistência em plantas de videira. Documentos, nº88, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 2014.

CEKO, M. J.; AITKEN, J. B.; HARRIS, H. H. Speciation of copper in a range of food types by X-ray absorption spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 164, n. May, p. 50–54, 2014.

CEZIMBRA A., TAFFAREL A.F., ANHAIA T., FERRI C., MOTERLE D.F. Efeito do pó-de-rocha na disponibilidade do cobre em um Cambissolo com histórico de cultivo de videira. **Salão de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica -Anais**, Bento Gonçalves, 7ºed., 1p., 2017

CHAVARRIA G., SANTOS H.P. dos, SÔNEGO O.R., MARODIN G.A.B., BERGAMASCHI H., CARDOSO L.S. Incidência de doenças e necessidade de controle em cultivo protegido de videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – São Paulo, v.29, n.3, p.477-482, 2007.

CHEN, C. W.; CHEN, C. F.; DONG, C. DI. Copper contamination in the sediments of salt river mouth. **Energy Procedia**, Taiwan., v. 16, n. PART B, p. 901–906, 2011.

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. **SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS**, Porto Alegre, 11 ed., 376p., 2016.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 249, p. 81–8430, 2009.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do RS e SC. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul**, Porto Alegre., 394p., 10ªed., 2004.

DAL FRÉ A.I.A., MOTERLE D.F., TAFFAREL A.F. Monitoramento das perdas de solo e cobre ao ambiente aquático, em áreas de cultivo de videira na Serra Gaúcha. **Salão de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica -Anais**, Bento Gonçalves, 6ªed., 5p., 2016

DAL FRÉ, A.I. Transferência de cobre ao meio ambiente aquático em áreas de cultivo de videira. **Artigo Científico (Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação)** – IFRS, Bento Gonçalves, 1ed., 42p., 2014

ESTRELA, C.; PESCE, H.F. Chemical analysis of the formation of calcium carbonate and its influence on calcium hydroxide pastes in the presence of connective tissue of the dog. Part I. I. **Brazilian Dental Journal**, v.8, n.1, p.45-53, 1997.

ESTRELA, C.; SYDNEY, G.B.; BAMMANN, L.L. Estudo do efeito biológico do pH na atividade enzimática de bactérias anaeróbias. **Revista Faculdade de Odontologia de 34 Bauru**, Bauru, v.2, n.4, p.29-36, 1994.

EYCKMANS, M. et al. Comparative proteomics of copper exposure and toxicity in rainbow trout, common carp and gibel carp. **Comparative Biochemistry and Physiology – Part D: Genomics and Proteomics**, v.7, n.2, p.220 – 232, 2012.

GALET, P. Les maladies et les parasites de la vigne. **Paysan du Midi**. Montpellier, v. 1, 871 p., 1977.

GALET, P. Les maladies et les parasites de la vigne. **Paysan du Midi**. Montpellier, v. 2, 1876 p., 1982.

GHORBANI, R. Reducing copper-based fungicide use in organic crop production systems. In: Handbook of organic food safety. **Woodhead Publishing Limited**. Cambridge, England, p.392 -408, 2007.

GOODMAN, B.A.; CHESHIRE, M.V. Ocorrência de cooper-porphyrin complexes in soil humic acids. **European Journal of Soil Science**, Oxon, v.27, n.3, p.337-347, 1976.

GONÇALVES P.M.T. Adsorção de Poluentes de Águas Usando Biochars Preparados a Partir de Resíduos das Podas da Indústria Vinícola. **Tese Mestrado (Trabalho de Conclusão de Curso – Mestrado)**. Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto, Portugal, 1ed., 2020.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SÕNEGO, O. R. Principais doenças fúngicas da videira no Brasil. **Embrapa-CNPV. Circular Técnica**, 17, Bento Gonçalves, 36 p. ,1993.

IBRAVIN – Cadastro vinícola, importação brasileira de vinhos e espumantes – **Instituto Brasileiro do Vinho**, Bento Gonçalves, RS. Disponível em: <http://www.ibravin.org.br/admin/UPLarquivos/160520121038402.pdf> Acesso em: 15 de dezembro de 2020.

