

Elaine Damiani Conte
Luciano Gebler
Taísa Dal Magro



BOAS PRÁTICAS DE MANEJO DE SOLO, PLANTAS DANINHAS E AGRICULTURA DE PRECISÃO

Projeto Vitrine Tecnológica dos Campos de Cima da Serra



BOAS PRÁTICAS DE MANEJO DE SOLO, PLANTAS DANINHAS E AGRICULTURA DE PRECISÃO

Elaine Damiani Conte

Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestra em Ciência do Solo pela mesma instituição. Professora do Curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul, na sede em Caxias do Sul- RS e no Campus de Vacaria-RS.

Luciano Gebler

Graduado em Agronomia pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pesquisador da Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa de Uva e Vinho. Professor no curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul, no Campus de Vacaria-RS.

Táisa Dal Magro

Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas. Mestra e Doutora em Fitossanidade na mesma instituição, com doutorado sanduíche na Universidade Federal de Viçosa. Professora no curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul, na sede em Caxias do Sul-RS e no Campus de Vacaria-RS.



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

Presidente:

Ambrósio Luiz Bonalume

Vice-presidente:

Carlos Heinen

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

Reitor:

Evaldo Antonio Kuiava

Vice-Reitor e Pró-Reitor de Inovação e

Desenvolvimento Tecnológico:

Odacir Deonísio Graciolli

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação:

José Carlos Köche

Pró-Reitor Acadêmico:

Marcelo Rossato

Diretor Administrativo:

Cesar Augusto Bernardi

Chefe de Gabinete:

Gelson Leonardo Rech

Coordenador da Educus:

Renato Henrichs

CONSELHO EDITORIAL DA EDUCUS

Adir Ubaldino Rech (UCS)

Asdrubal Falavigna (UCS)

Cesar Augusto Bernardi (UCS)

Jayme Paviani (UCS)

Luiz Carlos Bombassaro (UFRGS)

Márcia Maria Cappellano dos Santos (UCS)

Paulo César Nodari (UCS) – presidente

Tânia Maris de Azevedo (UCS)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
UCS – BICE – Processamento Técnico

C761b Conte, Elaine Damiani, 1975-

Boas práticas de manejo de solo, plantas daninhas e agricultura de precisão [recurso eletrônico] / Elaine Damiani Conte, Luciano Gebler, Taísa Dal Magro. – Caxias do Sul, RS : Educs, 2016.

Dados eletrônicos (1 arquivo). – (Projeto Vitrine Tecnológica dos Campos de Cima da Serra).

Apresenta bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web.

ISBN 978-85-7061-800-9

1. Agricultura de precisão. 2. Ervas daninhas. 3. Alimentos – qualidade. Agroindústria. I. Gebler, Luciano. II. Dal Magro, Taísa. III. Título. IV. Série

CDU 2.ed.: 631.152

Índice para o catálogo sistemático:

1. Agricultura de precisão	631.152
2. Ervas daninhas	632.5
3. Alimentos – Qualidade	664.8/9
4. Agroindústria	631.145

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária
Carolina Machado Quadros – CRB 10/2236.



EDUCS – Editora da Universidade de Caxias do Sul

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Petrópolis – CEP 95070-560 – Caxias do Sul – RS – Brasil

Ou: Caixa Postal 1352 – CEP 95001-970 – Caxias do Sul – RS – Brasil

Telefone/Telefax PABX (54) 3218 2100 – Ramais: 2197 e 2281 – DDR (54) 3218 2197

Home Page: www.ucs.br – *E-mail*: educs@ucs.br

SUMÁRIO

Apresentação	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 O PROJETO VITRINE TECNOLÓGICA DOS CAMPOS DE CIMA DA SERRA	9
3 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS	14
3.1 <i>RESULTADOS DE PESQUISA</i>	14
3.1.1 Caracterização molecular da resistência de azevém (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) a glifosato e nabo (<i>Raphanus raphanistrum</i> L.) a metsulfuron-methyl	14
3.1.2 Identificar e avaliar o efeito residual de herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) utilizados em soja à culturas subsequentes	29
3.2 <i>BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS</i>	33
4 MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS ÁCIDOS	39
4.1 <i>RESULTADOS DE PESQUISA</i>	39
4.1.1 Efeito da aplicação superficial de calcário nas características físicas e químicas de solos ácidos dos Campos de Cima da Serra	39
4.2 <i>BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS NO MANEJO DE SOLOS ÁCIDOS</i>	80
5 BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS AGRÍCOLAS UTILIZANDO AGRICULTURA DE PRECISÃO	83
5.1 <i>INTRODUÇÃO</i>	83
5.2 <i>ORGANIZANDO O AMBIENTE PRODUTIVO E SUA RELAÇÃO COM AS BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS</i>	84
5.3 <i>PLANEJAMENTO DA GESTÃO AMBIENTAL PARA APLICAÇÃO EM BPAS USANDO AS BASES DA AGRICULTURA DE PRECISÃO</i>	85
5.4 <i>FORMATAÇÃO FINAL DO PROJETO</i>	94
5.5 <i>CONCLUSÕES</i>	95
REFERÊNCIAS	96

Apresentação

A produção de alimentos é, atualmente, uma das mais nobres atividades do ser humano; não há como produzir alimentos com qualidade, e em quantidade suficiente para alimentar a população mundial, sem realizar investimentos em pesquisas e em avanços tecnológicos na área de agronegócios.

Neste contexto, este livro eletrônico é fruto de um trabalho exitoso entre a Universidade de Caxias do Sul, o Estado do Rio Grande do Sul e a sociedade civil organizada, representada pelo Corede Campos de Cima da Serra. Esta parceria proporcionou a implementação da Vitrine Tecnológica dos Campos de Cima da Serra que, além dos resultados das pesquisas aqui apresentadas, também tornou-se espaço privilegiado para o desenvolvimento de novas pesquisas, novas tecnologias; a difusão de resultados de pesquisas e para a formação de profissionais, produtores e estudantes na área do agronegócio.

Os resultados das pesquisas apresentadas neste livro possibilitaram a proposição de boas práticas em manejo de solo, plantas daninhas e agricultura de precisão, também aqui apresentadas que, se bem-aplicadas, poderão contribuir para a qualificação da produção de alimentos, melhor conservação dos recursos naturais e, também, proporcionar melhores condições de vida para os produtores e moradores de toda a região.

Aproveito a oportunidade para desejar uma boa leitura e também para parabenizar todos os envolvidos no desenvolvimento do projeto que deu origem a este livro, e ainda agradecer aos parceiros, financiadores e apoiadores por todo esforço empenhado na viabilização de tão significativo trabalho.

Prof. Dr. Odacir Deonísio Gracioli
Vice-Reitor da Universidade de Caxias do Sul
Pró-Reitor de Inovação e Desenvolvimento Tecnológico
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

1 Introdução

O crescimento da população mundial vem aumentando a demanda por alimentos, água e insumos agrícolas. Várias estratégias de produção agrícola estão sendo avaliadas, para determinar como melhorar a produção de alimentos, minimizar o impacto ambiental e reduzir custos. Dentre estas estratégias, a agricultura de precisão evoluiu como um sistema viável, para melhorar a rentabilidade e produtividade. (LAMBERT; LOWENBERG-DEBOER, 2000; DABERKOW et al., 2000). Agricultura de precisão é um processo para ajustar aspectos como insumos agrícolas (por exemplo, água, nutrientes) e práticas de campo (por exemplo, irrigação, fertilização), mediante o uso de informações específicas do local e imagens espaciais, para melhorar as medidas de produtividade agrícola (por exemplo, o rendimento, a renda agrícola líquida). (PIERCE; NOWAK, 1999).

Ao mesmo tempo, há uma crescente preocupação com os agroecossistemas e com a segurança alimentar, o que exige a identificação de um sistema sustentável, amigável e com produtividade. Logo, o plantio direto é definido como um sistema com menor manipulação mecânica do solo para fins de produção agrícola, que afetam significativamente suas características, tais como a conservação da água e do próprio solo, sua temperatura, a infiltração e os processos de evapotranspiração. Isto sugere que há um impacto menor sobre o solo propositadamente para produzir a cultura e, conseqüentemente, acaba por afetar o meio ambiente.

O anseio por aumentos de produtividade, para atender à crescente demanda, deve ser feito de forma que a degradação do solo seja mínima. (BUSARI et al., 2015). Assim, o manejo conservacionista da lavoura, objetivando reduzir a erosão, junto com algumas práticas complementares, como cobertura do solo e diversidade de culturas (CORSI et al., 2012), surge como uma opção viável para garantir a produção sustentável de alimentos e manter a integridade ambiental. (BUSARI et al., 2015).

Assim, o desempenho das culturas e de propriedades do solo (rendimento, água e absorção de nutrientes); os impactos ambientais

(contaminação das águas subterrâneas com pesticidas e nitrato, eutrofização dos sistemas aquáticos de água doce com fosfato do escoamento superficial e sedimentos, a emissão de gases de óxido de nitrogênio, que desempenham papéis críticos na troposfera, processos químicos e poluição atmosférica) e a degradação acelerada do próprio solo (perda de matéria orgânica do solo, diminuição da biodiversidade, erosão) também serão variáveis no espaço. A ciência agrônoma, atualmente, tem se direcionado para questões de agricultura sustentável; lida com a adaptação do agroecossistema, para obter os desempenhos esperados de cada cultura, considerando simultaneamente normas de proteção ambiental específicas e preservação dos recursos naturais, incluindo o solo. (SPAROVEK; SCHNUG, 2001).

De fato, as práticas e os tratamentos agrônômicos (a expressão realista da ciência agrônoma) são geralmente aplicados de forma extremamente uniforme. Um arado é projetado para operar em uma profundidade uniforme e produzir resultados uniformes em uma ampla gama de condições de solo; um pulverizador vai aplicar a mesma quantidade de solução; e o agricultor será feliz se ele puder contar exatamente o mesmo número de sementes plantadas desde o início até o fim de seus dias de plantio. (SPAROVEK; SCHNUG, 2001).

Portanto, os avanços tecnológicos na agricultura de precisão fizeram mapas de produtividade acessíveis aos agricultores. Mapas de produtividade podem ser facilmente gerados, após a coleta de dados por um monitor de rendimento e podem ser usados para integrar os efeitos de diversas variáveis espaciais, como propriedades do solo, taxas de fertilizantes, atributos topográficos, condições atmosféricas, ocorrência de doenças e pragas. (BAZZI et al., 2015).

Ademais, as perdas das colheitas, devido às plantas daninhas, são enormes. (APPLEBY et al., 2000). Reduções de produtividade são causadas pelo crescimento de plantas daninhas descontroladas ao longo de uma safra e têm um alcance estimado de 45-95%, dependendo das condições ecológicas e climáticas (MOODY, 1991); é, ainda, maior em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Lacey (1985) afirma que, por vezes, plantas daninhas causam ainda 100% de perda da colheita. O uso excessivo de herbicidas

sintéticos pode afetar o meio ambiente, a saúde humana e alimentos. (KHANH et al., 2005). Além disso, o aumento da utilização dos herbicidas resultou em crescimento dramático na resistência a herbicidas entre as plantas daninhas. (BATISH et al., 2007; GIANESSI; REIGNER, 2007). Portanto, o manejo de plantas daninhas é crucial, para alcançar os ganhos potenciais de produtividade. (NICHOLS et al., 2015).

Diante do exposto, este livro é fruto do projeto Vitrine Tecnológica dos Campos de Cima da Serra, que tem como objetivo principal apresentar um conjunto de boas práticas para o manejo de solo, plantas daninhas e agricultura de precisão. Deste modo, o livro está estruturado em três partes: a primeira parte trata do manejo de plantas daninhas (capítulo 3); na segunda parte, aborda-se o manejo e a conservação do solo (capítulo 4), e a terceira parte apresenta a agricultura de precisão (capítulo 5).

Assim, o capítulo 3 tem como objetivos: determinar o mecanismo de resistência de azevém e nabo resistentes a herbicidas, e apresentar opções de manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas aos produtores da região do Corede Campos de Cima da Serra. Já o capítulo 4 tem como objetivos: avaliar o efeito da aplicação superficial de calcário nas características físicas e químicas de solos ácidos, nos Campos de Cima da Serra, e apresentar opções de manejo de solos ácidos aos produtores da região do Corede Campos de Cima da Serra. Por fim, o capítulo 5 tem como objetivo: apresentar técnicas de utilização da agricultura de precisão, a fim de continuar produzindo alimentos de forma economicamente rentável, reduzindo o impacto ambiental e garantindo segurança do alimento ao consumidor e aos produtores da região do Corede Campos de Cima da Serra.

É importante destacar que este livro destina-se a três públicos principais: técnicos, estudantes e produtores. Assim, recomenda-se que a leitura do mesmo seja realizada considerando as necessidades de cada um destes públicos, seja como fonte de pesquisa científica, seja como orientação para a aplicação profissional ou técnica dos assuntos aqui abordados.

2 O projeto Vitrine Tecnológica dos Campos de Cima da Serra

As regiões da Serra, dos Campos de Cima da Serra e das Hortênsias concentram cerca de 10% da população do RS e 12,9% do PIB estadual. Desse montante, cerca de 40% do PIB, dos municípios da região do Corede Campos de Cima da Serra, são originários diretamente da atividade agrícola. (JUSBRASIL, 2012).

A região dos Campos de Cima da Serra está localizada no extremo nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (RS); possui uma área de 10.403,9km² e uma população de aproximadamente 100.000 habitantes, constituindo uma densidade demográfica menor que a de dez moradores por quilômetro quadrado. Seu relevo caracteriza-se por campos de altitude, atingindo 1.403m no seu ápice, a maior do estado. Por isso está entre as regiões que possuem as mais baixas temperaturas do País. (Corede, 2009).

Vacaria posiciona-se como cidade-polo da região, possuindo mais de 60% dos habitantes do território. Pertencem ainda aos Campos de Cima da Serra, conforme configuração dos Coredes, os Municípios de São José dos Ausentes, Bom Jesus, Monte Alegre dos Campos, Campestre da Serra, Ipê, Muitos Capões, Esmeralda, André da Rocha e Pinhal da Serra.

Em relação à agricultura, os municípios do Corede Campos de Cima da Serra apresentam diferentes potencialidades agrícolas; o cultivo de plantas de lavoura, como trigo, soja, milho e feijão, vem ganhando maior espaço na região, desde a última década (Corede, 2009), sendo responsáveis ainda por 22% da colheita nacional de maçãs. Além disso, existem outras fontes de geração de renda e emprego na produção de grãos, frutos silvestres, pecuária, madeira e exportação de flores, que desponta como uma importante fonte econômica. É bom considerar que a atividade agrícola contribui com mais de 40% no PIB dos municípios do Corede Campos de Cima da Serra. (JUSBRASIL, 2012).

Analisando esse aspecto do ponto de vista da rede de apoio e dos serviços vinculados ao agronegócio, 80% do PIB chega a ser afetado por esta ligação indireta com a agropecuária da região, demonstrando sua importância

regional e deixando claro que qualquer incremento direto do PIB agrícola terá um efeito-cascata, beneficiando uma população muito maior do que somente os produtores rurais.

Apesar do índice de desenvolvimento socioeconômico das Regiões Serra, Campos de Cima da Serra e Hortênsias, que, segundo a Fundação de Economia e Estatística, chega a 0,800 (alto desenvolvimento), portanto, acima da média do estado, em torno de 0,770, ao se separar a macrorregião região em seus Coredes, verifica-se que a região dos Campos de Cima da Serra é a que apresenta os índices de desenvolvimento mais baixos, inclusive com valores menores dos da média do estado. (JUSBRASIL, 2012).

Uma vez que a política regional preconiza a busca de estratégias, para manter e ampliar esse alto índice de desenvolvimento no estado, o incentivo à região dos Campos de Cima da Serra permitirá que o mesmo alcance o patamar do restante da região, trazendo benefícios à população efetivamente mais carente. A potencialidade da agricultura, como mola propulsora do progresso da região, fica bem clara, quando se observa os coeficientes técnicos de produção.

No que diz respeito ao sistema produtivo, a região do Corede Campos de Cima da Serra consegue atingir os melhores índices de produtividade do RS, principalmente em relação à soja, que posiciona-se como a principal atividade econômica de grãos da região. Verifica-se, no entanto, alguns gargalos técnicos e ambientais quanto ao sistema de produção de grãos, dentre eles: a geração de informações aplicadas à região, formação pessoal e difusão das mesmas.

Já no setor de produção de frutas, além da maçã, atividade já sedimentada, as pequenas frutas (morango, mirtilo, amora e framboesa) têm sido uma importante forma de reduzir a pobreza da agricultura familiar local, auxiliando enormemente na manutenção do homem no campo e reduzindo o êxodo rural. Ainda assim, o incremento do conhecimento e sua transmissão na área de frutas possibilitariam a sedimentação desse grupo socioeconômico, como uma forte atividade econômica, com grande capacidade de refletir seus

benefícios em uma extensa rede de agronegócio, auxiliando ainda na redução dos impactos ambientais inerentes a essa atividade rural.

Neste contexto, os fatores de sustentação estratégica, encontrados no sistema de produção dos Campos de Cima da Serra, foram: a codificação do conhecimento; a dependência de caminho e a coespecialização, caracterizando este recurso como sistêmico. No entanto, observa-se como estratégico para este setor a construção de um sistema de qualificação profissional, que atenda esta demanda. Outro fator importante é a aproximação das universidades, indústrias e do setor público, como forma de promover a inovação tecnológica, para a qual a região já dispõe, institucionalizado, um Polo de Inovação.

O uso da agricultura de precisão vem adotando duas vertentes de trabalho: a produtivista, que busca somente o incremento da produção através do aumento da fertilidade do solo; e o desenvolvimentista, que vê a agricultura de precisão como uma ferramenta assessória ao planejamento socioeconômico e ambiental da atividade agropecuária. Na região do Corede dos Campos de Cima da Serra, essa segunda vertente tem sido adotada, como forma de expandir de maneira sustentável o crescimento da atividade agropecuária. Para tal, o suporte solicitado ao laboratório de geoprocessamento vem reforçar esse trabalho na região, permitindo o aumento dado no ensino aos alunos e eventual prestação de serviços a técnicos e produtores rurais.

O desenvolvimento de uma vitrine tecnológica veio ao encontro de uma demanda nacional, regional e setorial, no que se refere à aproximação da pesquisa ao setor produtivo. Na Universidade da Califórnia, Campus de Davis (UCDAVIS), há um exemplo bastante fértil da aproximação da pesquisa com o setor produtivo. Naquele caso, o *Seed Biotechnology Center* (SBC), por meio do Professor Kent J. Bradford, mantém parceria técnica-financeira com empresas de melhoramento genético e produção de sementes de hortaliças, a fim de custear as pesquisas desenvolvidas pelos grupos de estudo do SBC, para produzir efeitos impactantes das ideias desenvolvidas na UCDAVIS sobre as empresas parceiras e para a sociedade.

Portanto, a ideia da vitrine tecnológica possui interface direta com as áreas de atuação do Polo de Inovação Tecnológica dos Campos de Cima da Serra, mais precisamente no que se refere à agricultura e ao meio ambiente, com atuação em pesquisa e ensino e que proporciona a multidisciplinaridade. Portanto, o projeto teve como objetivo a pesquisa direcionada ao levantamento de gargalos nos elos das cadeias produtivas, necessidades relacionadas à produção, gestão, logística e expansão, implantação e ao teste de inovações, buscando a estruturação ou a realização de processos e sustentabilidade dos sistemas.

A proposta teve o apoio das empresas da região, principalmente dos setores produtivos da fruticultura e de grãos. Além disso, contou com o suporte das entidades de classe (ASAV) e cooperativas de produtores, que atuam na região do Corede Campos de Cima da Serra, no que se refere à divulgação dos dados à vitrine tecnológica.

O projeto foi constantemente ajustado, segundo as demandas levantadas pelo setor produtivo, visando à eliminação dos gargalos tecnológicos existentes na região do Corede. Para atingir esse tipo de demanda, houve a necessidade de proporcionar constante troca de ideias e informações entre pesquisa, ensino e setor produtivo, fortalecendo os laços através do suporte à extensão rural.

Foram contempladas demandas previamente identificadas pelo setor agropecuário da região, nas áreas de fitotecnia, fitossanidade, solos, melhoramento genético, gerenciamento ambiental, fisiologia vegetal, irrigação e drenagem, e extensão rural.

Com o advento da vitrine tecnológica, o Corede Campos de Cima da Serra passou a contar também com um auditório equipado, para dar suporte aos eventos de extensão propostos no projeto e, a campo, conta também com novas estruturas voltadas à melhoria da qualidade ambiental, como um ponto de abastecimento de agrotóxicos-modelo, construído como umas das contrapartidas da UCS ao projeto.

Deste modo, a implementação de uma vitrine tecnológica, na região dos Campos de Cima da Serra, viabilizou a divulgação das inovações necessárias à região, permitindo: a formação pessoal, técnica e de estudantes vinculados à

atividade agropecuária; o incremento da competitividade, contribuindo para a expansão da rede socioeconômica vinculada ao agronegócio; a consolidação da região, através da ampla difusão do conhecimento gerado.

3 Manejo de plantas daninhas

3.1 Resultados de pesquisa

3.1.1 Caracterização molecular da resistência de azevém (*Lolium multiflorum lam.*) a glifosato e nabo (*Raphanus raphanistrum L.*) a metsulfuron-methyl

Com o passar dos anos, o número de plantas daninhas resistentes a herbicidas foi aumentando significativamente, pois o uso de produtos químicos utilizados para o controle de plantas daninhas é considerado o método mais eficiente. Porém, devido ao uso repetitivo de produtos com o mesmo modo de ação e doses elevadas, houve aumento da seleção de biótipos, tornando-as de difícil controle.

Este problema surgiu, principalmente, após a implantação das culturas transgênicas, como é o caso da soja *Roundup Ready*[®] (RR[®]), que apresenta resistência ao herbicida glifosato, e os demais herbicidas, com diferentes mecanismos de ação, foram substituídos por glifosato, aumentando a pressão de seleção do mesmo para as espécies daninhas. Além da cultura da soja, as espécies daninhas resistentes a herbicidas encontram-se presentes em pomares e demais culturas anuais, como a do feijão e milho.

Perante isto, o presente trabalho visa a estudar o mecanismo que confere resistência ao azevém e nabo, possibilitando maior conhecimento da forma de controle, para apresentar opções de manejo das mesmas aos produtores.

Mecanismo de resistência

A extração de DNA vegetal seguiu o protocolo de Doyle e Doyle (1990) com algumas modificações, conforme descrição a seguir.

Foram coletadas aproximadamente 30g de folhas jovens das plantas resistentes e suscetíveis das duas espécies: azevém e nabo. Em seguida, as plantas foram depositadas em almofariz de porcelana e maceradas com nitrogênio líquido. Após, o produto da maceração foi acondicionado em microtubos de 1,5mL até completar metade do seu volume. Para extração foi adicionado 700µL de tampão de extração (Tabela 1). Homogeneizado o

material, ficou incubado por 40 minutos a 60°C, em banho-maria, sendo homogeneizado suavemente a cada 10 minutos.

Tabela 1 – Componentes do tampão de extração de DNA

Componentes	Concentração	Quantidade para preparar 30mL
NaCl	1,4M	2,45g
Tris-HCl pH 8,0	100mM	2mL
EDTA pH 8,0	20mM	0,8mL
Polivinilpirrolidone	1%	0,3g
CTAB	2%	0,6g
B-mercaptoetanol	0,2%	60µL
Água ultrapura	5U/µL	Completar para 30mL

Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Após esta etapa, foram adicionados 700µL de clorofórmio:álcool isoamílico 24:1 (CIA), homogeneizado (20 a 30 vezes), até formar uma emulsão, e centrifugado a 12.000rpm durante dez minutos.

Posteriormente, o DNA foi precipitado com um volume de, aproximadamente, 700µL de isopropanol gelado por uma hora a -20°C, e centrifugado a 12.000rpm durante dez minutos.

Em seguida, o precipitado foi lavado com 1.000µL de solução de lavagem por 20 minutos, e centrifugado a 12.000rpm durante dez minutos. O tubo foi mantido em temperatura-ambiente, para secar o precipitado e, em seguida, ser ressuscitado em 100µL de TE (10mM Tris-HCl ph 8,0 e 1mM EDTA). Após ressuscitado o *pellet*, adicionou-se 7µL de RNase 10µg.mL⁻¹. Para a quantificação foi utilizado 8µL da amostra com 2µL de *blue juicer* para checar a qualidade do DNA, em gel de agarose a 1,0%, e adicionado ao gel padrão de DNA Lambda de 500ng.µL⁻¹, para verificar a quantidade de DNA presente na amostra.

Reação de polimerase em cadeia – azevém

Para a verificação do mecanismo de resistência, o DNA extraído foi amplificado por reações de polimerase em cadeia (PCR), utilizando o mix com as concentrações dos componentes necessários para a realização da amplificação, correspondente à região da prolina na posição 106 (prolina¹⁰⁶) (Tabela 2). Foram utilizados dois iniciadores correspondentes a: EPSPs –

SeqF1 (CTCTTCTTGGGGAATGCTGGA) e EPSPs – SeqR2 (TAACCTTGCCACCAGGTAGCCCTC), para ampliar um fragmento de 330 pares de base, cobrindo a região EPSPs de ELEIN. Também, para análise de polimorfismo, foram utilizados os iniciadores PASA-F1 (ACAAAGCTGCCAAAAGAGCGGTAG) e PASA-R1 (TAACCTTGCCACCAGGTAGCCCTC). (KAUNDUN et al., 2008).

Tabela 2 – Componentes do Mix para reação de PCR

Mix	1x
PCR 10x	5,0
MgCl	3,5
dNTP's	4,0
Primer F	4,0
Primer R	4,0
DNA	4,0
Água ultra pura	-
Taq	0,5
Volume	25µL

Fonte: UCS, Vacaria, RS.

Em cada reação foi adicionada a quantia de 21,0µL de solução padrão e 4,0µL de DNA, totalizando um volume final de 25µL.

As reações de PCR foram realizadas em termociclador, sendo utilizada uma amostra de DNA genômico de 20ng e uma concentração de iniciador de 20pmol.µl⁻¹. As reações incluíram 1 ciclo a 95°C por 5 minutos, 40 ciclos a 95°C por 30 segundos, 60°C por 30 segundos e 72°C por 2 minutos e um ciclo de extensão final a 72°C por 10 minutos. O produto da reação de PCR foi quantificado em gel de agarose a 2,0%, em comparação com o padrão *Ladder*, na concentração de 1000 ng.µL⁻¹. (KAUNDUN et al., 2008).

Reação de polimerase em cadeia – nabo

Para a verificação do mecanismo de resistência, o DNA extraído foi amplificado por reações de polimerase em cadeia (PCR), utilizando o mix com as concentrações dos componentes necessários para realização da amplificação (Tabela 3). Foram utilizados iniciadores correspondentes WR122F (TCTCCCGATACGCTCCCGACG), WR205R (GCAAGCTGCTGCTGAATATCC), WR376R (TTGCGAGTACTTTGATGGGG),

WR574 (TTGTCATCATCAGGCCTTGGA) e WR653
(TCAGTACTTAGTGCGACCATC). (HAN et al., 2012).

Tabela 3 – Componentes do Mix para reação de PCR

Mix	1x
PCR 10x	2,6
MgCl	1,2
dNTP's	3,0
Primer F	7,1
Primer R	7,1
DNA	3,6
Água ultrapura	-
Taq	0,4
Volume	25µL

Fonte: UCS, Vacaria, RS.

Em cada reação foi adicionada a quantia de 21,4µL de solução padrão e 3,6µL de DNA, totalizando um volume final de 25µL.

As reações de PCR foram realizadas em termociclador, sendo utilizada uma amostra de DNA genômico de 20ng e uma concentração de iniciador de 35pmol.µl⁻¹. As reações incluíram 1 ciclo a 94°C por 4 minutos, 40 ciclos a 94°C por 30 segundos, 55°C por 30 segundos e 72°C por 60 minutos, e um ciclo de extensão final a 72°C por 5 minutos. O produto da reação de PCR foi quantificado em gel de agarose a 2,0%, em comparação com o padrão *Ladder* na concentração de 1000 ng.µL⁻¹ (HAN et al., 2012).

Sequenciamento de azevém e nabo

Após a quantificação do produto de PCR das duas espécies e, confirmada a presença do fragmento no comprimento específico, as amostras foram preparadas para serem enviadas para o sequenciamento. Para o azevém, foram utilizados 4,65µl do produto do PCR, mais 1,35µl de cada primer (PASA F1 e PASA R1), na concentração de 20pmol.µl⁻¹, colocados em *ependorfs* de 200µl (um para cada primer). Para o nabo, foram utilizados 5,23µl do produto do PCR, mais 0,77µl de cada primer (WR122F e WR653), na concentração de 20pmol.µl⁻¹, colocados em *ependorfs* de 200µl (um para cada primer). Após colocadas no *ependorf*, as amostras foram secadas em estufa a 60°C por 2 horas. Em seguida, foram encaminhadas para *Ludwig Biotec* (Alvorada/RS), empresa responsável por realizar o sequenciamento. Analisou-se as

sequências do gene da enzima ALS obtidas de todos os biótipos, para a presença de mutação responsável pela resistência ao herbicida, quadro foram comparadas entre si e alinhadas usando o programa Clustal W2[®]. A confirmação das sequências obtidas foi previamente comparada com as sequências depositadas no GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank).

Controle alternativo de azevém

Foram conduzidos experimentos, em casa de vegetação, na Universidade de Caxias do Sul (UCS), Campus de Vacaria – RS.

Antes da semeadura, foi realizada a quebra de dormência da semente, à temperatura de 5°C por cinco dias e foto-período de 12 horas de luz. Após a quebra de dormência, as sementes coletadas foram semeadas em bandejas plásticas e, ao atingirem o estágio de duas folhas, foram transplantadas para recipientes (vasos) com capacidade para 0,5L de solo, com manutenção de uma planta por vaso (unidade experimental).

A aplicação dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal, pressurizado por gás carbônico (CO₂), com pontas de pulverização do tipo leque, calibrado para proporcionar a aplicação de 150L ha⁻¹ de calda herbicida, aplicados em pós-emergência, quando as plantas se encontrarem em estágio de quatro folhas e um afilho.

Os tratamentos constaram de biótipos e herbicidas organizados em esquema fatorial, conforme segue:

- Fator A: Biótipos – suscetível e resistente;
- Fator B: Herbicidas – Roundup Original[®] 3,0L ha⁻¹ (1080g e.a.ha⁻¹), Hussar[®] 70g ha⁻¹ (3,5g i.a.ha⁻¹), Aramo[®] 0,5L ha⁻¹ (100g i.a.ha⁻¹), Finale[®] 2,0L ha⁻¹ (204g i.a.ha⁻¹), Gramocil[®] 2,0L ha⁻¹ (380g i.a.ha⁻¹), Gramoxone[®] 2,0L ha⁻¹ (400g i.a.ha⁻¹), Topik[®] 0,25L ha⁻¹ (60g i.a.ha⁻¹), Selefen[®] 1,0L ha⁻¹ (100g i.a.ha⁻¹), Select[®] 0,45L ha⁻¹ (108g i.a.ha⁻¹), Poast[®] 1,25L ha⁻¹ (330g i.a.ha⁻¹) e Verdict[®] 0,5L ha⁻¹ (97,85g i.a.ha⁻¹). Aos herbicidas Roundup Original[®], Topic[®], Selefen[®], Poast[®] e Verdict[®] foi adicionado o adjuvante Assist[®] a 0,5%; para Gramocil[®] e Gramoxone[®], Assist[®] a 0,1%; Select[®], Lanza[®] a 0,5%; Hussar[®], Hoefix[®] a 0,3%; Aramo[®], Dach[®] a 0,5%; e, Finale[®], Aureo[®] a 0,5%.

A aplicação dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal, pressurizado por gás carbônico (CO₂), com pontas de pulverização do tipo leque, calibrado para proporcionar a aplicação de 150L ha⁻¹ de calda herbicida, aplicados em pós-emergência, quando as plantas se encontrarem em estágio de um a dois filhos.

As variáveis avaliadas foram controle aos 7, 14, 21 e 28 DAT, e matéria seca da parte aérea aos 28 DAT. O controle foi avaliado adotando-se a escala percentual onde zero (0) e cem (100) corresponderão à ausência de injúria e morte das plantas, respectivamente. A matéria seca da parte aérea foi determinada após a última avaliação de controle, quando o material vegetal foi submetido à secagem em estufa à temperatura de 60°C, até atingir massa constante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), e a complementação da análise por comparação de média, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Controle alternativo de nabo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Universidade de Caxias do Sul (UCS), Campus de Vacaria-RS (CAMVA), em recipientes plásticos com capacidade de 1L de solo proveniente da Fundação Estadual de Pesquisa em Agropecuária (Fepagro) Nordeste, Vacaria. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por um vaso contendo uma planta, a qual foi obtida por transplante, quando as mesmas se encontravam com duas a quatro folhas.

Os tratamentos constaram de biótipos (suscetível e resistente RAPSV PS e RAPSV 18, respectivamente) e herbicidas com dose comercial e ingrediente ativo, respectivamente, sendo: 2,4-D- 1L ha⁻¹ (806g ha⁻¹), atrazina- 3L ha⁻¹ (2700g ha⁻¹), bentazon- 1,5L ha⁻¹ (720g ha⁻¹), clomazone- 2L ha⁻¹ (100g ha⁻¹), clorimuron-ethyl- 80g ha⁻¹ (20g ha⁻¹), glifosato- 2L ha⁻¹ (720g ha⁻¹), glufosinato de amônio- 2,5L ha⁻¹ (500g ha⁻¹), imazethapyr- 1L ha⁻¹ (100g ha⁻¹), iodosulfuron-methyl- 70g ha⁻¹ (3,5g ha⁻¹), lactofen- 0,7L ha⁻¹ (240g ha⁻¹),

metsulfuron-methyl $6,6\text{g ha}^{-1}$ ($3,96\text{ g ha}^{-1}$) e nicosulfuron- $1,5\text{L ha}^{-1}$ (60g ha^{-1}), e testemunha que não recebeu herbicida.

A aplicação dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal, pressurizado por gás carbônico (CO_2), com pontas 110.015 tipo leque, calibrado para vazão de 150 L ha^{-1} de calda, aplicados em pós-emergência, quando as plantas estavam no estágio de desenvolvimento de quatro a cinco folhas.

As variáveis avaliadas foram o controle dos biótipos pelos herbicidas e a produção de massa da parte aérea seca. O controle foi avaliado aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), adotando-se a escala percentual, em que zero (0) e cem (100) corresponderam à ausência de dano e à morte de plantas, respectivamente. A massa da parte aérea seca foi determinada aos 28 DAT, quando o material vegetal foi submetido à secagem em estufa à temperatura de 60°C até atingir massa constante.

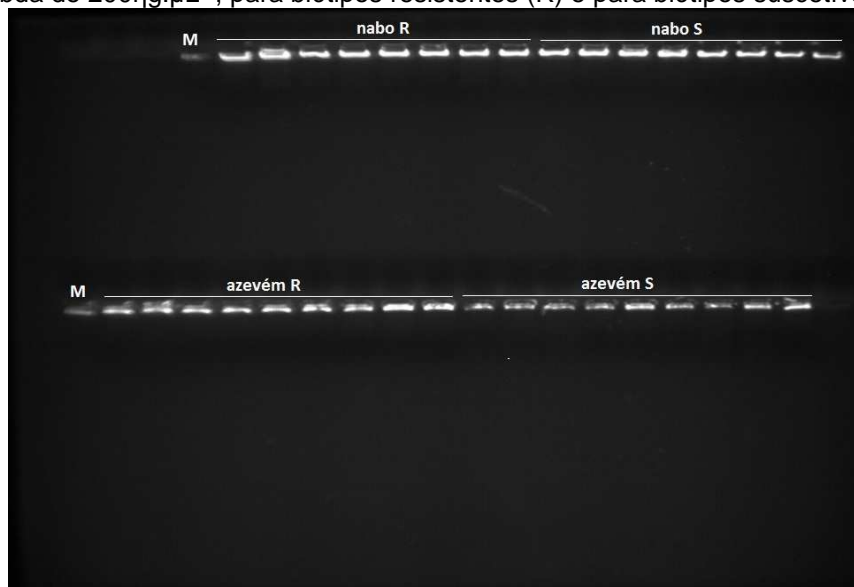
Os dados avaliados foram analisados quanto à homocedasticidade, posteriormente submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, em havendo diferença significativa, realizou-se a comparação entre herbicidas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e biótipos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

3.1.1.1 Resultados

Mecanismo de resistência

Para a verificação da quantidade de DNA presente nas amostras de azevém e nabo, o protocolo de extração foi eficiente para todos os biótipos estudados, resistentes e suscetíveis, que pode ser visualizado pela presença dos fragmentos comparativamente ao marcador. Todos os biótipos geraram quantidade de DNA suficiente para a realização de polimerase em cadeia (PCR) (Figura 1).

Figura 1 – Quantificação de DNA em biótipos de azevém e nabo, sendo M para marcador Lambda de $200\text{ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$, para biótipos resistentes (R) e para biótipos suscetíveis (S)

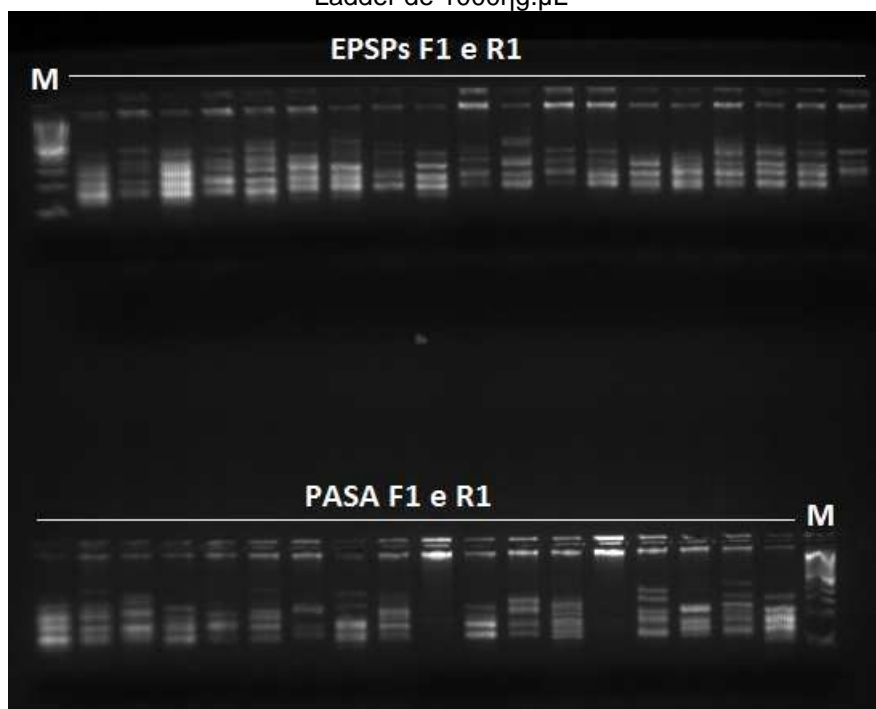


Fonte: Dados da pesquisa.

Reação de polimerase em cadeia – azevém

Na reação de PCR, foram testadas duas combinações de iniciadores EPSPs – SeqF1 e EPSPs – SeqR2 e PASA-F1 e PASA-R1, equivalentes à sequência da enzima EPSPs (Genbank AY157642 e AY157643). Para todos os biótipos, houve amplificação de diversas regiões, representada por diferentes bandas (Figura 2).

Figura 2 – Reação de PCR para os biótipos de azevém estudados, sendo M para marcador Ladder de 1000ng.µL⁻¹

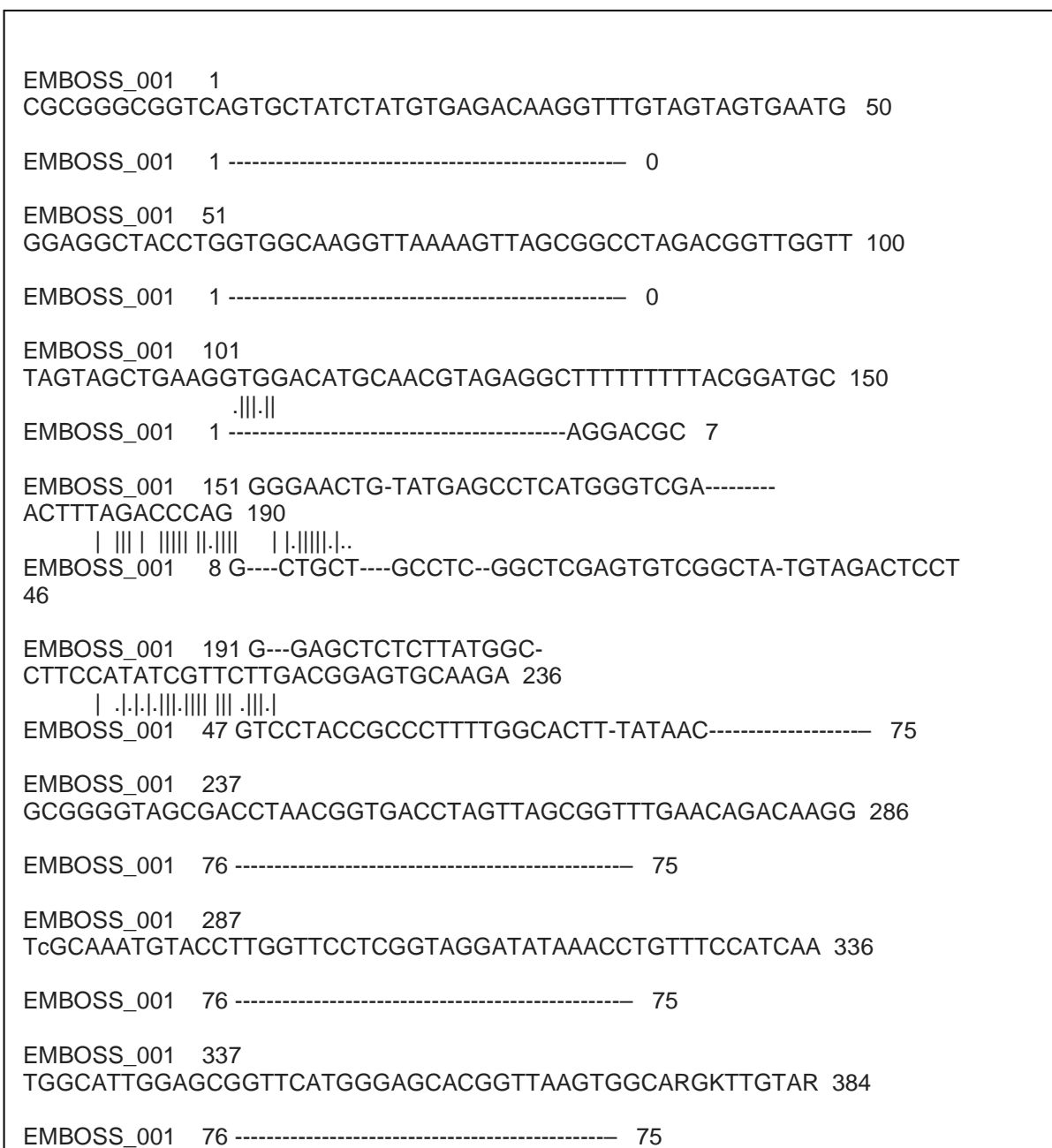


Fonte: Dados da pesquisa.

O fragmento esperado, segundo a literatura, contém aproximadamente 330 pares de base (KAUNDUN et al., 2008), porém os marcadores utilizados amplificaram regiões menores, de 54 e 51 nucleotídeos para os biótipos resistente e suscetível, respectivamente (Figura 3). Conforme alinhamento realizado no programa Clustal W2[®], não houve pareamento em 42,4% dos nucleotídeos, representando uma similaridade entre biótipos resistente e suscetível de 57,6% (Figura 3).

Em função do número de fragmentos amplificados, é possível inferir que o caráter de resistência de azevém ao herbicida glifosato seja heterozigoto, ou seja, a enzima EPSPs de ELEIN apresenta homólogos. (KAUNDUN et al., 2011).

Figura 4 – Alinhamento de sequências de nucleotídeos de biótipos de nabo (*Raphanus sativus*) resistente e suscetível ao herbicida metsulfuron-methyl, obtido no programa Clustal W2®



Fonte: Dados da pesquisa.

Estes resultados são preliminares e sinalizam que há diferença na enzima ALS de biótipos resistentes e suscetíveis, porém não foi possível identificar, nesta etapa, o local e a alteração ocorridos.

Controle alternativo de azevém

Para a variável *controle de azevém*, avaliado aos 7, 14, 21 e 28, houve efeito apenas de herbicidas (Tabela 4). Aos 7 DAT, os melhores índices de controle foram obtidos para os herbicidas Gramocil® e Gramoxone®. Aos 14 e 21 DAT, Gramocil® e Gramoxone® permaneceram como os melhores índices de controle, seguidos por Roundup Original®, Aramo®, Select®, Poast® e Verdict® (Tabela 4).

Tabela 4 – Controle (%) de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum* L.) em função de tratamentos herbicidas, avaliado aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). UCS, Vacaria-RS

Herbicidas ¹	Doses ² (L ou Kg ha ⁻¹)	Controle (% – DAT ³)			
		7	14	21	28
Testemunha	-	0 d ⁴	0 f	0 f	0 c
Roundup Original	3,0	48 b	99 a	100 a	100 a
Hussar	0,07	6 cd	35 e	33 d	46 b
Aramo	0,5	16 c	95 ab	99 a	100 a
Finale	2,0	13 c	71 bcd	73 bc	75 a
Gramocil	2,0	99 a	100 a	100 a	100 a
Gramoxone	2,0	99 a	100 a	100 a	100 a
Topic	0,25	6 cd	51 de	57 c	85 a
Selefen	1,0	12 c	58 cde	60 c	83 a
Select	0,45	12 c	94 ab	99 a	100 a
Poast	1,25	14 c	80 abc	95 ab	99 a
Verdict	0,5	10 cd	93 ab	100 a	100 a
C.V. (%) ⁵		22,96	20,80	18,33	18,85

Fonte: UCS/Vacaria, RS.

¹ Aos herbicidas Roundup Original®, Topic®, Selefen®, Poast® e Verdict® foi adicionado o adjuvante Assist® a 0,5%; para Gramocil® e Gramoxone®, Assist® a 0,1%; Select®, Lanza® a 0,5%; Hussar®, Hoefix® a 0,3%; Aramo®, Dach® a 0,5%; e, Finale®, Aureo® a 0,5%; ²correspondente à dose máxima recomendada para controle da planta daninha; ³ dias após a aplicação dos tratamentos; ⁴médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ⁵ C.V.= coeficiente de variação.

Aos 28 DAT, todos os herbicidas controlaram os biótipos de azevém, com exceção de Hussar® (Tabela 4). Os herbicidas, pertencentes ao mecanismo de ação inibidores do fotossistema I (Gramocil® e Gramoxone®), obtiveram ação mais rápida, comparativamente aos demais herbicidas, observada pelo elevado índice de controle já na primeira avaliação (7 DAT). Os herbicidas pertencentes aos mecanismos de ação EPSPs (Roundup Original®), ACCase (Aramo®, Topic®, Selefen®, Select®, Poast® e Verdict®) e inibidores da glutamina (Finale®) também resultaram em controle satisfatório para os biótipos; porém, houve

ação mais lenta. O menor controle foi observado ao herbicida Hussar[®], inibidor de ALS.

Para a variável *massa da parte aérea seca*, houve efeito de herbicidas (Tabela 5). Todos os herbicidas testados reduziram significativamente a massa dos biótipos em relação à testemunha. Esses dados afirmam que os herbicidas testados controlam o azevém, reduzindo a massa da parte aérea seca.

Os resultados gerados neste experimento comprovam que, entre os herbicidas testados, o produtor dispõe de 11 herbicidas pertencentes a cinco mecanismos de ação, podendo, sempre que possível, incluí-los no manejo de plantas daninhas. Entre as recomendações para adiar o problema da resistência, ou manejar espécies resistentes à adoção de diferentes métodos de controle, e a rotação dos mecanismos de ação dos herbicidas, são preconizadas. (CHRISTOFFOLETI, 2008).