JESUS, A. A. et al. Quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. seedlings in function of inoculation and natural nodulation in soils from southwest of Piauí, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**. Portugal, v. 37, n. 2, p. 198-205, 2014.

JI, G.L.; LI, H.Y. Eletrostatic adsorption of cations. In: YU, T.R. (Ed.). Chemistry of variable charge soils. **Oxford University Press**. New York, p.64-111,1997.

JORDÃO, C.P.; ALVES, N.M.; PEREIRA, J.L.; BELLATO, C.R.; ALVAREZ, V.H. Adsorção de íons Cobre em Latossolo Vermelho Amarelo Húmico. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.1, p.5-11, 2000.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. **CRC Press**. Florida, 3^oed., 413p., 2001.

KADUKOVÁ, J.; VIRČÍKOVÁ, E. Comparison of differences between copper bioaccumulation and biosorption. **Environment International**, v. 31, n. 2, p. 227–232, 2005.

KHAN, M.; SCULLION, J. Effect of soil on microbial responses to metal contamination. **Environmental Pollution**, Oxford, v.110, n.1, p.115-125, 2000.

KORCHAGIN, J.; MOTERLE, D. F. ; ESCOSTEGUY, P. A. V. ; BORTOLUZZI, E. C. . Incremento de cobre em Neossolo decorrente da aplicação de calda bordalesa em videira. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - EPAGRI e SBCS**. Florianópolis- SC, v.3, p. 1-4, 2013.

KRUEGER J.F., SIMONAGGIO D., KIST N.L., BÖCKEL W.J. Caracterização Físico-Química de Farinhas de Resíduos da Indústria do vinho na Serra Gaúcha. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 35, n. 3, p. 471-484, set./dez. 2018

LEÃO, P.C.S. BREVE HISTÓRICO DA VITIVINICULTURA E A SUA EVOLUÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**. Recife, vol. 7, p.81-85, 2010.

MARTINS, V. et al. Metabolic changes of *Vitis vinifera* berries and leaves exposed to Bordeaux mixture. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 82, p. 270–278, 2014.

MASSOLA JUNIOR, Nelson Sidnei; KRUGNER, Tasso Léo. Fungos fitopatogênicos. **Manual de fitopatologia : princípios e conceitos[S.l: s.n.]**, 2011.

MATA, J.F.da; SILVA, R.R. da; FONTES, M.P.F.F.; ERASMO, E.A.L.; FARIAS, V.L.da S. Mineralogical, granulometrical, and chemical analysis, in soils of ecotones of the southwest of Tocantins. **Applied Research & Agrotechnology**, vol.4, n°2, 2011.

McBride, M.B. Environmental chemistry of soils. **Oxford University Press**, New York. 1994. 416p.

MELO, G. W.; BRUNETO, G.; SCHÄFER Jr, A.; KAMINSKI, J.; FURLANETTO, V. Matéria seca e acumulação de nutrientes em videiras jovens cultivadas em solos com diferentes níveis de cobre. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n.4, p.72-76, out./dez. 2008.

MELO G.W., MEZACASA J., RODIGUERO K., OLIVEIRA P.D.de, ALBARELLO J.B., MAGRO R.D. A calagem pode mitigar os efeitos da fitotoxicidade do cobre em aveia branca (*Avena sativa* L.)? **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo -Anais**, Florianópolis, 34^{ed}, 4p., 2013

MICHEREFF, S.J. Fundamentos de Fitopatologia. **Apostila da Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Recife, 150p., 2001

NÓBREGA, I.P.C., Efeitos do Biochar na Propriedades Físicas e Químicas do Solo. **Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso – Mestrado)** – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 1ed., 45p., 2011.

NOGUEIROL, R.C.; NACHTIGALL, G.R.;ALLEONI, L.R.F. Distribuição dos teores de cobre em profundidade em diferentes tipos de solos com vinhedos no Rio Grande do Sul. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO - Anais**, Recife, 30ed., 2005

POMMER, C.V. Uva: tecnologia de produção pós-colheita, mercado. **Cinco continentes**. Porto Alegre, 778 p., 2003.