Tabela 5 – Massa da parte aérea seca (MS) de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum* L.) em função de herbicidas, avaliadas aos 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT)

Herbicidas ¹	Doses ² (L/Kg ha ⁻¹)	MS (g)
Testemunha		0,72 a ³
Roundup Original	3,0	0,21 c
Hussar	0,07	0,42 b
Aramo	0,5	0,27 bc
Finale	2,0	0,29 bc
Gramocil	2,0	0,17 c
Gramoxone	2,0	0,18 c
Topic	0,25	0,27 bc
Selefen	1,0	0,33 bc
Select	0,45	0,20 c
Poast	1,25	0,33 bc
Verdict	0,5	0,24 c
C.V. (%) ⁴	-	32,83

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Aos herbicidas Roundup Original[®], Topic[®], Selefen[®], Poast[®] e Verdict[®] foi adicionado o adjuvante Assist[®] a 0,5%; para Gramocil[®] e Gramoxone[®], Assist[®] a 0,1%; Select[®], Lanza[®] a 0,5%; Hussar[®], Hoefix[®] a 0,3%; Aramo[®], Dach[®] a 0,5%; e, Finale[®], Aureo[®] a 0,5% ;

²Correspondente a dose máxima recomendada para controle da planta daninha; ³ Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p≤0,05); ⁴ C.V.= coeficiente de variação.

Controle alternativo de nabo

Para todas as variáveis avaliadas (controle e massa da parte aérea seca) e à época de avaliação, houve interação dos fatores testados (Tabelas 6 e 7).

No controle de nabo aos 14 DAT, houve diferença entre herbicidas, sendo observado baixo controle do biótipo resistente pelos herbicidas imazethapyr (Pivot[®]), metsulfuron-methyl (Ally[®]) e nicosulfuron (Sanson[®]). Para o biótipo suscetível, todos os herbicidas testados controlaram o mesmo, diferindo da testemunha, que não recebeu o tratamento (Tabela 6).

Na *avaliação de controle*, realizada aos 21 DAT, de modo semelhante ao verificado na primeira avaliação, todos os herbicidas testados controlaram o biótipo resistente, com exceção de imazethapyr, metsulfuron-methyl e nicosulfuron, que se equivaleram à testemunha e diferiram do biótipo suscetível. Já para o biótipo suscetível, todos os herbicidas testados controlaram o mesmo com valores médios de 99% (Tabela 6).

Tabela 6 – Controle (%) de biótipos resistente e suscetível de nabo (*Raphanus sativus* L.) ao herbicida metsulfuron-methyl, em função de diferentes tratamentos herbicidas, avaliado aos 14 e 21 dias após aplicação

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Controle aos 14 DAT ¹		Controle aos 21 DAT	
		Resistente	Suscetível	Resistente	Suscetível
Testemunha	-	0 ^{ns} d ²	0 b	0 ^{ns} b	0 b
2,4-D	806	97 ^{ns} a	96 a	100 ^{ns} a	99 a
Atrazina	2700	100 ^{ns} a	99 a	100 ^{ns} a	100 a
Bentazon	720	100 ^{ns} a	100 a	100 ^{ns} a	100 a
Clorimuron-ethyl	20	95 ^{ns} a	99 a	95 ^{ns} a	100 a
Glifosato	720	100 ^{ns} a	100 a	100 ^{ns} a	100 a
Glufosinato de amônio	500	100 ^{ns} a	99 a	100 ^{ns} a	100 a
Imazethapyr	100	2* cd	98 a	3* b	99 a
Iodosulfuron-methyl	3,5	79* b	97 a	99 ^{ns} a	96 a
Lactofen	240	100 ^{ns} a	100 a	100 ^{ns} a	100 a
Metsulfuron-methyl	3,96	4* cd	99 a	2* b	100 a
Nicosulfuron	60	9* c	98 a	7* b	100 a
C.V. (%) ³			3,93		5,38

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ^{ns} e * Não significativo e significativo pelo teste t (p≤0,05), para biótipos comparados nas linhas, em cada variável; ² Médias seguidas por letras minúsculas idênticas não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); ³ C.V.= coeficiente de variação.

Para a *avaliação de controle* realizada aos 28 DAT, de modo semelhante ao verificado aos 14 e 21 DAT, os herbicidas testados controlaram o biótipo resistente, com exceção de imazethapyr, metsulfuron-methyl e nicosulfuron, os quais se equivaleram à testemunha e diferiram do biótipo suscetível. Para o biótipo suscetível, todos os herbicidas testados controlaram 100% o mesmo (Tabela 7).

Tabela 7 – Controle (%) e massa da parte aérea seca (MS-g planta⁻¹) de biótipos resistente e suscetível de nabo (*Raphanus sativus* L.) ao herbicida metsulfuron-methyl, em função de diferentes tratamentos herbicidas, avaliado aos 28 dias após aplicação

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Controle aos 28 DAT ¹		MS	
		Resistente	Suscetível	Resistente	Suscetível
Testemunha	-	0 ^{ns} c ²	0 b	12* a	11 a
2,4-D	806	100 ^{ns} a	100 a	0,6 ^{ns} cd	0,9 b
Atrazina	2700	100 ^{ns} a	100 a	0,3 ^{ns} d	1,0 b
Bentazon	720	100 ^{ns} a	100 a	0,2 ^{ns} d	0,4 b
Clorimuron-ethyl	20	97* b	100 a	0,4 ^{ns} cd	0,2 b
Glifosato	720	100 ^{ns} a	100 a	0,4 ^{ns} cd	0,1 b
Glufosinato de amônio	500	100 ^{ns} a	100 a	0,4 ^{ns} cd	0,5 b
Imazethapyr	100	0* c	100 a	10* b	0,7 b
Iodosulfuron-methyl	3,5	99* ab	100 a	2,0* c	0,6 b
Lactofen	240	100 ^{ns} a	100 a	0,8 ^{ns} cd	0,2 b
Metsulfuron-methyl	3,96	1* c	100 a	13* a	0,4 b
Nicosulfuron	60	1* c	100 a	13* a	0,4 b
C.V. (%) ³		1,02		9,81	

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos; ^{ns} e * Não significativo e significativo pelo teste t (p≤0,05), para biótipos comparados nas linhas, em cada variável; ² Médias seguidas por letras minúsculas idênticas, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); ³ C.V.= coeficiente de variação.

Para a variável *massa da parte aérea seca*, os dados se assemelharam aos de controle, em que, para o biótipo de nabo resistente, os herbicidas imazethapyr, metsulfuron-methyl e nicosulfuron, produziram mais massa, e os dois últimos equivaleram-se à testemunha. Para o biótipo suscetível, todos os herbicidas reduziram a produção de massa e diferiram da testemunha (Tabela 2). Na comparação entre biótipos, os herbicidas imazethapyr, metsulfuron-methyl e nicosulfuron, acrescidos de iodosulfuron-methyl (Hussar[®]), diferiram (Tabela 2).

Os herbicidas com mecanismo de ação alternativos aos inibidores da enzima ALS, 2,4-D, atrazina, bentazon, glifosato, glufosinato de amônio e lactofen, acrescidos de clorimuron-ethyl e iodosulfuron-methyl, apresentaram controle eficiente de nabo e apresentam-se como alternativa de controle para biótipos de nabo resistente ao herbicida metsulfuron-methyl. Resultados semelhantes foram observados para 2,4-D, bentazon e glifosato, em biótipos de nabo resistente à imazapyr+imazapic e imazethapyr. (VARGAS et al., 2010).

A baixa eficiência de controle de imazethapyr e nicosulfuron sugere possível resistência do biótipo de nabo RAPSV 18 aos herbicidas, necessitando de estudos posteriores para a confirmação.

3.1.1.2 Conclusões

A resistência de plantas daninhas a herbicidas reduz o espectro de controle químico das mesmas.

Os herbicidas Roundup Original[®], Aramo[®], Finale[®], Gramocil[®], Gramoxone[®], Topik[®], Selefen[®], Select[®], Poast[®] e Verdict[®] são opções de controle para os biotipos testados de azevém.

Os herbicidas 2,4-D (DMA[®]), atrazina (Atrazina Nortox[®]), bentazon (Basagran 600[®]), glifosato (Roundup Original[®]), glufosinato de amônio (Finale[®]) e lactofen (Cobra[®]), detentores de mecanismos de ação alternativos ao metsulfuron-methyl (Ally[®]), acrescidos de clorimuron-ethyl (Classic[®]) e iodosulfuron-methyl (Hussar[®]), controlam o biótipo resistente RAPSV 18, de nabo.

3.1.2 Identificar e avaliar o efeito residual de herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (als), utilizados em soja a culturas subsequentes

A implementação do sistema de plantio direto, aliada ao cultivo extensivo de soja resistente a glifosato, tornou o manejo de plantas daninhas, tanto em pré-semeadura como em pós-emergência, dependente de herbicidas. Entre os herbicidas, prevalecem em uso, paraquat, glufosinato de amônio e glifosato. O último, dado o baixo custo, a translocação sistêmica e por apresentar bom controle de plantas daninhas, é o mais utilizado. Entretanto, o uso deliberado (na dessecação e na pós-emergência) e repetidamente do mesmo herbicida fez com que houvesse a seleção de algumas plantas daninhas resistentes ao mesmo, como buva e azevém.

Com os casos de resistência, os produtores são obrigados a fazer uso de herbicidas, antes utilizados em menor escala, para obter o controle efetivo das plantas daninhas.

Nas culturas de soja, feijão e milho, o controle da buva é realizado, principalmente, com o uso de glifosato, na dessecação pré-semeadura. A soja Cultivance[®] permite a aplicação de herbicidas inibidores da enzima ALS,

alguns não seletivos como o imazapyr, para manejo de plantas daninhas resistentes ao glifosato, como a buva e o azevém.

Entretanto, a ação residual destes herbicidas sobre a soja convencional, a cultura do milho e do feijão, é desconhecida, necessitando de estudos para a elucidação e para orientar o produtor, no momento da implantação das lavouras e quanto à decisão a ser tomada.

3.1.2.1 Resultados

Para as variáveis **massa da parte aérea fresca e seca** não houve diferença entre os tratamentos testados (Tabela 8). Para as condições com as quais foi conduzido o experimento, para a cultura da aveia, não há efeito residual da mistura imazapyr+imzopic, utilizada em soja, para culturas subsequentes como a aveia.

Tabela 8 – Massa da parte aérea fresca e massa seca de plantas de aveia, em função da aplicação da mistura herbicida imazapyr+imazopic

Tratamentos	Massa fresca (g)	Massa seca (g)
Testemunha	161,75 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Aplicação no primeiro ano	168,50	0,35
Aplicação em dois anos	169,00	0,37

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

^{ns} Não significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$).

A emergência das plantas de soja, feijão e milho ocorreu a partir do 5º dia após a semeadura, havendo apenas diferença entre as culturas e não entre as épocas de aplicação de imazapyr+imazopic (Tabela 9). Este fato pode ser decorrente da característica de cada cultura e não do efeito da aplicação do produto. Já aos 7 dias, após a semeadura, esta diferença não foi observada (Tabela 9).

Tabela 9 – Emergência de soja (Pioneer 95Y72), feijão (IPR Uirapuru) e milho (Pioneer 30F53) aos 5 e 7 dias após a semeadura (DAS), em função da aplicação da mistura herbicida imazapyr+imazapic, expressos em valores percentuais

Tratamentos	5 DAS	7 DAS
Soja	80 a ¹	100 ^{ns}
Feijão	75 b	100
Milho	61 c	100

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Médias seguidas de letras idênticas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ^{ns} Não significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Para a variável *estatura de planta*, houve interação entre os tratamentos testados (Tabela 10). Para a cultura da soja, aplicações únicas ou em dois anos consecutivos não diferem entre si e apresentaram plantas de maior porte, diferindo apenas da testemunha; a cultura do feijão não apresentou variação de estatura de planta, decorrente da aplicação ou não da mistura herbicida imazapyr+imazapic; já para a cultura do milho, a aplicação da mistura dois anos consecutivos foi a que proporcionou plantas de maior porte, seguida da aplicação única e testemunha, respectivamente.

Tabela 10 – Estatura de plantas de soja (Pioneer 95Y72), feijão (IPR Uirapuru) e milho (Pioneer 30F53) (m), em função da aplicação da mistura herbicida imazapyr+imazapic

Aplicação	Culturas		
	Soja	Feijão	Milho
Testemunha	0,61 b B ¹	0,46 a C	1,85 c A
Uma	0,66 a B	0,46 a C	1,91 b A
Duas	0,67 a B	0,48 a C	1,98 a A
C.V. (%) ²		9,36	

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Médias seguidas de letras idênticas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ² C.V. Coeficiente de variação.

O número de legumes ou espigas/planta, grãos/legume ou espiga e produtividade de grãos das culturas de soja, feijão e milho não diferiu, em função da aplicação da mistura herbicida imazapyr+imazapic; houve efeito apenas de cultivares (Tabelas 11 e 12).

O número de legumes ou espigas/planta foi superior para a cultura da soja, seguida da cultura do feijão e milho (Tabela 4). Para a variável número de

grãos/legume ou espiga, houve superioridade para a cultura do milho. Estes resultados podem ser justificados pelas características das culturas e não atribuídos à ação residual da mistura imazapyr+imazapic.

Tabela 11 – Número de legumes (soja e feijão) ou espigas (milho) por planta e número de grãos/legume ou espiga de soja (Pioneer 95Y72), feijão (IPR Uirapuru) e milho (Pioneer 30F53) em função da aplicação da mistura herbicida imazapyr+imazapic, expresso em Kg/ha

Culturas	Legumes ou espiga/planta	Grãos/legume ou espiga
Soja	32 a	3 b
Feijão	7 b	2 b
Milho	1 c	624 a
C.V. (%)	35,02	11,59

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Médias seguidas de letras idênticas minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ² C.V. Coeficiente de variação.

A produtividade de grãos das culturas de soja, feijão e milho apresentou variação apenas entre as culturas (Tabela 12). Este fato decorre das características genéticas que representam o potencial produtivo das mesmas e que, como é de conhecimento geral, milho produz mais que soja e soja de feijão, conforme observado neste trabalho.

Tabela 12 – Produtividade de grãos de soja (Pioneer 95Y72), feijão (IPR Uirapuru) e milho (Pioneer 30F53), em função da aplicação da mistura herbicida imazapyr+imazapic, expressa em Kg/ha

Culturas	Produtividade de grãos (kg/ha)
Soja	3247 B
Feijão	1258 C
Milho	17.583 A
C.V. (%)	11,74

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

¹ Médias seguidas de letras idênticas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para as condições, nas quais foi conduzido o experimento, é possível inferir que não há ação residual da mistura herbicida imazapyr+imazapic sobre as culturas de aveia, soja não Cultivance®, cultivar Pioneer 95Y72, feijão

cultivar IPR Uirapuru e do híbrido de milho Pioneer 30F53. No período em que foi conduzido o experimento, a precipitação foi elevada e os invernos amenos, ou seja, com temperaturas superiores às normalmente ocorridas, favorecendo a degradação dos herbicidas no solo. Segundo a literatura, a persistência de herbicidas, como imazapyr e imazapic no solo, está diretamente ligada à dose utilizada e à frequência com que as aplicações são feitas, além de fatores, tais como: tipo de solo, precipitação pluviométrica, temperatura e pH. (INOUE et al., 2000).

Os solos dos Campos de Cima da Serra apresentam como característica elevada acidez; esta característica permite a degradação das moléculas também por hidrólise. (ROMAN et al., 2007). Assim, a elevada precipitação e temperatura, que facilitam a degradação microbiana, pela condição ideal para o desenvolvimento de micro-organismos degradadores, aliada à acidez do solo, permitiram a degradação da molécula de imazapyr e imazapic, quando aplicada uma única vez ou em duas safras consecutivas.

3.1.2.2 Conclusões

A utilização da mistura herbicida imazapyr+imazapic, na dose de 100 g/ha, não causa ação residual sobre as culturas de soja cultivar Pioneer 95Y72, feijão cultivar IPR Uirapuru e híbrido de milho Pioneer 30F53, nas condições que foi conduzido o experimento.

O uso da mistura herbicida imazapyr+imazapic, na dose de 100 g/ha, um ano ou dois anos consecutivos, na mesma área, não altera as características de culturas tanto em sucessão (aveia) como em rotação (soja, feijão e milho).

3.2 Boas práticas ambientais no manejo de plantas daninhas

Para o manejo de plantas daninhas, considerando o aumento do número de casos de plantas resistentes a herbicidas, as práticas recomendadas devem considerar a adoção de outros métodos de controle, não apenas o químico, para tornar o sistema de produção sustentável.

A identificação correta da espécie presente na área, aliada ao conhecimento de plantas resistentes e produtos com perda de eficácia, auxilia na tomada de decisão do produtor, no momento da escolha do método de controle a ser utilizado.

As falhas de controle, quando em caso de plantas com resistência, são apenas da espécie resistente e ocorrem em reboleiras (Figura 5). Assim, se não sobraram plantas de apenas uma espécie, deve-se investigar se não é falha na aplicação do produto, como entupimentos de bicos, transpasse de barra (identificado por falhas em faixas) ou dose inadequada de produto.

Figura 5 – Área com falhas de controle decorrentes da resistência de plantas daninhas a herbicidas



Fonte: UCS, Vacaria-RS.

No RS, especialmente na região dos Campos de Cima da Serra, as principais plantas resistentes são azevém e buva resistentes ao herbicida glifosato (Roundup®) e nabo resistente ao herbicida metsulfuron-metyl (Ally®), merecendo atenção especial, quando ocorrentes em lavouras ou pomares. Entretanto, há outras plantas daninhas que apresentam resistência no Brasil, conforme consta na Tabela 13, e que necessitam do monitoramento, quanto à ocorrência e a possíveis alterações em características da população.

Tabela 13 – Plantas daninhas ocorrentes no Brasil com resistência a diferentes herbicidas e mecanismo de ação pelo qual a espécie é resistente

Nome científico	Nome comum	Mecanismo de ação
<i>Ageratum conyzoides</i>	Erva de são João	Inibidores de ALS
<i>Amaranthus palmeri</i>	Caruru	Inibidores de EPSPs
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru	Inibidores de FSII e ALS
<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru	Inibidores de FSII e ALS
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru	Inibidores de ALS
<i>Avena fatua</i>	Aveia silvestre	Inibidores de ACCase
<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto	Inibidores de ALS
<i>Bidens subalternans</i>	Picão preto	Inibidores de ALS ALS e FSII
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Papuã	Inibidores de ACCase
<i>Chloris elata</i>	-	Inibidores de EPSPs
<i>Conyza bonariensis</i>	Buva	Inibidores de EPSPs
<i>Conyza canadensis</i>	Buva	Inibidores de EPSPs
<i>Conyza sumatrensis</i>	Buva	Inibidores de EPSPs, Inibidores de ALS Inibidores de EPSPs e ALS
<i>Cyperus difformis</i>	Tiririca	Inibidores de ALS
<i>Digitaria ciliaris</i>	Milhã	Inibidores de ACCase
<i>Digitaria insularis</i>	Milhã	EPSPs
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Capim arroz	Auxinas sintéticas Auxina e ALS
<i>Eleusine indica</i>	Capim pé de galinha	Inibidores de ACCase
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira	Inibidores de ALS/PROTOX/EPSPs ALS e EPSPs
<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cuminho	Inibidores de ALS
<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Inibidores de EPSPs ALS e ACCase e EPSPs
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Losna	Inibidores de ALS
<i>Raphanus sativus</i>	Nabo forrageiro	Inibidores de ALS
<i>Sagittaria montevidensis</i>	Chapéu de couro	Inibidores de ALS

Fonte: Adaptado de Christoffoleti (2004) e HEAP (2015)

Dessa forma, qualquer mudança na população de plantas, ocorrência de uma única espécie em reboleiras, merece atenção especial, pois pode tratar-se de um caso de resistência.

Para reduzir a pressão de seleção que os herbicidas proporcionam sobre plantas daninhas, outros métodos de controle, além do químico, devem ser preconizados, como: preventivo, cultural, mecânico/físico e biológico.

O controle preventivo consiste no uso de práticas que visam a prevenir a introdução, o estabelecimento e/ou a disseminação de determinadas espécies-problema, em áreas ainda por elas não infestadas. Na prevenção, cuidado deve ser dado para evitar a introdução de sementes ou partes vegetativas de plantas daninhas, juntamente com sementes ou mudas na implantação e no

transporte, juntamente com maquinários. Em caso de resistência, as plantas remanescentes devem ser eliminadas por completo, para evitar problemas maiores nas safras seguintes, pois, sempre que houver escape, as plantas se multiplicarão e aumentarão a população resistente.

O manejo cultural busca práticas que visam a tornar as culturas mais competitivas, em relação às plantas daninhas, ou seja, estratégias que favoreçam as culturas e desfavoreçam as plantas daninhas. Entre as práticas que podem ser adotadas, encontram-se: cobertura do solo, redução no espaçamento, aumento da população, escolha do material adequado (adaptado à região e mais competitivo) e época de implantação recomendada. Assim, sempre que se busca o adensamento de plantas, época de semeadura e cultivares adequadas, há um favorecimento das culturas em detrimento às plantas daninhas.

A rotação e a sucessão de culturas são práticas que devem ser adotadas no manejo de plantas daninhas, pois proporcionam a adoção de diferentes formas de controle, tanto na pré-semeadura das culturas, como na pós-emergência. Dentre as vantagens que a rotação e sucessão de culturas proporciona, há a formação de palhada como cobertura. A palhada pode apresentar duas formas de controle de plantas daninhas, uma delas é pela ação física proporcionada pela presença da palhada acumulada e a outra pela liberação de compostos aleloquímicos, na decomposição da mesma.

Também a rotação cultura proporciona, quando adotado o controle químico, a rotação de herbicidas, devido à seletividade diferenciada dos mesmos para as culturas, reduzindo a pressão de seleção sobre plantas resistentes.

O uso de culturas em sucessão é importante para o sucesso, no controle de plantas daninhas, pois proporciona a ocupação da área pelas culturas implantadas, não havendo espaço para o desenvolvimento das plantas daninhas e, caso ocorra emergência, elas terão de porte menor e mais sensível a outras formas de controle.

O controle mecânico/físico pode ser utilizado no momento de preparo do solo, pela aração e gradagem e, também, depois da cultura implantada. A

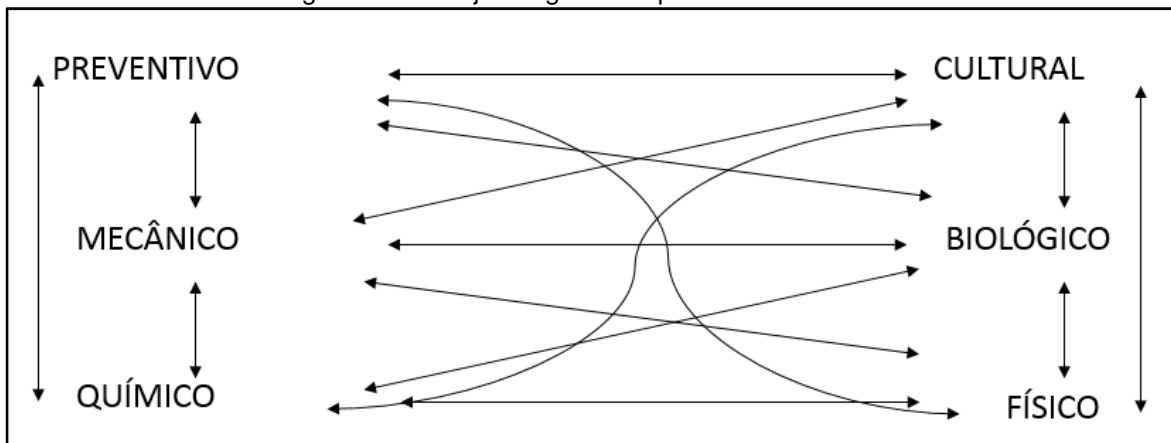
roçada é uma forma de controle, que pode ser facilmente adotada, pois mantém o solo coberto e as plantas daninhas com pouca parte aérea, reduzindo a demanda de nutrientes e, com isso, a competição com as culturas. O uso de coberturas mortas forma uma barreira física que prejudica as plantas daninhas.

Quando da adoção do controle químico, o mesmo deve ser sempre com planejamento, para rotacionar ingredientes ativos, ou seja, herbicidas, controlando de forma eficiente e reduzindo a pressão de seleção de plantas daninhas resistentes. Cuidado especial deve ser dado a plantas que, historicamente, apresentam problema na região, no País e mundo, pois, quando há caso de planta daninha resistente e é adotado o manejo químico, não é possível aumentar a dose dos produtos para solucionar o problema, apenas alterar o ingrediente ativo. O aumento de dose, além de não proporcionar o controle das daninhas, gera um problema ainda maior, que está relacionado com o lançamento de grande quantidade de herbicidas no ambiente, aumentando a possibilidade de contaminação do solo, da água, dos animais, etc.

No uso do controle químico, um cuidado especial deve ser dado à ação residual de herbicidas no solo. Herbicidas, como inibidores de ALS, como o imazapyr, imazaquim, imazapic, historicamente deixam resíduo; porém, o mesmo é dependente de características como teor de matéria orgânica e argila no solo e características ambientais. Assim, solos mais argilosos, como os da região dos Campos de Cima da Serra, avaliada neste trabalho, tendem a reduzir a ação residual de herbicidas no solo. Além de características de solo, elevada precipitação e temperatura aumentam a degradação de herbicidas no solo, reduzindo a ação residual.

Dessa forma, a adoção do manejo integrado de plantas daninhas (Figura 2), ou seja, a associação de métodos, incluindo o uso racional de herbicidas, tem fundamental importância, para manter a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

Figura 6 – Manejo integrado de plantas daninhas



Fonte: UCS, Vacaria-RS.

Medidas de controle imediatas contemplam o uso do método químico e mecânico. Porém, para a sustentabilidade a longo prazo, é necessário pensar em rotação de culturas, rotação de mecanismo de ação herbicida, cobertura de solo, sempre priorizando a prevenção e o manejo das plantas daninhas.

4 Manejo e conservação de solos ácidos

4.1 Resultados de pesquisa

4.1.1 Efeito da aplicação superficial de calcário nas características físicas e químicas de solos ácidos nos Campos de Cima da Serra

A aplicação de calcário na superfície do solo surgiu como uma alternativa à aplicação com incorporação em lavouras implantadas no sistema plantio direto. Essa prática foi utilizada, expressivamente, na região dos Campos de Cima da Serra, na implantação do sistema plantio direto sobre campo nativo, com altos teores de alumínio tóxico e baixo pH. Os elevados teores de acidez exigiram que essa prática fosse repetida e/ou fossem aplicadas altas doses de corretivos. Atualmente, as lavouras apresentam a camada superficial (0 – 10 cm) corrigida e a camada subsuperficial (10 a 20 cm) com elevada acidez. Assim, o desenvolvimento radicular das plantas concentra-se nas camadas superficiais, reduzindo a área explorada pelas raízes com nutrientes e água. Além disso, observa-se um aumento nas áreas compactadas, na profundidade de 5 a 20 cm. A prática da aplicação de calcário na superfície pode não ser eficiente, para resolver os problemas químicos em subsuperfície e pode ser a responsável pelo problema de compactação do solo, devido a uma possível dispersão das argilas e sua posterior descida no perfil.

4.1.1.1 Experimento 1: Mobilidade de diferentes corretivos de acidez aplicados na superfície em latossolo

O experimento foi implantado, a campo, no Centro de Pesquisas da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro) Nordeste, localizado no município de Vacaria, Rio Grande do Sul, em um Latossolo Bruno aluminoférrico típico sob SPD consolidado. A caracterização do solo pelas análises químicas (TEDESCO et al., 1995), realizada antes da instalação do experimento, nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm, é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultado das análises químicas do solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, antes da instalação do experimento

Amostra Prof. (cm)	pH água	Índice SMP	Saturação		Ca	Mg	Al	H+Al	CTC _{efetiva}	% MO	% A
			Al	Bases							
0 a 10	4,8	5,0	21,4	32,6	3,9	2,4	1,8	13,7	8,4	4,7	5
10 a 20	4,6	4,6	63,4	10,8	1,4	1,1	4,5	21,8	7,1	3,6	5

P-Mehlich	S	K	Cu	Zn	B	Mn	K	CTC _{pH7}	Relações Mola	
mg/dm ³							-- Cmol _c /dm ³ --		Ca/Mg	Ca/K
5,2	16,8	122,0	8,9	2,2	0,2	56	0,312	20,3	1,6	12,5
1,8	23,5	50,0	9,4	0,9	0,3	32	0,128	10,9	1,3	10,9

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas, com largura de 5m e comprimento de 10m. Os tratamentos consistiram de uma testemunha, sem aplicação de corretivo e da aplicação superficial de três corretivos de acidez, sendo: calcário calcítico (rocha), lama de cal (resíduo da indústria de celulose) e calsite (produto comercial).

Figura 7 – Croqui da disposição dos tratamentos do experimento com delineamento em blocos casualizados. T₁: calcário calcítico de rocha; T₂: lama de cal; T₃: calsite; T₄: testemunha

T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	T ₂	T ₄	T ₁	T ₃
R ₄				R ₃			
T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₃	T ₁	T ₄	T ₂
R ₁				R ₂			

Fonte: UCS, Vacaria-RS.

As doses de corretivos utilizados, nos tratamentos, foram definidas pelo método SMP, de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC, 2004). A recomendação limitada a 5 ton/ha de calcário (PRNT 100%), para aplicação superficial, foi ajustada utilizando a umidade dos corretivos, determinada através da secagem em estufa por 48 horas, a uma

temperatura de 60°C, e os respectivos PRNTs: calcário calcítico 80%, lama de cal 93% e calsite 75%. As análises dos corretivos apresentaram os seguintes teores de CaO: 40,64%, no calcário calcítico; 40,07%, na lama de cal; e 48,31%, no calsite. No tratamento com calsite, a dose utilizada foi de 20% da dose de calcário com PRNT 100%, dose esta utilizada por produtores da região, visando a substituir a aplicação do calcário. Portanto, os tratamentos consistiram da aplicação de 6.880 kg.ha⁻¹ de calcário calcítico, 6.180 kg.ha⁻¹ de lama de cal e 1000 kg.ha⁻¹ de calsite. As aplicações dos diferentes corretivos agrícolas foram realizadas manualmente.

As amostragens de solo, para posterior avaliação das características químicas, foram realizadas após um, três, 12 e 24 meses, após a implantação do experimento. Coletaram-se duas subamostras por parcela, com pá de corte na entre linha da cultura, para compor uma amostra, sendo aos um, três e 12 meses após a instalação do experimento, nas profundidades de 0,0 a 2,5cm; 2,5 a 5cm e 5 a 10cm (Figura 8). Aos 24 meses, após a implantação do experimento as profundidades coletadas de solo foram, 0 a 5cm, 5 a 10cm, 10 a 15cm e 15 a 20cm.

Figura 8 – Retirada da amostra, corte da camada lateral direita, corte da camada lateral esquerda, corte da camada inferior – Vacaria/RS





C



D

Fonte: UCS/Vacaria, RS.

No período de 12 e 24 meses, após a aplicação superficial dos corretivos, foram determinados os teores de Na. O grau de compactação do solo foi avaliado nos 24 meses, após a aplicação, com o auxílio de um medidor eletrônico de compactação do solo (PenetroLog PLG1020), da marca Falker.

Foram avaliadas também as respostas em produtividade das culturas de trigo (Figura 9) e milho cultivadas em sistema de plantio direto sobre os diferentes tratamentos.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), considerando a amostragem fracionada, em profundidades, como variável para análise conjunta. Em caso de significância, os tratamentos e as profundidades foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 9 – Retirada da bordadura de cada parcela



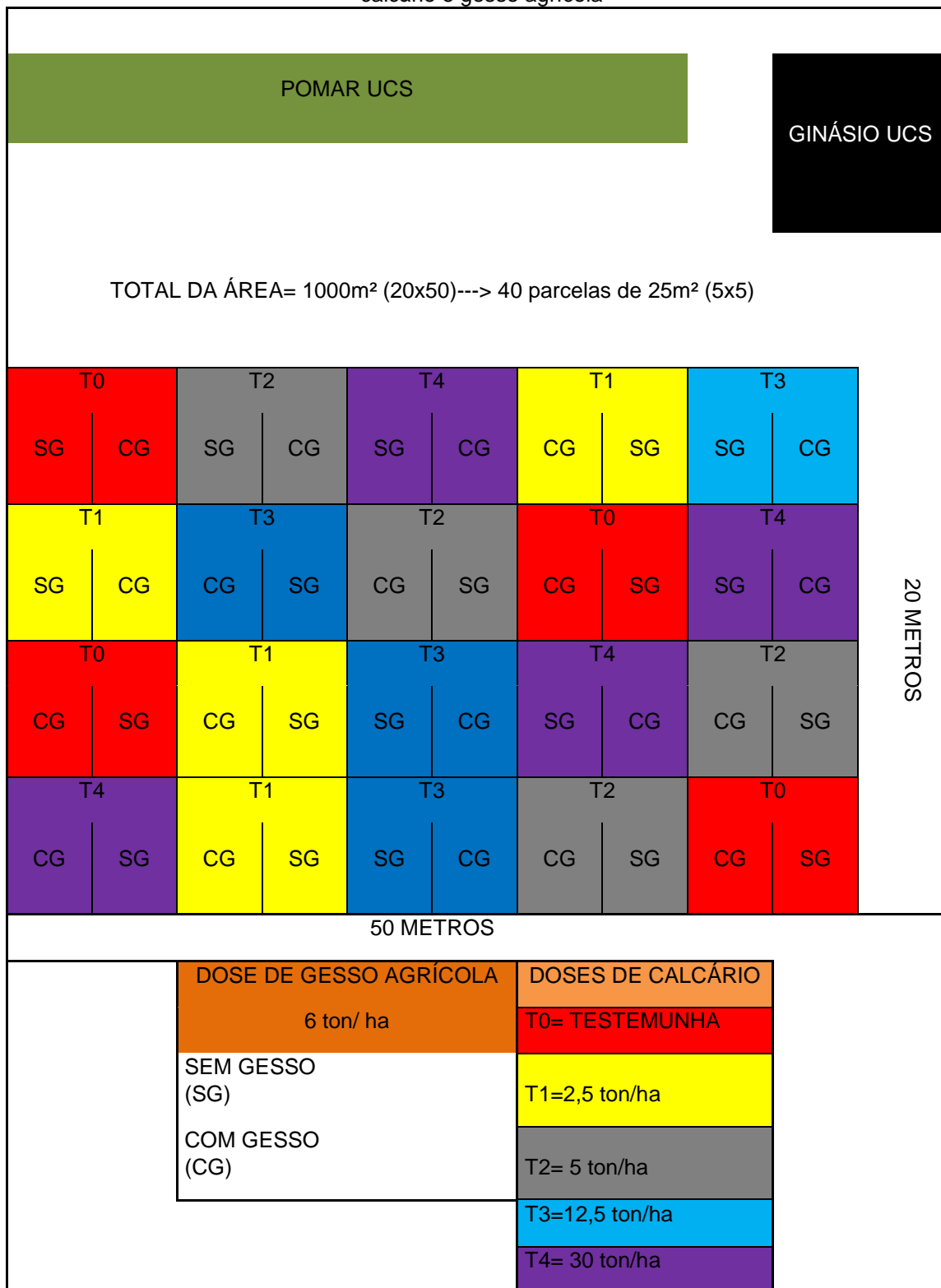
Fonte: UCS/Vacaria, RS.

4.1.1.2 Experimento 2: Influência da aplicação superficial de calcário nas características químicas e físicas de um latossolo, sob sistema de plantio direto

O presente experimento foi realizado, no campo experimental da Universidade de Caxias do Sul – Campus Vacaria – RS, sob as coordenadas geográficas de latitude 28° 31', longitude 50° 54' e com 965m de altitude, em Latossolo Bruno.

A área do experimento apresenta, como cobertura, campo nativo. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5x2 sendo: cinco doses de calcário calcítico (PRNT 100%) com 0, 2,5, 5, 12,5 e 30ton/ha e a presença-ausência de gesso agrícola na dose de 6ton/há, conforme ilustrado na Figura 10. Os tratamentos foram aplicados em parcelas de 25 m² (5x5) e foram dispostos em blocos completamente ao acaso, alocados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. O calcário e o gesso foram aplicados a lanço na superfície do solo, para evitar interferência de implementos agrícolas nos resultados finais, como a compactação. As doses de calcário foram ajustadas ao PRNT do calcário utilizado (68 a 70%). Na área experimental, foi mantido campo nativo sem cultivo e tráfego de máquinas, para isolar o efeito destes na compactação do solo.

Figura 10 – Demonstração da área do experimento e a localização das respectivas doses de calcário e gesso agrícola



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

As avaliações de solo foram realizadas nos três meses e 12 meses, após a instalação do experimento, sendo coletadas duas amostras por parcela (repetição), nas profundidades de 0 – 5cm, 5 – 10cm, 10-20cm, para a realização de análises químicas. (TEDESCO et al., 1995). A dispersão de argila foi realizada pelo método descrito na 2ª edição do *Manual de métodos de análises de solo* (Embrapa; CNPS, 1997). Também foram realizadas avaliações de compactação do solo com o auxílio de um medidor eletrônico de compactação (Penetrolog PLG1020), da marca Falker (Figura 11).

Figura 11 – Coleta dos dados de compactação do solo, medidor eletrônico (PenetroLog PLG1020)



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

A avaliação da taxa de infiltração de água no solo foi realizada pelo método Soil Quality Test Kit. (USDA-ARS, 1998 apud AMADO et al., 2007). Foram utilizados cilindros de 15cm de diâmetro (6"-seis polegadas) e 12,5cm de altura (5"), introduzidos no solo a uma profundidade de 7,5cm (3"). Foi colocado um filme de polietileno sobre o solo, dentro do cilindro, para impedir a infiltração da água no solo, antes do início das leituras. Após, adicionou-se 444 mL de água (correspondente a 2,54cm de lâmina ou uma polegada) ao cilindro; o filme de polietileno foi retirado e anotado o tempo transcorrido para a

infiltração de todo o líquido. Uma segunda avaliação de infiltração, seguindo o mesmo procedimento discutido anteriormente, foi efetuada, e os dados então registrados (Figura 12).

As precipitações ocorridas no local foram monitoradas por uma estação meteorológica Vantage Pro 2 marca Davis.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, em caso de significância, os efeitos de doses são comparados pela análise de regressão e a presença-ausência do gesso agrícola pelo teste T ($p \leq 0,05$).

Figura 12 – Cilindro introduzido no solo a 7,5cm de profundidade, adicionado 144ml de água e anotado o tempo transcorrido para a infiltração de todo o líquido no solo



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

4.1.1.3 Experimento 3: Influência da aplicação de calcário e uso do gesso agrícola nas características físicas e químicas do solo

Para a condução deste experimento, foram amostradas áreas experimentais do produtor rural Sr. Ulfried Arns, localizadas no Município de Bom Jesus – RS, latitude 28°29'2,17" S e longitude 50°40'08,63" W, com altitude de 970m (sede), onde o solo é classificado como Cambissolo. Os tratamentos amostrados e avaliados, ocorreram nas áreas onde haviam sido aplicadas 0,8 e 16ton/ha de calcário calcítico.

A área amostrada é conduzida no sistema de plantio direto há 11 anos com rotação das culturas soja/aveia + azevém/soja/aveia + azevém/milho/aveia + azevém/soja/aveia + azevém/milho.

A amostragem foi realizada 30 meses após a aplicação dos corretivos, quando foram abertas quatro (4) trincheiras para coleta das amostras por tratamento, com pá de corte com lâmina de 45cm de profundidade, com largura de 14cm e espessura de 4cm aproximadamente (Figura 13).

Figura 13 – Abertura da trincheira para obtenção das amostras – Bom Jesus/RS



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Cada amostra foi dividida nas profundidades de 0 a 5cm; 5 a 10cm; 10 a 20cm e 20 a 40cm, sendo descartadas a camada superficial de palha, a

camada que excedia os 40cm e as bordas. Em seguida, foram separadas em bandejas e homogêneas (Figuras 14 e 15) e realizadas análises químicas, segundo metodologia de Tedesco et al. (1995).

Figura 14 – Perfil de solo retirado com pá de corte na profundidade de 40cm – Bom Jesus/RS



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Figura 15 – Amostras separadas por profundidade – Bom Jesus/RS



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Também foram coletados dados de compactação do solo em oito (8) pontos de cada parcela, até a profundidade de 40cm, com auxílio de um medidor eletrônico de compactação do solo (PenetroLog PLG1020), da marca Falker (Figura 16).

Figura 16 – Coleta dos dados de compactação do solo, medidor eletrônico (PenetroLog, PLG1020). Bom Jesus – RS

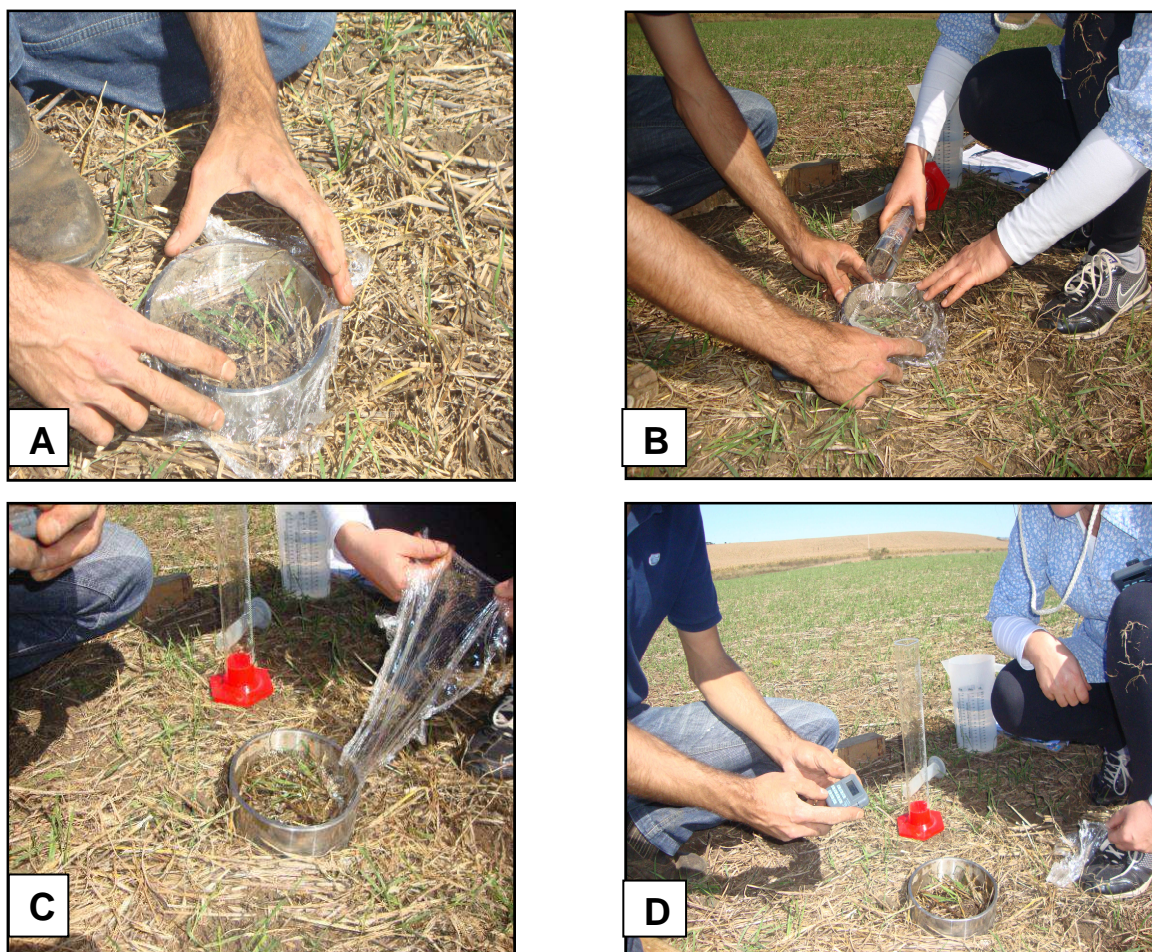


Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Além disso, foram realizadas quatro (4) avaliações de infiltração de água em todas as parcelas, segundo o método americano *Soil Quality Test Kit Guide* (USDA-ARS, 1998), descrito por Santi (2012), em que foram utilizados cilindros de 15cm de diâmetro e 12,5cm de altura, introduzidos no solo, a uma profundidade de 7,5cm. Foi colocado um filme de polietileno sobre o solo, dentro do cilindro, para impedir a infiltração da água no solo, antes do início das leituras.

Após adicionar 444mL de água (correspondente a 2,54cm de lâmina) ao cilindro, o filme de polietileno foi retirado e anotado o tempo transcorrido para a infiltração de todo o líquido; foram realizadas duas avaliações por cilindro para avaliação dos dados, seguindo o mesmo procedimento (Figura 17).

Figura 17 – Cilindro introduzido no solo a 7,5cm de profundidade (A) adicionado 144ml de água sobre o filme polietileno (B), remoção do filme (C), tempo transcorrido para infiltração de todo o líquido no solo (D), Bom Jesus – RS



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), e em caso de significância as doses de calcário, foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e à presença e ausência de gesso pelo teste F ($p \leq 0,05$).

4.1.1.4 Experimentos 4 A e 4B: “Influência de plantas de cobertura no inverno na redução da compactação do solo sob a sistema de plantio direto consolidado”

4.1.1.4.1 Experimento A

Este experimento foi realizado a campo, em área considerada compactada, de propriedade do produtor Juliano Scopel, no Município de Vacaria, RS, Brasil, localizado na latitude S 28° 28' 33,7" e longitude W 50° 56' 30,5", com altitude de 924 metros. Solo da ordem dos Latossolo, apresentando as seguintes características (Tabelas 15 e 16), anteriores à implantação do experimento:

Tabela 15 – Características químicas do solo antes da implantação do experimento – Vacaria/RS

Profundidade	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	Saturação (%)		Índice SMP
							Al	Bases	
		cmol _c /dm ³							
0-10	5,3	6,8	2,3	0,3	7,7	10,0	3,0	55,7	5,5
10-20	4,8	4,2	1,7	1,8	17,3	7,9	22,8	26,2	4,8

Profundidade	%M.O	% Argila	Text	S	P-Mehlich	K ⁺	CTC _{pH 7}	K ⁺
0-10	6,2	54	2	35,0	5,6	0,598	17,4	234,0
10-20	4,7	62	1	42,2	1,0	0,240	23,4	94,0

Profundidade	Cu	Zn	B	Mn	Na	Relação Molares		
						Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	mg/dm ³							
0-10	8,6	2,4	0,4	50,0	2,0	3,0	11,4	3,8
10-20	11,4	4,4	0,3	31,0	2,0	2,5	17,5	7,1

Fonte: UCS/Vacaria, RS.

Tabela 16 – Pressão do solo antes da implantação do experimento – Vacaria/RS

Profundidade cm	Pressão em kPa
0-5	501,55
5-10	1178,60
10-15	1638,80
15-20	2336,35
20-25	2491,60
25-30	2739,80
30-35	3144,70
35-40	3073,85
----- Média	2138,16

Fonte: UCS/Vacaria, RS.

A área do experimento era cultivada com plantio direto há 19 anos. Os tratamentos foram divididos em cinco parcelões, sendo um testemunha, ocupando uma área aproximada de 0,4 hectares.

O experimento foi instalado com a dessecação da área, com os seguintes produtos e doses: Glifosato® 2,2 litros/hectare, Select® 0,5 litros/hectare e a adição de Nimbus® na dose de 0,5 litros/hectare.

A precipitação média mensal, nos meses do experimento, teve em milímetros: em junho 178,4; julho 58,8; agosto 332,2; setembro 229,6 e outubro 147,2, segundo dados coletados pela estação meteorológica da UCS – Vacaria, RS (Universidade de Caxias do Sul). Os tratamentos foram: T1 – cevada (*Hordeum vulgare L.*), T2 – canola (*Brassica napus L.*), T3 – aveia preta (*Avena Strigosa L.*), T4 – nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) e T5 – pousio.

A semeadura das culturas ocorreu no mês de julho, com a distribuição das sementes de forma manual em cada parcelão; após a semeadura, utilizou-se grade niveladora com revolvimento inferior a 3 cm de profundidade, para cobertura das sementes. Não se utilizou adubação de base ou cobertura.

A avaliação da compactação do solo foi realizada em oito pontos aleatórios, dentro de cada tratamento, os quais foram considerados oito repetições, através do uso de penetrômetro marca FALKER, modelo PLG 1020, na profundidade de 40 centímetros.

A produção de matéria seca, em cada um dos tratamentos, foi obtida através da coleta de 1m² da parte aérea das plantas de cobertura, em que canola, aveia preta e a cevada estavam no início do enchimento de grãos e o nabo forrageiro em pleno florescimento. A pesagem foi realizada com balança centesimal marca Marte, modelo AS 2000C. A secagem do material foi realizada em estufa de ar forçado, marca Marcolli, modelo Ma 035, na temperatura de 65°C, durante 72 horas, quando o material atingiu peso constante. Os valores encontrados foram transformados em kg/ha.