POMPERMAIER A., VARELA A.C.C., FORTUNA M., SOARES S.M., KOAKOSKI G., AGUIRRE R., OLIVEIRA T.A., SORDI E., MOTERLE D.F., POHL A.R., RECH V.C., BORTOLUZZI E.C., BARCELOS L.J.G. Water and suspended sediment runoff from vineyard watersheds affecting the behavior and physiology of zebrafish. **Science Of The Total Environment – Elsevier**. Holanda, v.757, 2020

RAMACHANDRAN, S.; FONTANILLE, P.; PANDEY, A.; LARROCHE, C. Gluconic Acid: Properties, Applications and Microbial Production. **Food Technology and Biotechnology**, v. 44, n. 2, p. 185–195, 2006.

REBELO, J.A.; REBELO, A.M.; SCHALLENBERGER, E. Calda bordalesa: componentes, obtenção e características. **Boletim Técnico, 166 – Epagri**. Florianópolis, 36p., 2015.

- REISCH, B.I. & PRATT, C. Grapes. In: Janick, J. & Moore, J.N. (Ed.). Fruit breeding: vine and small fruits. **John Wiley**. New York, v.2. pp.297–370, 1996.
- RIBEIRO L.A.O., RODRIGUES, N.C., SMIDERLE W.A. Intoxicação crônica por cobre em ovelhas pastoreadas em pomar de videiras adubado com cama aviária. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.44, n.3, p.208-211, 2007
- RODRIGUES-RUBIO, P.; MORILLO, E.; MADRID, L.; UNDABEYTIA, T.; MAQUEDA, C. Retention of copper by calcareous soil and its textural fractions influence of amendment with two agroindustrial residues. **European Journal of Soil Science**, Oxon, v.54. n.2. p.401-409, 2003
- ROSENBERG, J.; EPSTEIN, L. Química geral. **McGraw-Hill**. São Paulo, 2001.
- RUSSEL, J. B. Química geral. **Makron Books**. São Paulo, 2004.
- SANTOS, Sérgio P. **O vinho, a vinha e a vida**. Porto Alegre: RPM, 1995
- SILVA D.J., DEON M.D., BASSOI L.H., SILVA D.O.M. da, SILVA J.A. Alterações nas Concentrações de Cobre e Manganês no Solo em Cultivo de Videiras ‘Syrah’ Submetidas à Adubação Orgânica e Fertirrigação Nitrogenada. **FERTBIO**, Maceió, 2012.
- SILVA L.C. da, ANGHINONI I., LIMA C.V.S.D., MANTOVANI A., CHAVARRIA G. Disponibilidade de cobre à videira consorciada com gramíneas em solo com alta concentração do metal. **Synergismus Scientifica UTFPR** , Pato Branco, v.4, n° 1, 2009.
- SOUZA, J.S.I. de. Uvas para o Brasil. **FEALQ**. Piracicaba, vol. 1, 2° ed., 791 p.,1996.
- SPOSITO, G. The chemistry of soils. **Oxford University Press**. New York, 277p., 1989.
- STEVENSON, F.J.; FITCH, A. Reactions with organic matter. In: LONERAGAN, J.F.; ROBSON, A.D.; GRAHAM, R.D. (Ed). Copper in soils in plants. **Academic Press**. Sydney, p.69-96, 1981.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry, genesis, composition, reactions. **John Willey**. New York, 2ed., 496p.,1995.

TAFFAREL, Andressa Fabiana. Caracterização química e mineralógica do solo e do sedimento em uma área de cultivo de videira contaminada por cobre. **Artigo Científico (Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação) – IFRS**, Bento Gonçalves, 1ed., 32p., 2016.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace-elements. **Analytical Chemistry**, Washington, v.51, n.7, p.844-851, 1979

VIEIRA, A.M.D. Utilização de Biochar na Remediação de Solos Vitícolas Contaminados Por Cobre. **Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso – Metrado)**, Universidade de Aveiro, 2017.

VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.M.; CURTI, N.; LIMA J. M. de; SILVA, M. L. N., MOTTA, P. E.F. da. Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília**, v. 38, n. 1, p. 133-141, 2003

YONEBAYASHI, K.; OKAZAKI, M.; PECHAYAPISIT, J.; VIJARNSORN, P.; ZAHARI, A. B.; KYUMA, K. Distribution of heavy -metals among diferente bonding forms in tropical peat soils. **Soil Sciences and Plant Nutrition**, Tokyo, v.40, p. 425-434, 1994.