Os teores de nutrientes foram avaliados através de análise foliar realizada no laboratório da Universidade de Caxias do Sul (UCS) e multiplicados pelos teores de matéria seca por hectare.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância, realizou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.1.1.4.2 Experimento B

O trabalho foi realizado a campo, em um Latossolo, no campo experimental da Universidade de Caxias do Sul – Campus Vacaria, no Município de Vacaria-RS, Brasil, localizado na latitude Sul 28° 29', longitude Oeste 50° 56', e altitude de 962 metros. Este experimento objetivou repetir o experimento A.

Na instalação do experimento, foi realizada compactação do solo, para testar a condição de compactação. Para tanto, na área dos tratamentos, foram feitas cerca de trinta passadas consecutivas com trator Agrale, modelo 500.75, com peso operacional de 3.380 kg (Figura 18), até atingir as pressões apresentadas na Tabela 17.

Figura 18 – Área compactada pelo tráfego de trator – Vacaria/RS



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

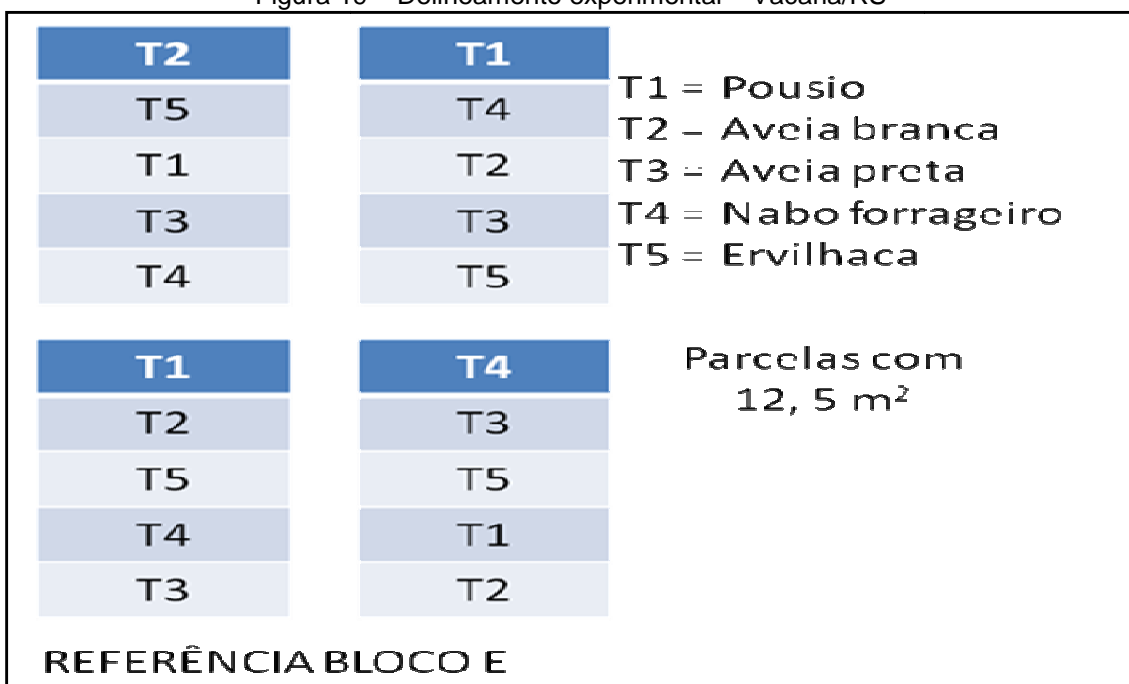
Tabela 17 – Pressão do solo na implantação com duas situações de solo e nas diferentes profundidades – Vacaria/RS

Profundidade (cm)	Pressões na implantação	
	Sem compactação	Compactado
	Pressão em Kpa	
0 a 5	103,44	857,15
5 a 10	836,72	1358,53
10 a 15	984,44	1174,47
15 a 20	1001,72	1413,97
20 a 25	1432,94	1964,09
25 a 30	1904,44	2234,71
30 a 35	2316,39	2550,06
35 a 40	2574,17	2814,06
40 a 45	1318,28	1740,65
Média	1385,84	1789,743

Fonte: Dados da pesquisa.

As parcelas foram constituídas de 2,5x5m, totalizando área experimental de 12,5m², com área útil de 6m². O experimento foi conduzido em blocos casualizados com cinco coberturas (pousio, aveia branca, aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca), dispostos em quatro repetições, distribuídos conforme as Figuras 19 e 20.

Figura 19 – Delineamento experimental – Vacaria/RS



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 20 – Parcelas experimentais de diferentes plantas de cobertura de inverno – Vacaria/RS



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

A dessecação da área foi feita com Glifosato^R, na dosagem de 2kg ha⁻¹. A semeadura das plantas de cobertura foi realizada de forma manual em cada parcela, com uso posterior de grade niveladora, que revolveu em profundidade

inferior a 3cm, para cobertura das sementes. Sem utilização de adubação de base ou cobertura.

As avaliações das compactações do solo foram através da análise da resistência mecânica do solo à penetração (RP), feita na implantação das coberturas e na pré-colheita, com o uso de penetrômetro digital de sistema eletrônico (Penetrolog PLG1020), da marca Falker, de medição e aquisição de dados, de acordo com as forças aplicadas em profundidade de até 45cm. Foram feitas avaliações no final do ciclo destas culturas, em oito pontos de cada tratamento, sendo dois em cada repetição.

A produção de matéria seca, em cada um dos tratamentos, foi obtida através da coleta de 1m² da parte aérea das plantas de cobertura, em cada repetição. A pesagem do material para a obtenção do peso de matéria verde foi realizada com balança centesimal, marca Marte modelo AS2000C; a secagem do material foi realizada em estufa de ar forçado marca Marcoli, modelo Ma 035, na temperatura de 65°C, até atingir peso constante. Os valores encontrados foram transformados em kg/ha. Os teores de nutrientes foram avaliados através de análise foliar e multiplicados pelos teores de matéria seca por hectare.

Sobre os tratamentos, foi realizada a implantação da cultura da soja com a variedade Intacta IPRO RR. MONSANTO, sete dias após a dessecação, com uso de Glifosato^R, com dosagem de 2kg .ha⁻¹. Para tratamento fitossanitário, foi necessária a realização de duas aplicações de Piori Xtra com dosagem de 300 ml.ha⁻¹, juntamente com óleo mineral Nimbus de 400 ml.ha⁻¹, tratamento realizado para o controle da ferrugem.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância, realizou-se o teste de Tukey (p<0,05).

Resultados

Neste tópico são apresentados os principais resultados obtidos nos experimentos que embasam as conclusões de cada trabalho.

4.1.1.1 Experimento 1: Mobilidade de diferentes corretivos de acidez aplicados na superfície em latossolos

Nos 24 meses após a aplicação superficial de diferentes corretivos de acidez, em superfície com doses equivalentes a 5 ton/ha, não foi verificado aumento na compactação do solo (Tabela 18).

Tabela 18 – Medidas de compactação do solo em face da aplicação de diferentes corretivos de acidez e profundidades de amostragem nos 24 meses após a aplicação

Tratamentos	Pressão 24 meses Kpa
Calcítico	1323 ^{ns}
Lama de cal	1380
Calsite	1412
Testemunha	1363

CV (%) 9,90

^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F(p<0,05).

Fonte: UCS/Vacaria, RS, 2014.

A acidez ativa do solo (pH) foi influenciada pela aplicação superficial de calcário, apresentando interação com a profundidade do solo. Porém, não apresentou interferência no uso associado ao gesso agrícola. A aplicação superficial dos corretivos de acidez lama de cal e calcário de rocha reduziu o pH do solo, na camada de 0 a 2,5cm, já no primeiro mês, após a aplicação superficial do equivalente a 5 ton/ha PRNT 100% (Tabela 19). Nos três meses após a aplicação, observa-se que a correção da acidez propiciada pela lama de cal entendeu-se até a profundidade de 5cm.

Nos 12 meses, observa-se na Tabela 19, que os tratamentos calcário calcítico e lama de cal apresentaram valores de pH superiores, quando comparados com a testemunha até a profundidade avaliada de 10cm. No entanto, após 24 meses observou-se diferenças nos tratamentos calcário calcítico e lama de cal, apenas até a profundidade de 5cm, sendo superior em comparação aos tratamentos calsite e testemunha. O calsite foi superior à testemunha apenas nos 12 e 24 meses após a aplicação, porém com pH

inferior aos tratamentos com lama de cal e calcário calcítico. Assim, apresentou menor eficiência na elevação do pH do solo, na dosagem de 20% dos demais. Nas outras profundidades, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Portanto, o efeito da aplicação nos 12 meses atingiu profundidades maiores em relação à avaliação nos 24 meses, o que pode ser atribuído à regressão do efeito corretivo com o tempo de aplicação, ou seja, reacidificação do solo.

Tabela 19 – Teores médios de pH H₂O no solo em face da diferentes corretivos de acidez e profundidades de amostragem aos um, dois, três, 12 e 24 meses após a aplicação – Vacaria/RS

Profundidade ----- cm -----	Tratamentos de Corretivos			
	Calcário calcítico	Lama de cal	Calsite	Testemunha
----- pH H ₂ O -----				
1 mês				
0,0 – 2,5	5,45 Ba	5,98 Aa	4,98 Ca	4,93 Ca
2,5 – 5,0	4,83 Ab	5,15 Ab	4,75 Aa	4,88 Aa
5,0 – 10,0	4,60 Ab	4,85 Ab	4,65 Aa	4,70 Aa
C.V.(%) = 4,33				
3 meses				
0,0 – 2,5	6,05 Aa ¹	6,25 Aa	4,90 Ba	4,73 Ba
2,5 – 5,0	5,15 ABb	5,25 Ab	4,78 ABa	4,73 Ba
5,0 – 10,0	4,85 Ab	5,00 Ab	4,70 Aa	4,73 Aa
C.V. (%) ² = 5,30				
12 meses				
0,0 – 2,5	6,62 Aa	6,70 Aa	5,58 Ba	5,18 Ca
2,5 – 5,0	5,88 Ab	5,60 ABb	5,55 BCb	5,00 Ca
5,0 – 10,0	5,30 Ac	5,28 Ab	5,08 ABb	4,88 Ba
C.V. (%) = 3,57				
24 meses				
0,0 – 5,0	5,67 Aa	5,87 Aa	5,20 Ba	4,97 Ca
5,0 – 10,0	4,92 Ab	5,07 Ab	5,02 Aab	4,92 Aab
10,0 – 15,0	4,80 Abc	4,92 Abc	4,87 Abc	4,82 Aab
15,0 – 20,0	4,65 Ac	4,80 Ac	4,75 Ac	4,75 Ab
C.V. (%) = 2,38				

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5%), sendo que letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

Os teores de Na foram avaliados nos 12 e 24 meses após a aplicação dos diferentes corretivos de acidez, e apresentaram interação entre tratamentos e profundidades (Tabela 20).

Tabela 20 – Teores médios de Na no solo, em face dos diferentes corretivos de acidez e profundidades de amostragem nos 12 e 24 meses após a aplicação – Vacaria/RS

Profundidade ----- cm -----	Tratamentos de Corretivos			
	Calcário Calcítico	Lama de Cal	Calsite	Testemunha
----- Na (mg.dm ⁻³) -----				
12 meses				
0,0 – 2,5	2,25 Ba	49 Aa	1,75 Ba	2,5 Ba
2,5 – 5,0	1,25 Ba	19 Ab	2,25 Ba	2,5 Ba
5,0 – 10,0	1,25 Ba	18 Ab	1,5 Ba	1,75 Ba
C.V. (%) ² = 73,80				
24 meses				
0,0 – 5,0	3,50 Ba	10,50 Aa	2,00 Ba	2,50 Ba
5,0 – 10,0	4,50 ABa	7,00 Ab	2,00 Ba	3,50 Ba
10,0 – 15,0	4,50 ABa	6,00 Abc	2,50 Ba	3,00 ABa
15,0 – 20,0	3,00 Aa	4,00 Ac	2,00 Aa	2,00 Aa
C.V. (%) = 45,12				

Fonte: Dados da pesquisa.

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo que letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical. ² Coeficiente de variação.

Apenas o tratamento com lama de cal apresentou diferenças significativas, nas duas épocas avaliadas, nos teores de Na nas profundidades até 10cm comparado com a testemunha e com variações em relação às profundidades avaliadas neste tratamento. Os demais tratamentos não diferiram com a testemunha nem nas diferentes profundidades, dentro de cada tratamento.

No presente trabalho, a saturação por Na, nas amostragens com as maiores concentrações, atingiu o máximo de 1,28% no tratamento lama de cal, na profundidade 0-2,5cm. Portanto, os teores de Na permaneceram abaixo do nível crítico de 5% citado por McIntyre (1979).

A produtividade das culturas de milho e trigo não foram afetadas pela aplicação dos diferentes corretivos de acidez aplicados em superfície (Tabelas 21 e 22). No entanto, os valores de produtividade foram abaixo dos médios da região, devido às condições de solo e climáticas ocorridas no decorrer das culturas.

Tabela 21 – Produtividade do milho, após a aplicação superficial de diferentes corretivos de acidez no solo – Vacaria/RS

Tratamentos	Produtividade kg/ha
Calcítico	5.794,4 ^{ns}
Lama de cal	5.731,0
Calsite	5.077,1
Testemunha	5.628,9
C.V (%) =	9,98

Fonte: Dados da pesquisa.

^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F($p < 0,05$).

Tabela 22 – Produtividade do trigo e peso de mil sementes após a aplicação superficial de diferentes corretivos de acidez no solo – Vacaria/RS

Tratamentos	Produtividade kg/ha	Peso de 1000 sementes
Calcítico	1.706 ^{ns}	34,0 ^{ns}
Lama de cal	1.610	32,9
Calsite	1.623	33,3
Testemunha	1.711	33,1
C.V (%) =	8,70	2,51

Fonte: Dados da pesquisa.

^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F($p < 0,05$).

4.1.1.2 Experimento 2: Influência da aplicação superficial de calcário nas características químicas e físicas de um latossolo, sob sistema de plantio direto

A argila dispersa em água não sofreu influência de doses de calcário (até 30 ton/ha) e gesso agrícola (6 ton/ha), após um ano da aplicação superficial. Os valores de argila dispersa em água ficaram em média 23,54g/kg (Tabela 23).

Tabela 23 – Argila dispersa em água em face da aplicação de diferentes doses de calcário aplicados superficialmente, na média das profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20cm dos tratamentos com e sem gesso – Vacaria/RS

Doses de calcário ton.ha ⁻¹	Argila dispersa em água g/kg
0,0	26,12 ^{ns}
2,5	23,83
5,0	22,29
12,5	20,67
30,0	24,83

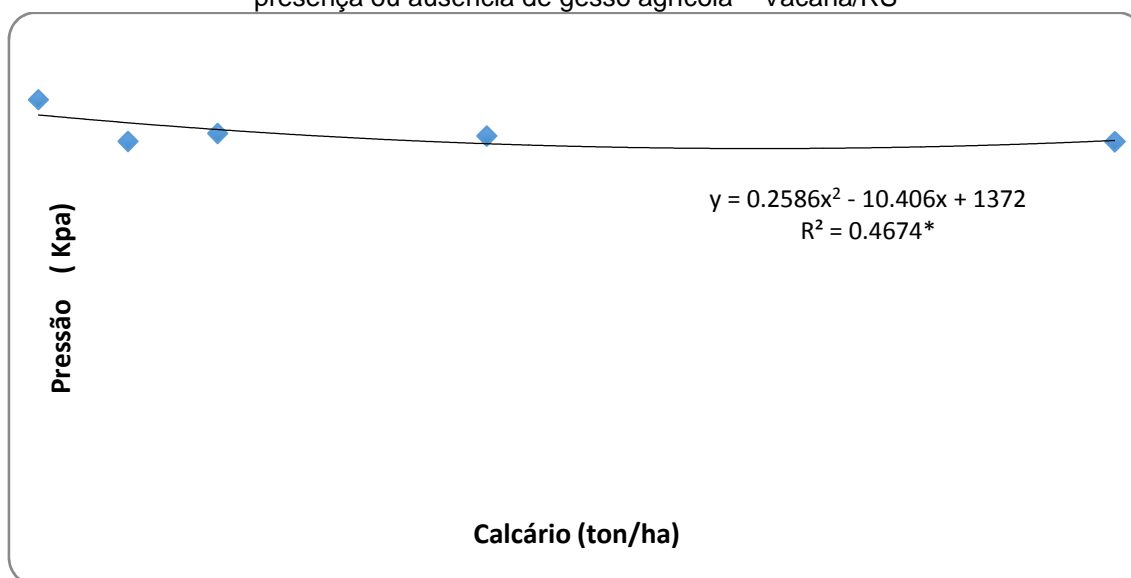
C.V (%) = 36,61

Fonte: Dados da pesquisa.

^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F(p<0,05).

Quanto à compactação do solo, observa-se, com o aumento da dose de calcário aplicado, tendência à diminuição da compactação do solo. No entanto, apenas 46% ($r^2 = 0,4678$) da variável dependente consegue ser explicada pelos modelos de regressão presente (Figura 24).

Figura 24 – Medidas de compactação do solo, submetido a diferentes doses de calcário e a presença ou ausência de gesso agrícola – Vacaria/RS



Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo P < 0,01

A infiltração também não sofreu influência de doses de calcário e gesso, aplicadas superficialmente (Tabela 25).

Tabela 25 – Infiltração de água no solo, em face da aplicação de diferentes doses de calcário superficialmente, em média dos tratamentos com e sem gesso – Vacaria/RS

Doses de calcário ton.ha ⁻¹	Infiltração mm.h ⁻¹
0,0	1533 ^{ns}
2,5	2810
5,0	1956
12,5	2931
30,0	2515

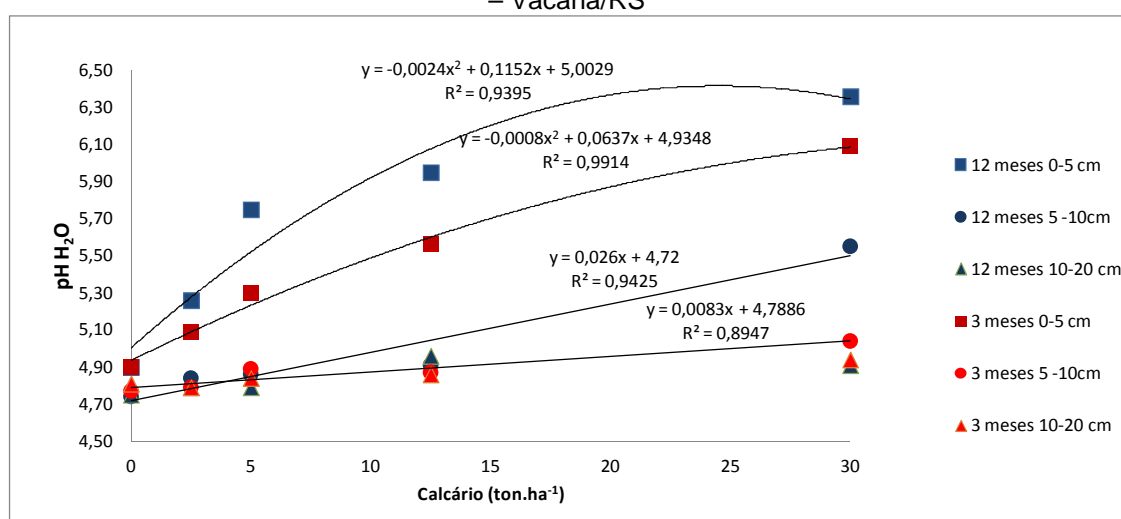
C.V (%) = 36,61

Fonte: Dados da pesquisa.

^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F(p<0,05)

A aplicação superficial de calcário elevou de forma quadrática o pH do solo, com o aumento da dose de calcário aplicado na profundidade de 0-5cm, avaliado nos quatro e 12 meses após a aplicação. No entanto, nos 12 meses, o pH apresentou valores superiores nas doses de calcário, demonstrando que o tempo de reação supera quatro meses. Na profundidade 5-10cm, ocorreu o aumento linear do pH do solo, com o aumento da dose também nas duas épocas avaliadas. Entretanto, o efeito das diferentes doses de calcário não atingiu a profundidade de 10-20cm, após um ano de sua aplicação superficial (Figura 26).

Figura 26 – Valores de pH do solo, 12 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria/RS

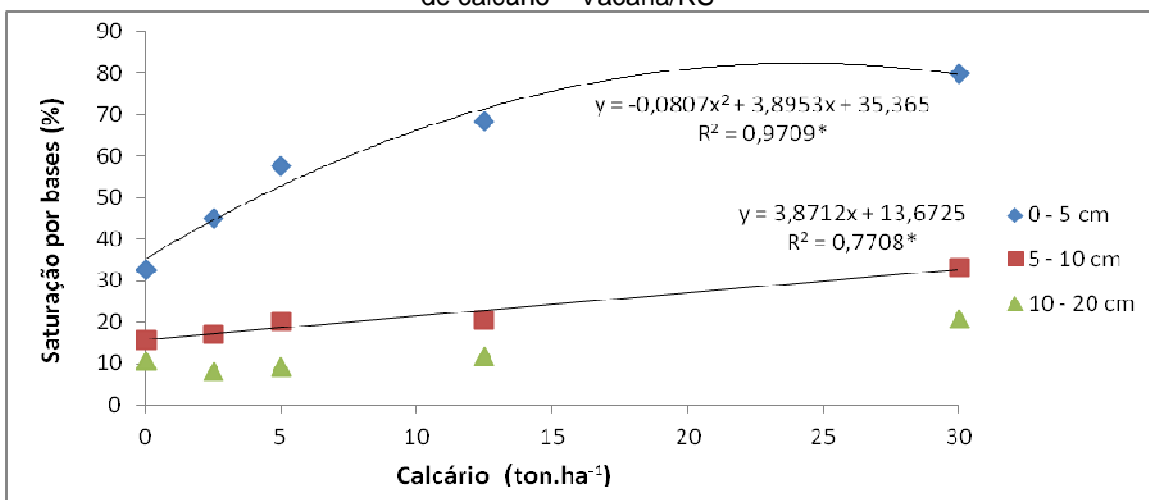


Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo P < 0,01 re

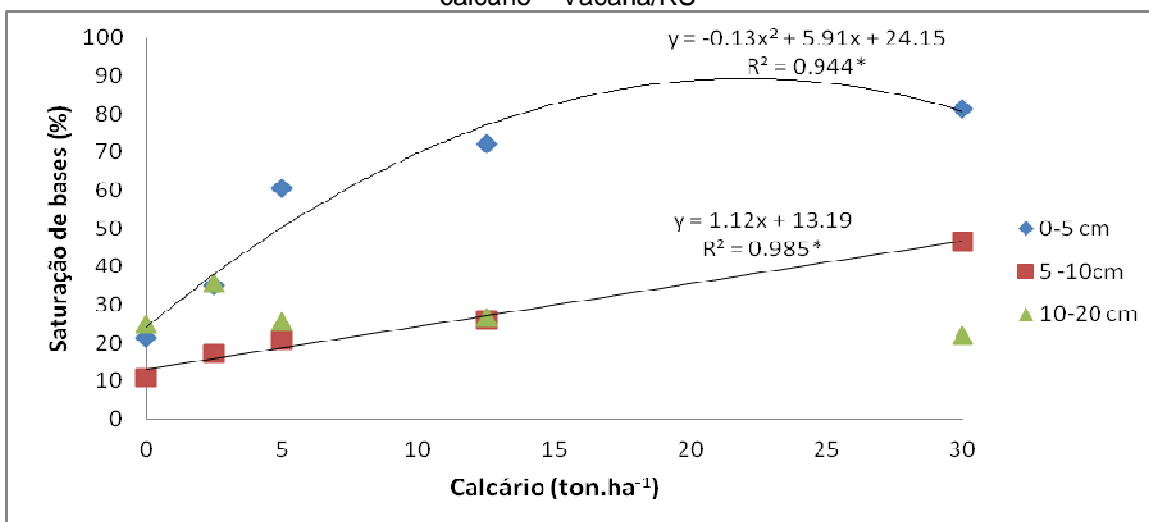
Com a aplicação superficial de calcário, a Saturação de Bases apresentou um aumento significativo quadrático nos três e 12 meses, com o aumento da dose de calcário aplicado superficialmente no solo, na profundidade de 0-5cm (Figuras 27 e 28). Na camada de 5 – 10cm, o efeito na saturação de bases foi linear com a dose utilizada e intensificado na avaliação, nos 12 meses após a aplicação. Na profundidade de 10-20cm não ocorreu efeito significativo.

Figura 27 – Saturação por bases no solo aos três meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria/RS



Fonte: Dados da pesquisa.
* Significativo P < 0,05

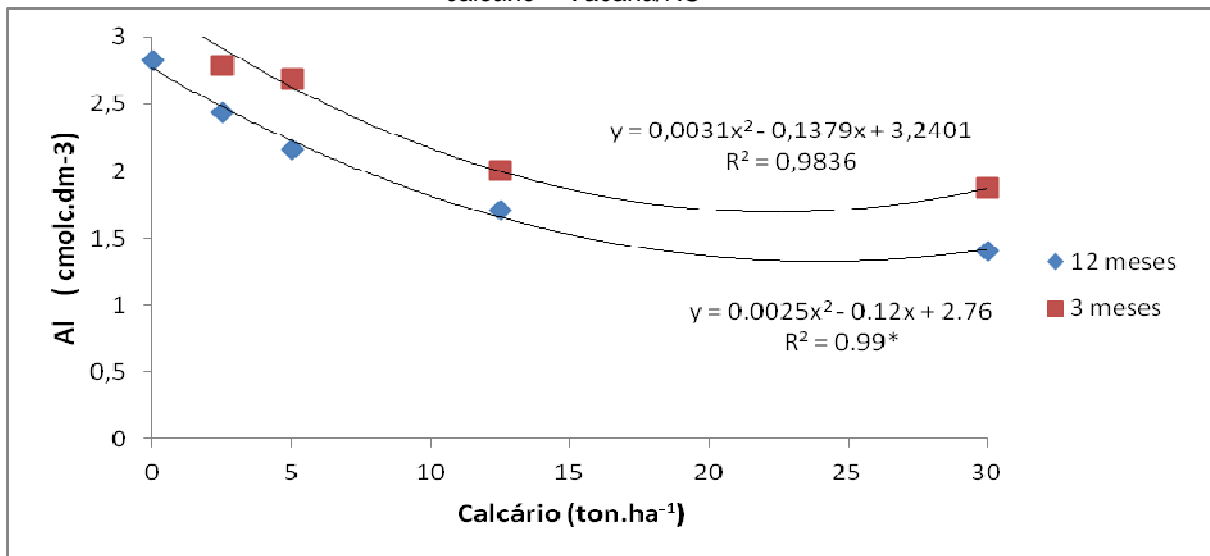
Figura 28 – Saturação por bases no solo, 12 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria/RS



Fonte: Dados da pesquisa.
* Significativo P < 0,05

A aplicação de calcário superficial reduziu os teores de elementos tóxicos, como Al e Mn (Figuras 29, 30 e 31). A redução no Al trocável ocorreu de forma quadrática no solo, com o aumento da dose aplicada, independentemente da profundidade avaliada e da época avaliada, sendo os menores valores observados na avaliação aos 12 meses (Figura 29).

Figura 29 – Teores de Al trocável, três e 12 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria/RS

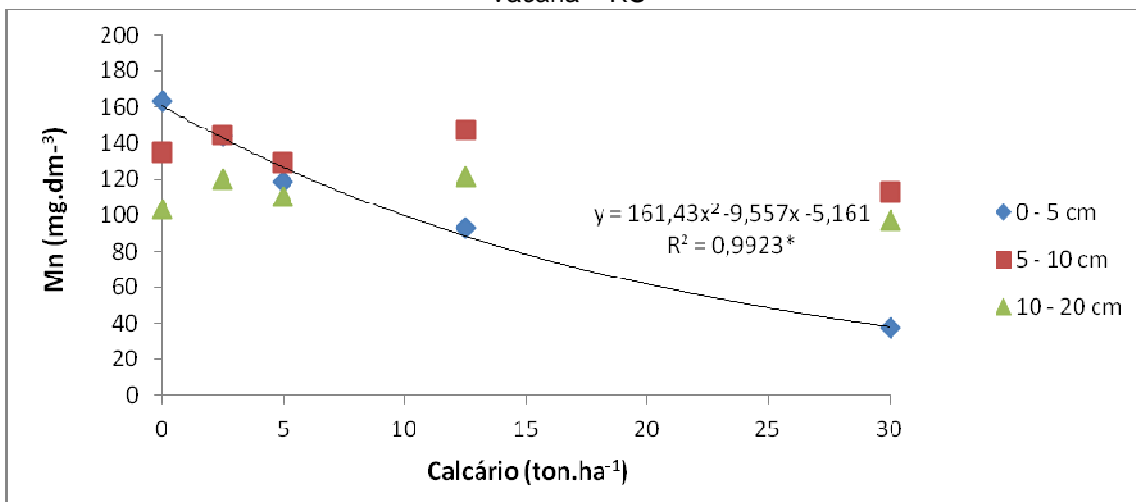


Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo P < 0,05

O manganês, efeito da aplicação superficial do calcário foi diferenciado entre as camadas avaliadas (Figuras 30 e 31). Nos três meses após a avaliação, o calcário reduziu os teores de manganês apenas na profundidade de 0 a 5 cm (Figura 30). Nos 12 meses após a aplicação do corretivo, esse efeito se estendeu até 10cm de profundidade.

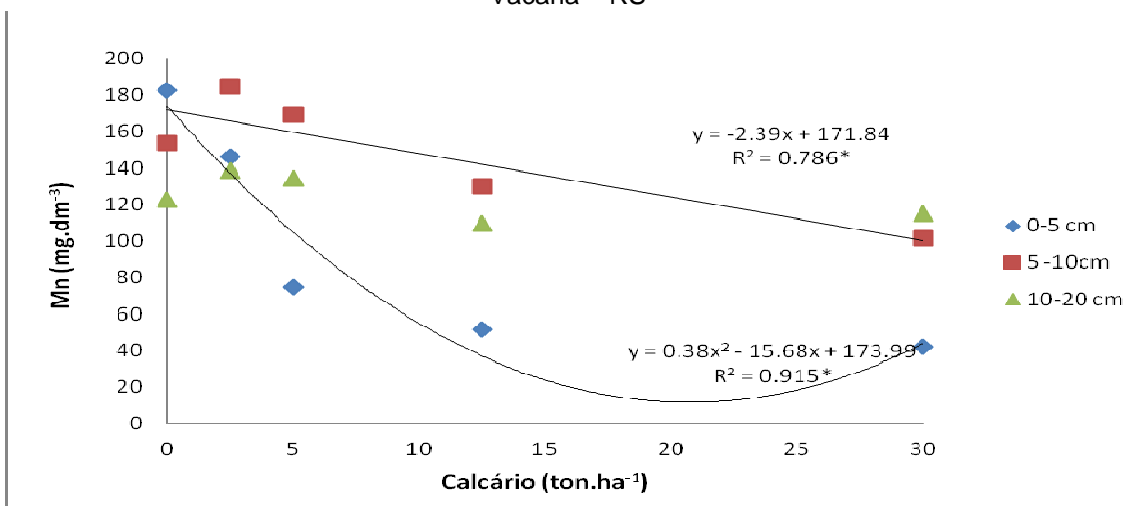
Figura 30 – Manganês no solo, três meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria – RS



Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo P < 0,05

Figura 31 – Manganês no solo, 12 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria – RS

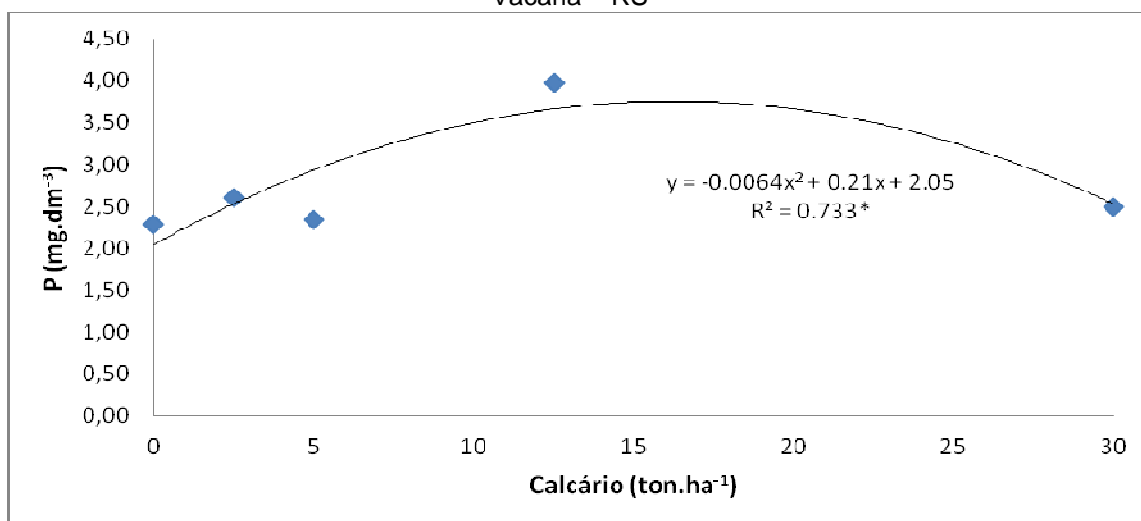


Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo P < 0,05

O teor de fósforo teve um aumento no solo, de forma quadrática, com maior dose de calcário aplicada superficialmente no solo (Figura 32). Esse efeito somente foi significativo nos 12 meses após a aplicação superficial. Portanto, aplicações excessivas de calcário podem reduzir a disponibilidade de fósforo no solo.

Figura 32 – Fósforo no solo, 12 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário – Vacaria – RS



Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo $P < 0,05$.

A aplicação de gesso não apresentou interação com a aplicação de calcário na superfície, em nenhum dos parâmetros avaliados. Portanto, a aplicação de gesso na dose de 6 ton.ha^{-1} , consorciada ao calcário, não influenciou os efeitos químicos e físicos da aplicação do calcário.

4.1.1.3 Experimento 3: Influência da aplicação de calcário e uso do gesso agrícola nas características físicas e químicas do solo

A resistência do solo à penetração na área, sobre sistema de plantio direto, não foi influenciada pela aplicação de altas doses de calcário (8 ton.ha^{-1} e 16 ton.ha^{-1}) na superfície do solo, associada ou não com a aplicação de 6.000 kg.ha^{-1} de gesso, segundo análise de variância (Tabela 24).

Tabela 24 – Análise de variância dos níveis de compactação do solo, após 30 meses da aplicação superficial de diferentes doses de calcário em (Kpa). Bom Jesus – RS

Fontes	GL	SQ	QM	F	p
CALCÁRIO	2	708776.26	354388.1	6.01	0.003128
PROF	7	68575522	9796503	166.14	0
INCORPORADO	1	52143.599	52143.6	0.88429	0.3486
REP	3	136674.41	45558.14	-	-
CALCÁRIO.PROF	14	219351.25	15667.95	0.26571	0.9964
INCORPORADO.PROF	7	2288079.8	326868.5	5.5433	1.183E-005
CALCÁRIO.INCORPORADO	2	255012.89	127506.4	2.1623	0.1189
CALCÁRIO.INCORPORADO.PROF	14	490004.25	35000.3	0.59356	0.8667
RESIDUO	141	8314321.7	58966.82	-	-
TOTAL	191	81039886	-	-	-
C.V. = 14.58 %					

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando foram comparados os métodos de aplicação do calcário para as mesmas dosagens, também não foram detectadas diferenças significativas na compactação do solo (Tabela 25).

Tabela 25 – Níveis de infiltração do solo, 30 meses após a aplicação incorporada e superficial de diferentes doses de calcário agrícola, em um Cambissolo. Bom Jesus – RS

Método aplicação	Compactação
	Pressão (Kpa)
	--
Superficial	1436 ^{ns}
Incorporado	1404
C.V.= 17,09 %	

Fonte: Dados da Pesquisa.

^{ns} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$).

A infiltração de água, outro parâmetro físico avaliado, também não foi afetada pela adição de calcário e gesso na superfície do solo no SPD, conforme análise de variância ($p \leq 0,05$), Tabela 26.

Tabela 26 – Análise de variância ($p \leq 0,05$) dos níveis de infiltração do solo 30 meses após a aplicação superficial de diferentes doses de calcário, Bom Jesus – RS

Fontes	GL	SQ	QM	F	p
CALCÁRIO	2	16487.703	8243.852	0.18209	0.8353
GESSO	1	25705.488	25705.49	0.56779	0.4628
REP	3	168208.35	56069.45	-	-
CALCÁRIO.GESSO	2	87455.725	43727.86	0.96588	0.4031
RESÍDUO	15	679088.65	45272.58	-	-
TOTAL	23	976945.92	-	-	-
C.V. = 28.97 %					

Fonte: Dados da pesquisa.

Entretanto, quando foram avaliados os métodos de aplicação do calcário, incorporado e superficial, houve diferença significativa em termos de infiltração de água no solo (Tabela 27). A taxa de infiltração de água no solo, sem revolvimento (superficial), foi mais que o dobro quando comparada a do solo com incorporação do calcário a 20cm, mesmo após 30 meses do revolvimento do mesmo.

Tabela 27 – Níveis de infiltração do solo, 30 meses após a aplicação incorporada e superficial de diferentes doses de calcário agrícola em um cambissolo. Bom Jesus – RS

Método Aplicação	Infiltração -----mm.h ⁻¹ -----
Superficial	767 A ⁽¹⁾
Incorporado	318 B
C.V.= 43,85 %	

Fonte: Dados da pesquisa.

⁽¹⁾Médias seguidas por pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

O pH apresentou interação entre dose de calcário e profundidade e não foi afetado pela aplicação de gesso agrícola no solo (Tabela 28). Observa-se que a aplicação de calcário afetou as profundidades de 0 a 10cm, avaliadas após três anos de sua aplicação. Os maiores valores de pH foram encontrados

na camada superficial (0-5cm) e no tratamento com a máxima dose de calcário (16 ton.ha⁻¹).

Tabela 28 – Teores médios de pH, no solo em diferentes profundidades, amostradas após 30 meses da aplicação com doses de calcário e gesso agrícola em um cambissolo. Bom Jesus – RS

Prof. --cm--	Calcário ton.ha ⁻¹		
	0	8	16
-----pH H ₂ O-----			
0 a 5	5,93 Ba	6,34 Ba	6,88 Aa
5 a 10	5,25 Bb	5,31 Bb	5,95 Ab
10 a 20	4,66 Ac	4,59 Ac	4,90 Ac
20 a 40	4,48 Ac	4,49 Ac	4,56 Ac
C.V. = 6,62 %			

Fonte: Dados da pesquisa.

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05), sendo que letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

Quanto ao método de aplicação do calcário, observa-se que o pH do solo apresentou diferenças significativas até 20cm de profundidade (Tabela 29). A incorporação do calcário no solo resulta em uma homogeneidade de pH até os 20cm, enquanto que a aplicação superficial eleva o pH nos primeiros 10cm, sendo inclusive superior na camada de 0-5cm em comparação ao incorporado.

Tabela 29 – Teores médios de pH no solo, em diferentes profundidades, amostradas 30 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário, com e sem incorporação em um cambissolo. Bom Jesus/RS

Prof. --cm--	Calcário	
	Superficial	Incorporado
	----- pH _{H2O} -----	
0 a 5	6,37 Aa ⁽¹⁾	5,12 Ba
5 a 10	5,45 Ab	5,40 Aa
10 a 20	4,77 Bc	5,30 Aa
20 a 40	4,51 Ac	4,69 Ab
C.V. = 6,5 %		

Fonte: Dados da pesquisa.

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo que letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

Os teores de matéria orgânica do solo não foram afetados pelas doses de calcário aplicadas superficialmente. Contudo, a incorporação do solo reduziu os teores na camada superficial (0-5cm) independentemente das doses de calcário aplicadas (Tabela 30).

Tabela 30 – Teores médios de matéria orgânica no solo, em diferentes profundidades amostradas 30 meses após a aplicação de diferentes doses de calcário, com e sem incorporação em um cambissolo. Bom Jesus – RS

Prof. --cm--	Calcário	
	Superficial	Incorporado
	----- MO (%) -----	
0 a 5	7.31 Aa ⁽¹⁾	5.96 Ba
5 a 10	5.69 Ab	5.52 Ab
10 a 20	5.40 Ab	5.17 Ab
20 a 40	4.10 Ac	3.91 Ac
C.V. = 8,47 %		

Fonte: Dados da pesquisa.

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo que letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

4.1.1.4 Experimento 4: “Influência de plantas de cobertura no inverno na redução da compactação do solo, sob o sistema de plantio direto consolidado”

4.1.1.4.1 Experimento 4 A

A produção de matéria seca, nos tratamentos com aveia preta e nabo forrageiro, apresentou-se superior em relação aos demais, como mostra a Tabela 31, os quais não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 31 – Produção de matéria seca da parte aérea de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	Matéria Seca
	Kg.ha ⁻¹
Pousio	133, 3 d
Canola	1092,5 c
Aveia preta	5082,5 a
Nabo forrageiro	4450,0 a
Cevada	2117,5 b
CV %	16,37

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade.

A menor produção de matéria seca foi obtida no tratamento pousio. Essa baixa produção no tratamento pousio é de se esperar devido à ocorrência apenas de plantas voluntárias no parcelão. Cabe salientar que a época de semeadura foi padronizada, visando à comparação dos resultados com as mesmas influências climáticas, o que pode ter influenciado também a resposta das culturas em produção de matéria seca. No entanto, a planta de cobertura ideal deve se adaptar às diferentes épocas de semeadura.

As Tabelas 32 e 33 demonstram os teores de macronutrientes e micronutrientes no tecido vegetal das culturas, onde houve variações significativas entre as plantas de cobertura, exceto somente para potássio. Destaca-se a canola com maior absorção de N, P e S. O tratamento pousio apresentou concentrações elevadas de nutrientes, em função da absorção dos mesmos por plantas voluntárias de diversas espécies, existentes na área. No entanto, a baixa produção de matéria seca reduziu o total absorvido (Tabela 34).

Tabela 32 – Concentração de macronutrientes no tecido vegetal da parte aérea de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	% m/m					
Pousio	2,20 a	0,24 ab	3,34 ^{ns}	1,40 a	0,40 ab	0,37 abc
Canola	2,29 a	0,25 a	3,16	1,16 ab	0,32 b	0,58 a
Aveia preta	1,21 b	0,11 c	2,12	0,22 c	0,11c	0,12 c
Nabo forrageiro	1,61 ab	0,14 bc	2,87	1,22 ab	0,45 a	0,44 ab
Cevada	1,40 ab	0,16 abc	2,25	0,46 bc	0,17 c	0,17 bc
CV %	23,75	26,08	21,89	41,29	19,00	36,65

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo pela análise de variância a 5% de probabilidade.

Tabela 33 – Concentração de micronutrientes no tecido vegetal da parte aérea de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	mg/kg				
Canola	29,1 ab	7,7 b	172,2 c	293,3 b	11,7 b
Cevada	21,3 b	7,1 b	142,9 c	90,3 c	3,4 c
Nabo forrageiro	27,2 ab	3,4 bc	251,6 bc	156,9 bc	13,3 b
Aveia preta	28,3 ab	6,4 bc	634,4 a	196,5 bc	2,5 c
Pousio	58,2 a	14,5 a	319,0 b	662,1 a	24,5 a
CV %	48,9	14,9	17,5	24,1	15,2

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 34, são apresentados os dados de nutrientes totais por hectare absorvidos pelas diferentes coberturas de solo, obtidos através dos teores de nutrientes no tecido e da produção de matéria seca. Os tratamentos com aveia e nabo demonstraram grande capacidade de reciclar N, em relação aos demais, devido a sua alta produção de matéria seca (Tabela 31) e concentração existente de N, no tecido vegetal (Tabela 32).

Em relação à reciclagem dos micronutrientes, a aveia preta e o nabo forrageiro demonstraram grande capacidade em reciclar Zn, Cu e Mn, em relação aos demais, como mostra a Tabela 35. O teor de B foi maior na cultura do nabo forrageiro e de Fe na cultura da aveia preta.

Tabela 34 – Nutrientes absorvidos na matéria seca de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg.ha ⁻¹					
Pousio	3,2 c	0,4 d	4,4 c	2,2 b	0,6 c	0,7 c
Canola	24,8 bc	2,5 c	34,3 bc	12,5 b	3,4 bc	6,3 b
Aveia preta	61,3 a	5,4 ab	107,6 a	11,3 b	5,9 b	5,9 b
Nabo forrageiro	72,0 a	6,2 a	127,5 a	54,5 a	19,9 a	19,8 a
Cevada	30,2 b	3,4 bc	47,4 b	10,4 b	3,6 bc	3,6 b
CV %	25,00	25,84	20,97	18,17	24,59	17,16

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade.

Tabela 35 – Micronutrientes acumulados na matéria seca de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	g.ha ⁻¹				
Pousio	7,8 c	1,8 d	37,5 c	145,6 b	3,4 b
Canola	31,7 b	8,4 cd	192,4 c	319,6 b	12,7 b
Aveia preta	139,5 a	32,3 a	3213,0 a	1059,1 a	13,4 b
Nabo forrageiro	123,9 a	17,6 b	1129,9 b	715,1 ab	59,2 a
Cevada	45,3 b	15,3 bc	298,6 c	188,4 b	7,3 b
CV%	50,15	23,23	22,17	66,80	22,30

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5%.

A compactação do solo apresentou efeito significativo entre os tratamentos, porém sem interação com as profundidades avaliadas. O tratamento com canola e aveia demonstrou maior capacidade em descompactar o solo e diferiu dos tratamentos com pousio e nabo, que apresentaram maior resistência à penetração, como demonstra a Tabela 36.

Tabela 36 – Compactação do solo em cada tratamento, após o manejo das plantas de cobertura em kPa de pressão. Vacaria – RS

profundidade (cm)	Pousio	Canola	Aveia preta	Nabo forrageiro	Cevada
0-40	1749,2 a	1489,4 b	1528 b	1671,6 a	1626,9 ab
CV %	18,14				

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com o nível de 5%.

4.1.1.4.2 Experimento 4 B

A maior produção de matéria seca (produção de palha) foi observada no tratamento com aveia preta, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, e não diferiu apenas com o tratamento com nabo forrageiro (Tabela 37).

Tabela 37 – Produção de matéria seca da parte aérea de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	Matéria Seca
	Kg.ha ⁻¹
Pousio	765,55 b
Aveia branca	643,12 b
Aveia preta	2336,75 a
Nabo forrageiro	1393,30 ab
Ervilhaca	837,72 b
CV %	49,71

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade.

As Tabelas 38 e 39 apresentam os teores de macronutrientes e micronutrientes no tecido vegetal das culturas, em que destaca-se a ervilhaca com elevados teores N, P, K, Ca e Mg. O nabo forrageiro, quando comparado à aveia preta, apresentou teores iguais de N, K, maiores de Ca, Mg e S e menores apenas de P, no tecido vegetal.

Tabela 38 – Concentração de nutrientes no tecido vegetal da parte aérea de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	% m/m					
Pousio	1,795 ab	0,152 bc	2,120a	0,270c	0,425 a	0,192b
Aveia branca	1,746 ab	0,260 a	1,250b	0,165c	0,192b	0,178b
Aveia preta	1,616 b	0,220 ab	1,100b	0,185c	0,179 b	0,165b
Nabo forrageiro	1,564 b	0,130 c	1,230b	0,705b	0,393 a	0,355a
Ervilhaca	2,060 a	0,236 a	2,520a	0,912a	0,414a	0,262ab
CV %	17,187	24,479	20,590	16,638	14,703	22,576

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo pela análise de variância a 5% de probabilidade.

Tabela 39 – Concentração de micronutrientes no tecido vegetal da parte aérea de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	mg.kg ⁻¹				
Pousio	17,240b	10,07b	468,83 a	181,691 ^{ns}	13,26 a
Canola	33,822a	8,119b	303,60 bc	251,60	5,774 b
Aveia preta	37,710a	8,252b	351,97 abc	44,024 a	6,466b
Nabo forrageiro	29,160ab	5,831c	434,89 ab	99,979 a	13,85 a
Cevada	49,890a	12,149a	220,48 c	239,65 a	16,134a
CV %	30,73	15,928	30,527	92,901	27,596

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo pela análise de variância a 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 40 e 41 são apresentados os dados de nutrientes totais por hectare, absorvidos pelas diferentes coberturas de solo, obtidos através dos teores de nutrientes no tecido, e da produção de matéria seca. A aveia preta apresentou maior acúmulo dos nutrientes N, P, Mg, Zn, Cu e B. O nabo forrageiro não diferiu da aveia, apresentando elevada extração de Ca, Mg, S e Zn.

A maior extração de grande parte dos macros e micronutrientes, na aveia preta, pode ser atribuída à sua maior produção de MS encontrada nesse experimento.

Tabela 40 – Nutrientes acumulados na matéria seca de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg/ha ⁻¹					
Pousio	11,34 b	0,94 b	16,19 ^{ns}	2,18 b	2,78 ab	1,33 c
Aveia branca	12,74 b	1,87 b	8,04	1,21 b	1,40 b	1,26c
Aveia preta	50,79 a	6,92 a	26,67	5,68 ab	5,93 a	5,40 a
Nabo forrageiro	24,84 b	1,97 b	16,19	10,01 a	6,05 a	4,00 ab
Ervilhaca	20,33 b	2,39 b	21,20	8,81 a	4,07 ab	2,84 bc
CV%	57,048	54,541	63,590	52,72	63,227	57,782

Fonte: Dados da pesquisa.

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Tabela 41 – Micronutrientes acumulados na matéria seca de de diferentes plantas de cobertura de inverno. Vacaria – RS

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	g.ha ⁻¹				
Pousio	16,06b	6,274b	395,35 ^{ns}	112,12 ^{ns}	8,09 ab
Aveia branca	26,95 ab	5,915b	207,10	168,76	4,18b
Aveia preta	101,10 a	26,42 a	739,23	143,68	21,52 a
Nabo forrageiro	86,72 ab	8,624 b	505,83	149,95	20,57 a
Ervilhaca	53,07ab	11,946 b	148,13	244,85	15,76ab
CV%	96,23	45,33	62,34	79,11	66,18

Fonte: Dados da pesquisa.

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).^{ns} não significativo, na coluna, pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Nesse experimento, não foram observadas diferenças significativas na compactação do solo, com as diversas plantas de cobertura avaliadas (Tabela 42). Portanto, não comprovando os resultados do experimento A. O efeito das plantas de cobertura, na compactação do solo pode ser um efeito lento e cumulativo; portanto, de difícil detecção nos anos iniciais, em função da variabilidade dos solos.

Tabela 42 – Compactação do solo em cada tratamento, após o manejo das plantas de cobertura em kPa de pressão. Vacaria – RS

Profundidade (cm)	Pousio	Aveia branca	Aveia preta	Nabo forrageiro	Ervilhaca
0-45	1289,9 ^{ns}	1457,3	1262,7	1384,3	1298,7
CV %	21,12				

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5%.

Quanto à produção de soja cultivada após as plantas de cobertura de solo não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 43). O nutriente com maior ciclagem entre as plantas de cobertura foi o nitrogênio e, como este normalmente não é utilizado na adubação da cultura da soja, pode não ter refletido em diferenças de produtividade nesta cultura de verão.

Tabela 43 – Análise de variância da produtividade da cultura da soja em sucessão a diferentes plantas de cobertura, na área compactada. Vacaria – RS

Fontes	GL	SQ	QM	F	p
COBERTURAS	4	104473.12	26118.28	0.94033	0.4737
REP	3	265431.25	88477.08	-	
RESÍDUO	12	333309.38	27775.78	-	
TOTAL	19	703213.75	-	-	

Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.1.5 Conclusões

4.1.1.5.1 Experimento 1

O corretivo de acidez – lama de cal – tem efeito mais rápido na correção da acidez, quando comparado ao calcário de rocha; no entanto, em 90 dias e 12 meses após a aplicação, ambos apresentam o mesmo efeito.

Em 12 meses, os corretivos *lama de cal* e *calcário de rocha* atingem profundidades iguais e/ou superiores a 10cm na correção do pH.

A aplicação de calsite, na dose de 20% sobre os demais corretivos (PRNT 100%), apresenta efeito inferior na correção da acidez, quando comparado à lama de cal e calcário calcítico.

A aplicação da máxima dose de corretivos de acidez, recomendada pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), para aplicação superficial, apresenta efeito residual em 24 meses, porém em relação aos 12 meses, esse efeito tende a regredir em solos com elevada acidez potencial.

As produtividades de milho e trigo não foram influenciadas pelas melhorias nas características químicas obtidas pela aplicação dos corretivos de acidez.

A lama de cal eleva os teores de sódio em todas as profundidades avaliadas; porém, não excede a saturação de percentual de Na da CTC, nas doses de 5 ton/ha.

A aplicação dos diferentes corretivos de acidez, em superfície na dose de 5 ton/ha (PRNT 100%) não ocasiona compactação do solo, após transcorridos 24 meses de sua aplicação.

4.1.1.5.2 Experimento 2

A aplicação de calcário em doses acima das recomendadas (até 30 ton/ha) não promove a dispersão das partículas de argila no solo, após 4 e 12 meses de sua aplicação superficial.

A calagem não afetou a infiltração de água no solo, após 12 meses da aplicação de calcário e gesso agrícola superficialmente, mesmo após a aplicação de 30 ton/ha.

Nesse experimento, ficaram evidentes melhorias nas propriedades químicas do solo, com o aumento da dose de calcário aplicado superficialmente, pois aumenta o pH e aumenta a saturação por bases, já aos quatro meses, e intensificada aos 12 meses, até pelo menos 10cm de profundidade, além de reduzir o teor dos principais elementos que reduzem a produtividade das culturas, como Al^{+3} e Mn. Porém, reduzem a disponibilidade

de micronutrientes como o Cu, e doses acima de 12,5 ton/ha reduzem os teores de importantes nutrientes como P.

A aplicação do gesso agrícola, associada ao calcário, não promove efeito na dispersão de argila, na compactação do solo e na infiltração de água no solo.

4.1.1.5.3 Experimento 3

Os parâmetros físicos de solo avaliados, a compactação do solo e a infiltração de água, não foram influenciados pelo emprego de doses elevadas de calcário (8 e 16 ton/ha), e gesso agrícola (6 ton/ha) após 30 meses da aplicação em superfície.

A calagem superficial reduziu a acidez do solo até a profundidade de 10cm, enquanto que a incorporação atingiu a profundidade de 20cm.

A infiltração de água no solo foi afetada pelo método de aplicação do calcário, sendo inferior nos tratamentos com incorporação de calcário, comparada a sua aplicação superficial.

A incorporação do calcário reduz os teores de matéria orgânica do mesmo, na camada superficial do solo.

4.1.1.5.4 Experimento 4

O nabo forrageiro e a aveia preta demonstram maior capacidade em produzir matéria seca e de absorver/reciclar nutrientes em relação aos demais tratamentos.

4.2 Boas práticas ambientais no manejo de solos ácidos

Conforme observado na pesquisa executada, os solos da região dos Campos de Cima da Serra apresentam caráter fortemente ácido. Porém, apresentam ainda uma estrutura pedológica forte e altos teores de argila, permitindo que a aplicação de calcário na superfície possa ser utilizada nas

doses necessárias para a correção química, sem prejuízos às características físicas do solo, como a compactação e infiltração de água.

Essa prática é ambientalmente mais amigável, pois proporciona uma alteração química que não irá impactar fortemente a condição física, reduzindo a chance de a prática da calagem nos solos da região causar um impacto ambiental expressivo.

Assim, a aplicação de calcário na superfície é uma boa prática de correção do solo, podendo ser listada também como uma boa prática ambiental, que visa a manter as características físicas de solo. No entanto, a correção do solo fica restrita às camadas superficiais, conforme demonstrado no experimento.

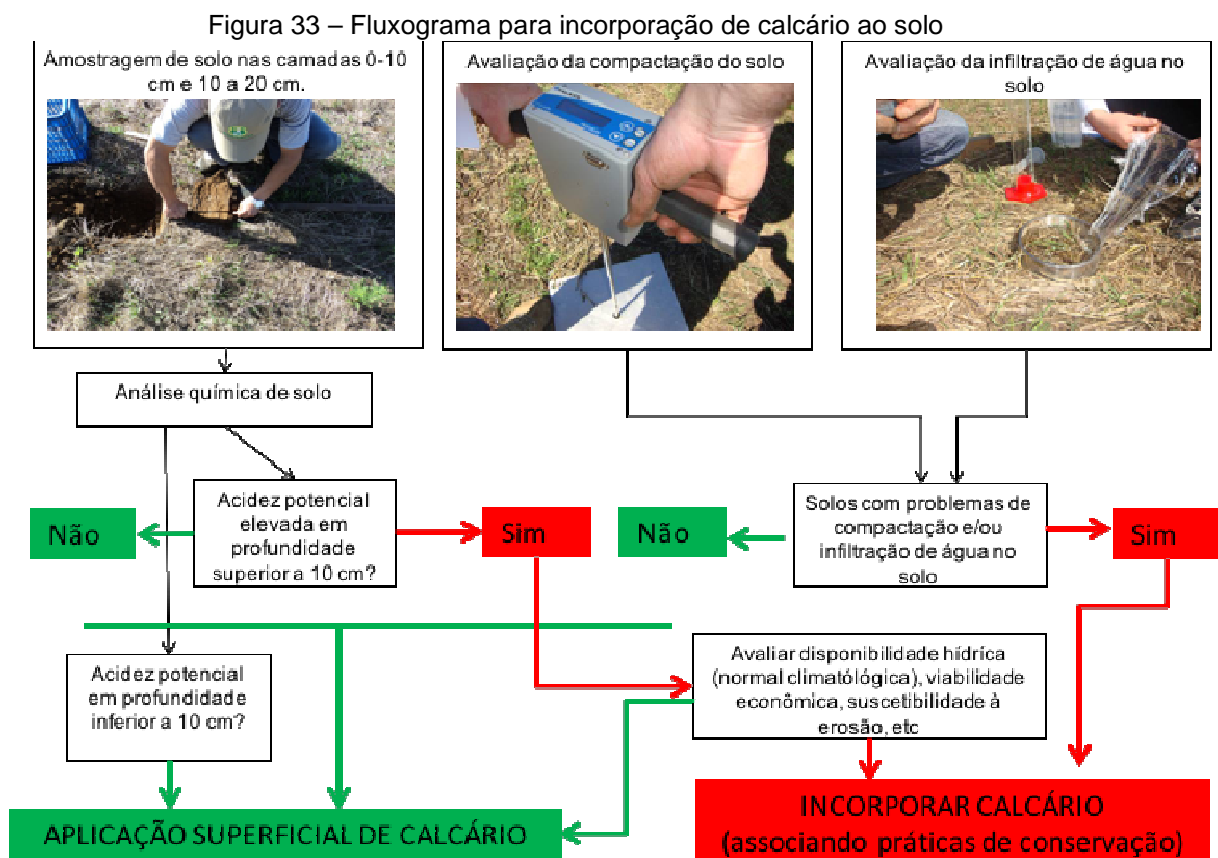
A incorporação do calcário, em maiores profundidades no solo, melhora as condições químicas nas camadas incorporadas, atingindo camadas mais profundas em relação à aplicação superficial; porém, a fim de manter o escopo das boas práticas ambientais recomendadas para a agricultura da região, deverá estar obrigatoriamente associada a práticas de conservação do solo, pois a mesma diminui a taxa de infiltração de água pelo menos até três anos após a incorporação.

A opção entre aplicar calcário superficial ou incorporado deve levar em consideração outros fatores, tais como: disponibilidade hídrica, viabilidade econômica, suscetibilidade à erosão, dentre outros. Assim, a prática de se observar a propriedade integral, em um enfoque holístico, compreendendo as inter-relações possíveis entre as diversas práticas e atividades agrícolas, permite a condução do processo de boas práticas ambientais baseadas no planejamento.

Uma das práticas que devem ser recomendadas em conjunto com a calagem, na região dos Campos de Cima da Serra, é a utilização de plantas de cobertura, como a aveia preta e o nabo forrageiro, no período de inverno, pois a mesma aumenta a ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio, reduzindo suas perdas por lixiviação, e ajuda a recompor a matéria orgânica do solo, que também atua como um sistema tampão para a sua acidez. Dessa forma, pode-se reduzir o impacto da incorporação do calcário, quando

necessária, e agregar mais matéria orgânica ao sistema, independentemente da forma de aplicação dos corretivos de acidez.

Por fim, procurando melhor ilustrar as boas práticas aqui propostas, a Figura 33 apresenta um fluxograma para orientar os produtores na tomada de decisão sobre a metodologia de incorporação de calcário ao solo, com base nas características do mesmo.



Fonte: UCS/Vacaria, RS.

5 Boas práticas ambientais agrícolas utilizando agricultura de precisão

5.1 Introdução

As Boas Práticas Ambientais Agrícolas (BPAAs) são vistas em muitos países, como a recomendação mínima que um agricultor deve seguir, a fim de continuar produzindo alimentos de forma economicamente rentável, mas através da redução do impacto ao ambiente, garantindo ainda a segurança do alimento ao consumidor.

As BPAAs podem assumir diferentes formas, como, por exemplo, governamentais ou privadas, unificadas ou difusas, dentre outras. Quando as normas são emitidas pelos governos dos países, elas assumem caráter oficial, podendo ser fiscalizadas de diferentes formas, como auditorias para programas oficiais ou mesmo através da cobrança de multas. Porém, dependendo do interesse em jogo, as normas podem ser criadas por e para grupos de interesse particular, atendendo critérios e objetivos específicos.

Quando as normas são reunidas em um conjunto ou sistema, elas podem ser consideradas unificadas. Caso as normas de boas práticas ambientais possam ser reconhecidas no conjunto de leis da nação, elas podem ser chamadas de difusas.

No Brasil, as BPAAs governamentais são encontradas principalmente na forma difusa, podendo estar vinculadas ainda à segurança do alimento ou do trabalhador rural; porém, há programas oficiais que as incluem como segmentos específicos de determinados programas. Já as BPAAs privadas podem ser encontradas em programas desenvolvidos por supermercados ou atacadistas, nacionais ou internacionais.

Em todos os casos, os processos de boas práticas envolvem etapas de educação e de gerenciamento ambiental, podendo incluir aferidores que envolvem a avaliação dos impactos ambientais ou não. Para se atingir esses objetivos, é necessária a adoção de ferramental de apoio, que, muitas vezes, não foi criado com esse objetivo. Esse é o caso da aplicação da Agricultura de Precisão, conjunto de técnicas criadas para apoio à produção agropecuária,

mas que, devido às suas características, encaixa-se perfeitamente para a prática de gestão ambiental.

5.2 Organizando o ambiente produtivo e sua relação com as boas práticas ambientais

Muito se discute sobre a dificuldade de se produzir alimentos no Brasil de maneira menos impactante; entretanto, poucos realmente se dedicam a buscar esta redução, de forma a envolver todas as dimensões que afetam o ambiente, a social, a econômica e a ecológica.

A única forma de reduzir este distanciamento é a consideração destas três dimensões no momento do planejamento, aceitando que a propriedade é a sua base mínima de gerenciamento, uma vez que é a dimensão principal, na qual o proprietário tem a possibilidade de controle do que ocorre dentro dos seus limites. Este será o ambiente a ser gerido no processo decisório.

Entretanto, todo planejamento deve, sempre, partir de uma base física, que permita que todas as pessoas envolvidas no processo possam ler e entender todos os passos do processo. Essa base física, no caso da agricultura, tem de ser, no mínimo, um mapa.

Aqui começa a ser demonstrada a oportunidade que a AP fornece às boas práticas ambientais, pois não só tem como obrigação a existência de um mapeamento das áreas, como também demanda a coleta de diversos dados do ambiente produtivo, que podem ser também aproveitados no gerenciamento ambiental de uma área.

Utilizando sistemas de gestão conhecidos, como a ISO 14.000, já fica clara essa conjunção de atividades, uma vez que permite a utilização de um sistema de planejamento, como o proposto neste trabalho, para a criação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), adicionando-se alguns tópicos mais específicos, como auditorias internas e um sistema de análise crítica ao SGA.

Entretanto, a falta de um sistema de certificação não é motivo para que o interessado em introduzir boas práticas ambientais, em sua propriedade, não o faça. A aplicação desta sistemática é de uso livre, e também proporciona a chance ao produtor de usufruir ferramentas simples, que permitam a

organização de seu ambiente produtivo, baseadas nas propostas atuais do que é a moderna agricultura de precisão, com base em planejamento e não mais em maquinário.

Portanto, ter ou aplicar Boas Práticas Agropecuárias não é necessariamente uma obrigação, mas uma maneira de melhor gerenciar o sistema produtivo, aproveitando as melhores ferramentas disponíveis, pensando no ambiente, na lucratividade do agronegócio e no destinatário final, o consumidor.

5.3 Planejamento da gestão ambiental para aplicação em BPAS, usando as bases da agricultura de precisão

O objetivo de se executar um planejamento ambiental de uma atividade é alcançar o estágio mais próximo possível do desenvolvimento sustentável, ou procurar sempre maximizar a produção e o lucro e reduzir o dano ambiental provocado.

Uma das formas de se atingir esta meta, baseada em planejamento, é lançando mão de ferramentas próprias para isso e, dentre as muitas ferramentas disponíveis pela AP, uma das maneiras mais fáceis de criar o plano ambiental de uma propriedade é através das chamadas *matrizes* ou *planos de gestão*.

Existem diversos tipos e modelos, mas, para os fins aqui propostos, esta *matriz*, ou *plano de gestão*, deverá, no mínimo, responder as questões básicas: *onde*, *o que*, *quando* e *como fazer*, para haver a redução dos impactos e a melhoria da qualidade ambiental da área. Isto pode ser atingido em cinco passos.

Passo 1 – Mapeamento ou definição da área física: o produtor, obrigatoriamente, deverá dispor de um mapa físico de sua unidade de trabalho. O ideal é um mapa topográfico planialtimétrico (Figura 35), uma vez que será possível delimitar áreas e as alturas, através das curvas de nível.

Para fins de eventual certificação de boas práticas agropecuárias, cujo programa solicite a criação de um SGA, sem prover um modelo próprio,

recomenda-se que, na falta de um mapa, no primeiro ano do sistema e na adaptação ao segundo ano, o auditor possa aceitar um croqui (Figura 36), nesse período.

O croqui se diferencia dos mapas mais detalhados pela falta de escalas, enquanto que o mapa planimétrico só apresenta detalhes no delineamento da propriedade. Por outro lado, as imagens de satélite podem ser ferramentas úteis, mas falham em pormenorizar os detalhes altimétricos.

Figura 35 – Exemplo de mapa topográfico planialtimétrico

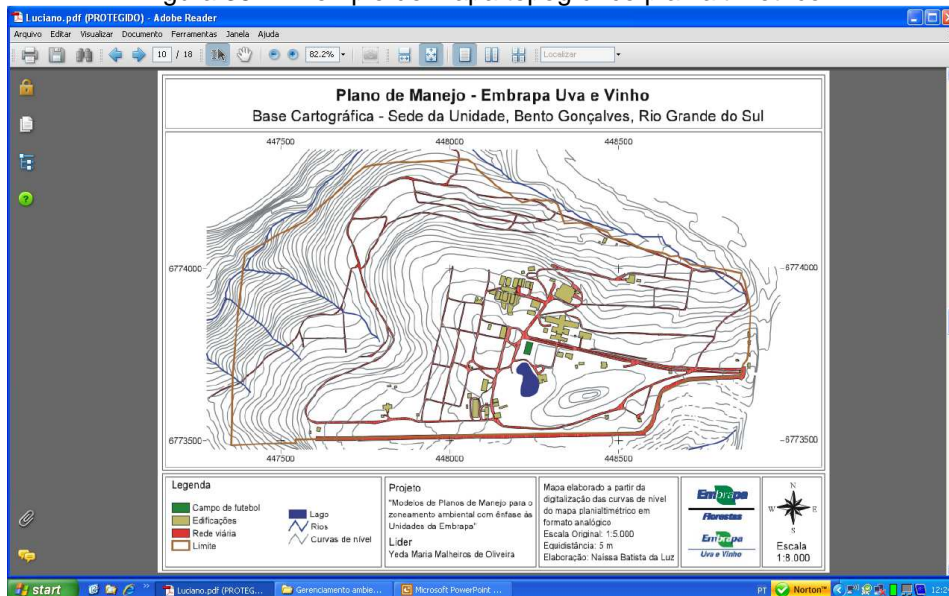
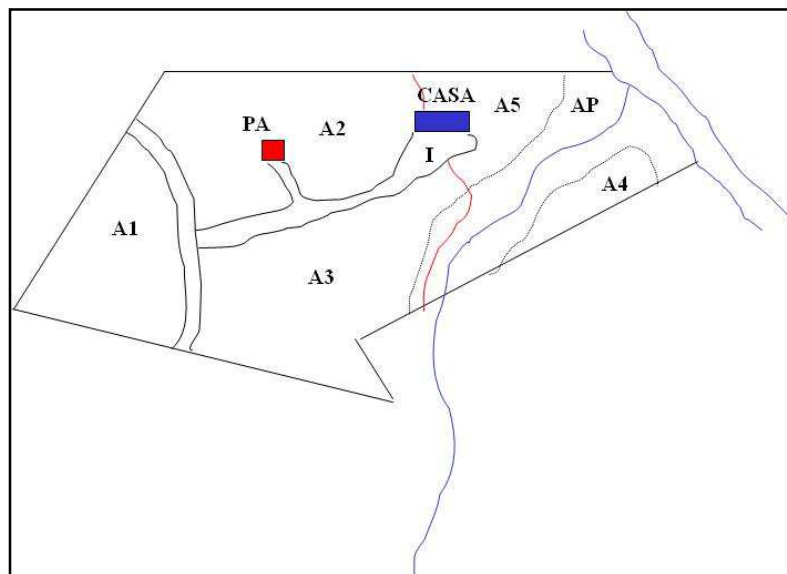
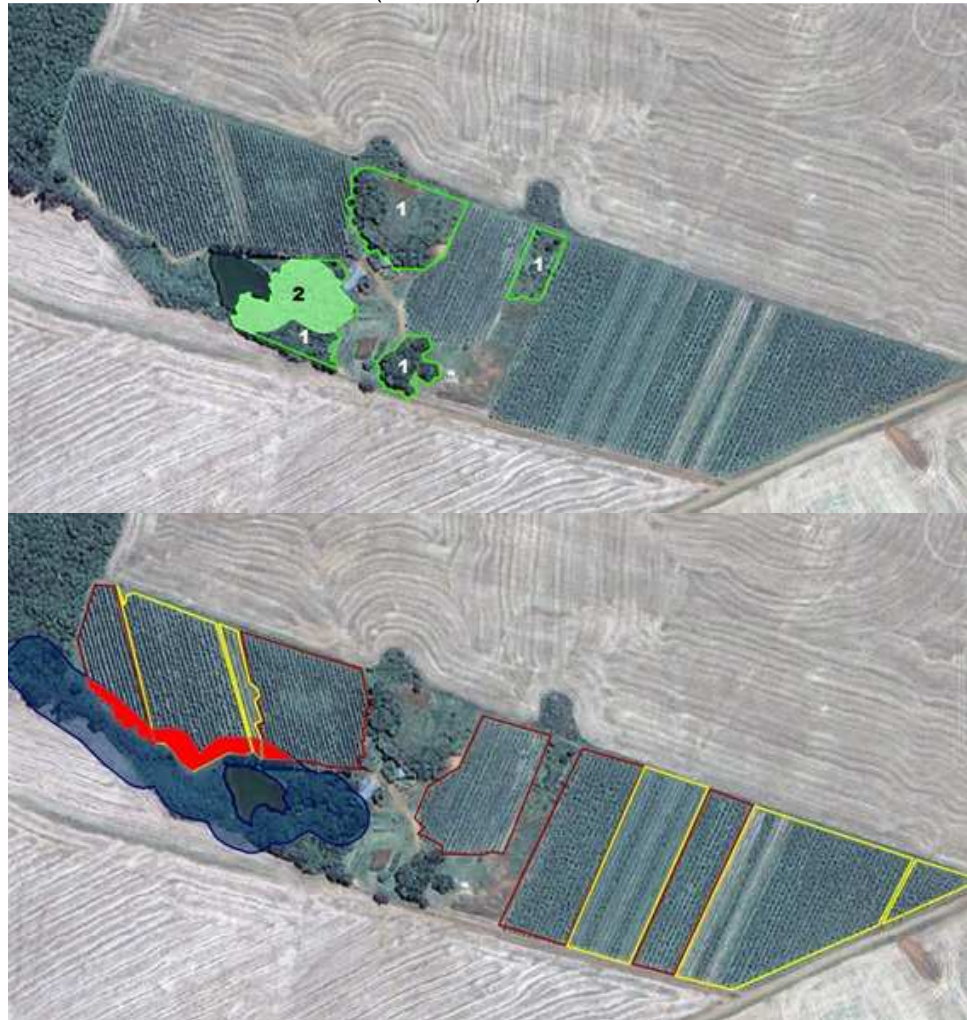


Figura 36 – Croqui de uma área agrícola hipotética



Atualmente, é possível lançar mão de ferramentas cada vez mais detalhadas a custos cada vez mais baixos. Em algumas situações geográficas, com a disponibilização de imagens de satélites gratuitas na internet, é possível partir para o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), através de imagens de satélite e *softwares* muitas vezes gratuitos. Assim, o produtor aplicará a agricultura de precisão, como suporte ao planejamento ambiental da propriedade (Figura 37).

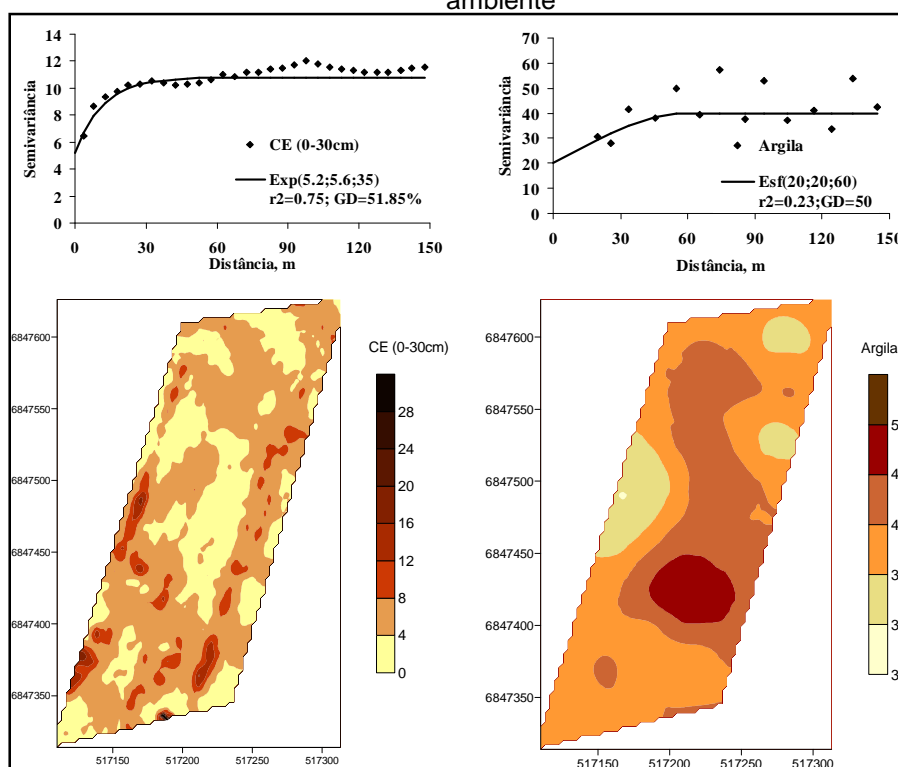
Figura 37 – Uso de agricultura de precisão em planejamento ambiental de pequena propriedade rural, apresentando em sequência a introdução de dados georreferenciados, a introdução da reserva legal e a avaliação das áreas em conflito (em vermelho) com as APPs (em azul)



Fonte: Schrammel & Gebler (2011).

Por fim, uma vez que o produtor tenha adotado as práticas previstas na AP, os mapas de estudo de variabilidade do ambiente também são úteis, a fim de fornecer mais dados sobre como tratar as diferentes condições do ambiente (Figura 38).

Figura 38 – Semivariogramas e mapas para a expressão da variabilidade do ambiente



Fonte: Bassoi et al., 2014)

Passo 2 – Definição das áreas de risco: sobre o conjunto de informações fornecido pelos mapas na fase anterior, o produtor deverá assinalar onde estão os locais que apresentam riscos ambientais, ordená-los por letras ou números, que correspondam à mesma marcação no plano de gestão de riscos, a ser confeccionado na etapa seguinte.

É importante considerar e anotar também as ações já planejadas ou em adoção pelos processos de AP, que contribuem para melhorar futuramente a gestão de riscos, em sequência.

Nessa fase, é importante contar com a ajuda de um técnico, que poderá aconselhar quanto aos riscos ocultos da atividade. O objetivo principal é que haja a compreensão que os riscos são resultado da seguinte expressão:

RISCO (%) = PERIGO X EXPOSIÇÃO

Como se pode notar na expressão, o risco é um valor provável, baseado em probabilidade. Como é um valor em percentual, quanto maior seu valor, mais provável será que o dano aconteça.

Avaliar o risco pode ser confuso muitas vezes. Em alguns casos, o que causa dano não é aquilo que é reconhecidamente perigoso, que deverá estar bem guardado e pouco exposto, mas, sim, objetos ou situações que “aparentemente” são seguras e de uso cotidiano. Normalmente apresentam pouco perigo e, por isto, o indivíduo se permite a uma exposição prolongada, podem provocar maiores riscos.

Por exemplo, muitos sabem que, na bateria dos veículos, existe um ácido que queima forte; por isto, evita-se brincar ou manusear tal equipamento de forma desprotegida e descuidada. Entretanto, o ácido do limão (fruta), quando derrubado sobre a pele e exposto ao sol, pode causar queimaduras bastante intensas e dolorosas.

No primeiro caso, o perigo é grande, mas há pouca possibilidade de exposição, pois as baterias ou ficam guardadas em locais fechados, ou estão em funcionamento no cofre dos motores dos veículos; no segundo, o perigo é baixo, mas a possibilidade de exposição aumenta, pois o limão é facilmente encontrado e caracterizado como alimento. O que é necessário agora é tentar quantificar os valores de perigo e exposição para cada situação ou local e como isso resultará em uma porcentagem de risco.

Comparando-se duas profissões, ou pessoas, por exemplo um mecânico e uma dona de casa, é possível determinar diferentes riscos em cada caso. Para o primeiro, há grande probabilidade de trabalhar com baterias de veículos (maior perigo), mas pouca probabilidade de estar associado a limões. Isto significa que o risco envolvendo ácido de bateria é alto e o do ácido do limão é baixo.

Já para a segunda, é pouco provável que donas de casa trabalhem com baterias de veículos, mas muito provável que trabalhem com limões (maior exposição). Assim, nesta situação, o risco de queimaduras com ácido de limão é muito maior que o de queimadura com ácido de bateria.

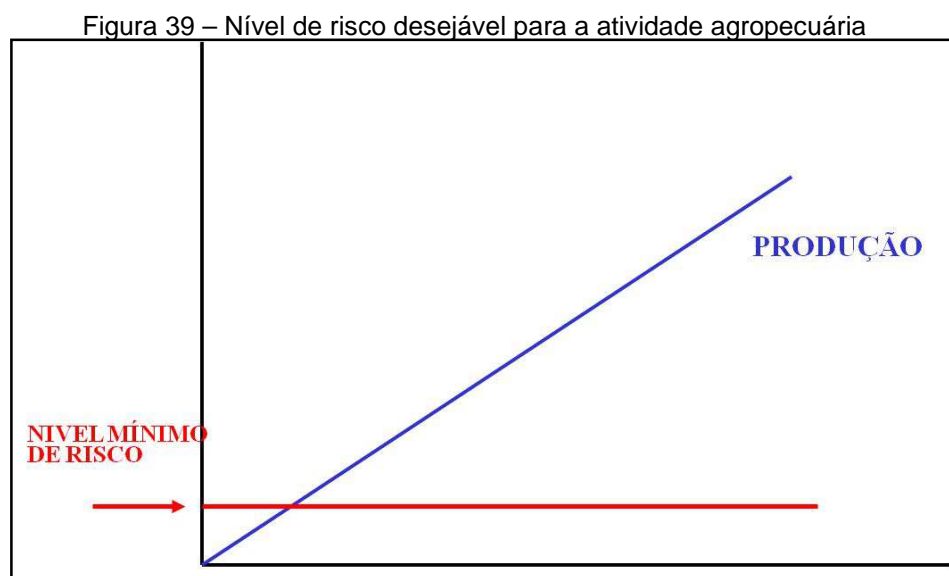
O desafio é calcular o risco para cada uma das situações na atividade agropecuária em análise, sempre levando em consideração a multiplicação do nível de perigo com a chance de exposição.

Portanto, os riscos podem ser variados e diferindo de local para local. Eles podem se originar de fontes biológicas (risco de doenças ou águas contaminadas), químicas (agroquímicos, combustíveis), ou físicas (instrumentos ou situações que causam machucaduras).

Além disso, quando a análise é direcionada à questão ambiental, o foco deve desviar-se dos riscos ao ser humano e avaliar ações ou coisas que causem danos ao ambiente (sócio, econômico e natural), como ocorrência de erosão, extinção de espécies, esgotamento de recursos naturais, derrames acidentais, locais contaminados, dentre outros.

Nesta fase pode-se lançar mão de ferramentas de apoio, como a criação de *check-lists* ou modelos matemáticos. O importante é tentar levantar o máximo possível de riscos, vinculando-os com uma área ou atividade determinada.

Logo, o objetivo final desta etapa é proporcionar ao produtor uma linha de trabalho que permita aumentar a produção, sem aumentar o risco além do mínimo (Figura 39), uma vez que risco zero é impossível.



Passo 3 – Plano de gestão de riscos: o produtor elenca os riscos como foram sendo assinalados no mapa, nominando e descrevendo cada item e, ao lado, apontando as ações que serão tomadas, para diminuir ou resolver os problemas de risco ambiental. No texto, deve constar ainda o prazo que o produtor está considerando necessário para solucionar o problema.

Apesar de não ser obrigatória uma formatação específica para este texto, o produtor pode lançar mão de algumas das ferramentas de diferentes áreas, que acabam agrupando este e outros passos, em uma mesma folha, como é o caso da matriz de mitigação de problemas.

Um modelo de matriz de mitigação de problemas pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplo de matriz de mitigação de problemas em planos de gestão ambiental

PROBLEMA INICIAL	AÇÃO INICIAL	PROBLEMA RESULTANTE	AÇÃO MITIGADORA
1 – Existência de embalagens vazias de agrotóxicos	1.A – Efetuar recolhimento das embalagens logo após a execução da tríplex lavagem e entregá-las imediatamente ao ponto regional de recepção, não as armazenando na propriedade	O volume gerado por sessão de tratamento é extremamente reduzido, não permitindo racionalização de custo que permita a ação	
	1. B – Efetuar recolhimento das embalagens logo após a execução da tríplex lavagem e armazená-las em local apropriado, até alcançar um volume suficiente para sua entrega ao ponto regional de coleta	1.B.1 – Há necessidade de um depósito de embalagens vazias na propriedade dentro dos padrões legais exigidos	
		1.B.2 Há falta de caminhão que faça o transporte deste resíduo na propriedade	
2 – Erosão nos talhões produtivos e nas estradas	2.A – Efetuar cobertura vegetal nos talhões e reconfiguração do traçado das estradas	2.A.1 – Falta de sementes para plantio	
		2.A.2 – Traçado não pode ser alterado	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Passo 4 – Plano de mitigação de problemas: nesse passo, o produtor inclui as soluções a serem tomadas para cada um dos riscos elencados no passo anterior, levando em conta o prazo que ele mesmo estipulou. O diferencial neste passo é que são introduzidas alternativas, caso a primeira proposta não se mostre efetiva ou viável, conforme o planejado inicialmente.

Um dos pontos de grande importância, em todo o processo, é o comprometimento temporal do planejamento (quando fazer), que é feito segundo a decisão do planejador. Isto possibilita que, ao construir ou gerenciar o plano, leve em consideração os eventuais problemas, que podem ocorrer ao longo do tempo, como eventos climáticos não previstos, mudanças de rumo na atividade, variabilidade econômica, dentre outros.

Outro fator preponderante nessa fase é o envolvimento necessário de todos os envolvidos no processo produtivo, principalmente dos proprietários ou tomadores de decisão final. Isto garante que o plano não seja ambicioso demais ou de menos em relação às suas metas, facilitando seu cumprimento.

O resultado final pode ser visto no Quadro 2, onde foi introduzido um erro proposital, no quadro inferior da direita, realçado com vermelho, demonstrando a falta do comprometimento temporal para a atividade.

Apesar do proprietário propor-se a executar a atividade, na maioria dos casos, isto dificulta a verificação do cumprimento da ação por parte de um eventual auditor. Portanto, o correto é introduzir um horizonte de tempo, no qual a atividade será executada e auditada.

Quadro 2 – Exemplo de matriz de mitigação de problemas completa, destacando em vermelho uma ação de mitigação, em que houve erro por não prever o tempo de execução

PROBLEMA INICIAL	AÇÃO INICIAL	PROBLEMA RESULTANTE	AÇÃO MITIGADORA
1 – Existência de embalagens vazias de agrotóxicos	1.A – Efetuar recolhimento das embalagens logo após a execução da tríplice lavagem e entregá-las imediatamente ao ponto regional de recepção, não as armazenando na propriedade	O volume gerado por sessão de tratamento é extremamente reduzido, não permitindo racionalização de custo que facilite a ação	
	1.B – Efetuar recolhimento das embalagens logo após a execução da tríplice lavagem e armazená-las em local apropriado, até alcançar um volume suficiente para sua entrega ao ponto regional de coleta	1.B.1 – Há necessidade de um depósito de embalagens vazias na propriedade, dentro dos padrões legais exigidos	Construir o depósito em 6 meses (ou adequar o depósito até o início da próxima safra, ou, ainda, o depósito já existe)
		1.B.2 – Há falta de caminhão que faça o transporte deste resíduo na propriedade	Contratar o serviço adequado durante a safra (ou comprar veículo e efetuar a adaptação até outubro)
2 – Erosão nos talhões produtivos e nas estradas	2.A – Efetuar cobertura vegetal nos talhões e reconfiguração do traçado das estradas	2.A.1 – Falta de sementes para plantio	Produzir as próprias sementes para aplicação no ano seguinte
		2.A.2 – Traçado não pode ser alterado	Aplicação de métodos alternativos de contenção de erosão nas estradas, como bigodes para retirar a água da estrada e fossas de contenção em espaços mais próximos. Aumentar número de bueiros

Passo 5 – Relatório ou exposição do compromisso ambiental: o quinto passo é representado pela criação da capa do plano de gestão ambiental e sua disponibilização integral, que passará a acompanhar o processo de certificação ou de planejamento interno da propriedade.

Ao assinar, o proprietário se compromete a cumprir o que foi proposto ou as alternativas elencadas e, em caso de auditoria, é importante reservar espaço para a assinatura do auditor, que faz a visita naquele ano.

Ainda em casos de auditoria, cada página do plano deverá ser rubricada pelo primeiro auditor e, posteriormente, pelo auditor do ano seguinte,

comprovando o cumprimento da atividade para o primeiro ano (criação do plano) e permitindo a comprovação da sua autenticidade para os anos posteriores. Assim, a existência das assinaturas anuais garante que o plano está sendo cobrado e executado, conforme aquilo que foi acordado inicialmente pelo proprietário, no sistema, e pelos auditores.

5.4 Formatação final do projeto

Cumprindo a sequência destes passos, o plano de gestão se torna uma ferramenta de planejamento e execução tão eficiente quanto os limites socioeconômicos e ambientais da proposta.

O tamanho dependerá, portanto, do detalhamento envolvido e do volume de problemas existentes em cada área do mapa ou do croqui. No mínimo, o plano de gestão ambiental poderá contar com três páginas, uma capa, um mapa, ou croqui, e a matriz de mitigação de problemas (Figura 40), mas o número de páginas final dependerá da disposição do proprietário, ou do tomador de decisão, em resolver realmente os problemas que envolvam questões ambientais, na sua atividade agropecuária.

Figura 40 – Conjunto mínimo para a composição de um plano de gestão ambiental, na adoção de boas práticas ambientais na propriedade

EXEMPLO DE CAPA:

PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL
LOCAL: AGROPECUÁRIA DESTINO
INCERTO

DATA DE CRIAÇÃO: 03/10/2018
 PRAZO PREVISTO PARA FINALIZAR A EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES INICIALMENTE PLANEJADAS: JULHO DE 2019

RESPONSÁVEL PELO GRUPO DE PLANEJAMENTO (CONTATOR): ENG. AGRICOLA JOÃO DAS COVEAS, PROPRIETÁRIO

ASSINATURA E RUBRICA: _____

AUDITADO INICIALMENTE EM: ____/____/____
 AUDITOR INICIAL: _____

ASSINATURA E RUBRICA: _____

ANO	AUDITORES	ASSINATURA E RUBRICA
2018		
2019		
2020		
2021		
2022		
2023		
2024		
2025		
2026		
2027		

PROBLEMA INICIAL	AÇÃO INICIAL	PROBLEMA RESULTANTE	AÇÃO MITIGADORA
1 - Existência de entulhos valiosos de aproximadamente 100m³ para serem aproveitados.	1A - Efetuar recolhimento dos entulhos, encaminhando-os para a estação de triagem e reciclagem no CTA, segundo as normas regionais de reciclagem não em separado, ou não.	1A.1 - Volume grande por serem de tratamento especializado, reutilização de parte que permita a ação.	Não é possível adotar esta medida.
	1B - Efetuar recolhimento dos entulhos, encaminhando-os para a estação de triagem e reciclagem no CTA, segundo as normas regionais de reciclagem não em separado, ou não.	1B.1 - Não necessidade de um depósito de entulhos valiosos na propriedade dentro dos padrões legais exigidos.	Controlar o depósito até o fim do período de validade, ou ainda, a disposição do mesmo.
		1B.2 - Falta de consentido que faça a transferência dos resíduos na propriedade.	Controlar o serviço adequado, com o valor a ser pago, visando a efetuar a destinação dos resíduos.
2 - Grande uso de herbicidas produtivos e não autorizados.	2A - Efetuar cobertura vegetal nos talhões e reconfiguração do traçado das estradas para a safra.	2A.1 - Falta de sementes para plantio.	Procurar as opções comerciais para aplicação no uso regular.
	2A.2 - Traçado não pode ser alterado.	2A.2.1 - Falta de estudos alternativos de construção de estradas, com cobertura vegetal para evitar a perda de nutrientes e contaminação em longo prazo, com o objetivo de manter a produtividade em longo prazo, evitando a contaminação dos solos.	Aplicar de métodos alternativos de construção de estradas, com cobertura vegetal para evitar a perda de nutrientes e contaminação em longo prazo, com o objetivo de manter a produtividade em longo prazo, evitando a contaminação dos solos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

5.5 Conclusões

A introdução do planejamento ambiental, em programas de boas práticas, organiza o ambiente produtivo, atingindo as dimensões socioeconômicas e naturais (ecológicas).

O planejador deve lançar mão de todas as ferramentas disponíveis para auxiliar o planejamento ambiental da propriedade, sendo que a aplicação de técnicas de AP permite a execução de estudos mais apurados e com maior facilidade de execução, pela disponibilização e sistematização prévia de dados e informações.

Um dos objetivos a serem alcançados deverá priorizar a correta utilização dos recursos hídricos e a manutenção, ou o aumento, da segurança dos seres humanos envolvidos ou beneficiários no processo produtivo.

Uma vez que a proposta da aplicação de um sistema de boas práticas implica o estabelecimento e a manutenção de um sistema de produção mais sustentável, a velocidade e magnitude da resolução dos problemas sempre estarão ligadas ao local, ao sistema produtivo e à vontade das pessoas que o manejam.

Referências

- APPLEBY, A.P.; MULLER, F.; CARPY, S. Weed control. In: Muller, F. (Ed.). *Agrochemicals*. New York: Willy VCH, 2000. p. 687-709.
- AMADO, et al. Qualidade do solo avaliada pelo "Soil quality kit test" em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v. 31, p. 109-121, 2007.
- ALMEIDA, J. R. *Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: THEX, 2006.
- BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão em fruticultura. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos et al. (Org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. p. 350-360. v. 1.
- BATISH, D.R. et al. Potential utilization of dried powder of *Tagetes minuta* as a natural herbicide for managing rice weeds. *Crop Prot.*, v. 26, p. 566-571, 2007.
- BAZZI, C.L. et al. Profit maps for precision agriculture. *Ciencia e Investigación Agraria*, v. 42, n. 3, p. 385-396, 2015.
- BUSARI, M.A. et al. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 3, p. 119-129, 2015.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 3. ed., rev. e atual. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas – HRAC-BR, 2008.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFSRS/SC). *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.
- CORSI, S. et al. Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: A literature review, integrated crop management. *Rome: AGP/FAO*, v. 16, 101 p., 2012.
- DABERKOW, S.G. et al. Adoption of precision agriculture technologies by US farmers. Bloomington, Minnesota, USA In: PROCEEDINGS OF THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE. *Anais...* American Society of Agronomy, 2000.
- DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, v. 12, n. 1, p. 13-15, 1990.
- EMBRAPA. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos*. 2. ed. p. 35, 1997. Disponível em: <<http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual%20de%20MetodosID-6trBnpFBp8.pdf>>. Acesso em: 2015.
- GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. (Ed.). *Gestão ambiental na agropecuária*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- GIANESSI, L.P.; REIGNER, N.P. The value of herbicides in US crop production. *Weed Technol.*, v. 21, p. 559-566, 2007.
- HAN, H. et al. A novel amino acid substitution Ala-122-Tyr in ALS confers high-level and broad resistance across ALS-inhibiting herbicides. *Pest Management*, n. 68, v. 8, p. 1164-1170, 2012.

- HEAP, I. *The International Survey of Herbicide Resistant Weeds*. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: fev. 2016.
- INOUE, M. H. et al. Persistência da atividade biológica de imazaquin e imazethapyr aplicados em duas épocas do ano. *Acta Scientiarum*, v. 22, n. 4, p. 993-997, 2000.
- KAUNDUN, S. S. et al. A Novel P106L Mutation in EPSPS and an Unknown Mechanism(s) Act Additively To Confer Resistance to Glifosato in a South African *Lolium rigidum* Population. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, p. 3227-3233, 2011.
- KAUNDUN, S. S. et al. Importance of the P106S Target-Site Mutation in Conferring Resistance to Glifosato in a Goosegrass (*Eleusine indica*) Population from the Philippines. *Weed Science*, v. 56, p. 637-646, 2008.
- KHANH, T.D. et al. The exploitation of allelopathy in sustainable agricultural production. *J. Agron. Crop Sci.*, v. 191, p. 172-184, 2005.
- LACEY, A.J. Weed control. In: HASKELL, P.T. (Ed.). *Pesticide applications: principles and practices*. Oxford: Oxford University Press, 1985. p. 456-485.
- LAMBERT, D.; LOWENBERG-DE BOER, J. *Precision agriculture profitability review*. Purdue University, 2000.
- McINTYRE, D.S. Exchangeable sodium, subplasticity and hydraulic conductivity of some Australian soils. *Austr. J. Soil Res.*, v. 17, p. 115-120, 1979.
- MOODY, K. Weed management in rice. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of pest management in agriculture*. CRC Press. Florida: Boca Raton, 1991. p. 301-328.
- NICHOLS, V. et al. Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. *Field Crops Research*, v. 183, p. 56-68, 2015.
- PIERCE, F.J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. *Adv. Agron.*, v. 67, p. 1-85, 1999.
- ROMAN, E.S. et al. *Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação*. Passo Fundo: Berthier, 2007.
- SANTI, A. L. et al. Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois latossolos manejados com agricultura de precisão. *Interciência*, v. 37, n. 3, 2012.
- SEGANFREDO, M. A. (Ed.). *Gestão ambiental na suinocultura*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- SCHRAMMEL, B. M.; GEBLER, L. Utilização de ferramentas de SIG para agricultura de precisão no planejamento ambiental de uma pequena propriedade rural produtora de maçãs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 2011, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves. 2011.
- SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. Soil tillage and precision agriculture a theoretical case study for soil erosion control in Brazilian sugar cane production. *Soil & Tillage Research*, v. 61, p. 47-54, 2001.
- TEDESCO, M. J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

VARGAS L. et al. Resposta de biótipos de *Raphanus* spp. a herbicidas inibidores da ALS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, n. 27, 2010, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 914-918.



EDUCS