

Boletim Agronômico - Agro Extensão

Na primeira edição do Boletim Agronômico do ano de 2024 é apresentada a importância e uso do Fósforo na agricultura brasileira, demonstrando as suas interações complexas no sistema solo-planta e as estratégias para otimizar seu manejo.

No segundo artigo são discutidos os principais processos fisiológicos da cultura do milho, com o objetivo de obter altas produtividades. Esse trabalho é melhor abordado no livro escrito e publicado pela equipe Field Crops da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), que busca a capacitação de agricultores e consultores rurais com as

principais práticas de manejo para a cultura do milho.

Por fim, o leitor poderá conferir as experiências vivenciadas pelo Grupo Universitário de Investigações em Herbologia (GUIHE) durante sua participação na XXVIII Jornada de Herbologia e VII Campeonato Sul-Brasileiro de Herbologia.

Desejamos uma boa leitura a todos!

**A produção de alimento começa
com conhecimento!**

Editores e conteúdo

Editor

André Luis Vian

Professor Dr. Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia - UFRGS.

Editor (a) Assistente

Anna Gatelli

Gabriel Augusto Engel

Estudante graduando em Agronomia na Faculdade de Agronomia – UFRGS.

**Faculdade de Agronomia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS**

Conteúdo

1. A importância do fósforo na agricultura brasileira.....PG.2
2. Ecofisiologia do Milho Visando Altas Produtividades: o que esperar da segunda edição do livro.....PG.15
3. Participação do GUIHE na XXVIII Jornada de Herbologia e VII Campeonato Sul-Brasileiro de Herbologia.....PG.22

"O conteúdo dos textos é de responsabilidade exclusiva dos(as) autores(as). Permitida a reprodução, desde que citada a fonte."

A importância do fósforo na agricultura brasileira

Alexandre Augusto Panisson¹ & Anna Elisa Petersen Gatelli²

Introdução

Solos do Brasil tendem a apresentar baixa disponibilidade de Fósforo (P), consequência do intemperismo, por meio da quebra da argila de alta atividade em argila de baixa atividade. Essa decomposição das rochas juntamente com chuvas intensas, resultam na lixiviação e perda do macronutriente, principalmente em solos de países de clima tropical e subtropical. Além disso, a erosão do solo pode remover camadas superficiais ricas desses nutrientes, empobrecendo o solo.

Em solos tropicais altamente intemperizados, ocorre a adsorção e fixação de P nas partículas de argila e imobilização devido às fortes interações com óxido de ferro (Fe) e alumínio (Al) que apresenta os constituintes desses solos. A natureza altamente reativa desses solos pode resultar em uma retenção significativa de P, tornando-o menos disponível para as plantas. Desta forma, o P se torna de baixa disponibilidade, pois, além de sofrer forte interação com a fase sólida do solo, possui baixa mobilidade na solução do solo.

O P é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento saudável das plantas, desempenhando funções vitais em processos metabólicos, como fotossíntese, armazenamento e transferência de energia, além de influenciar no crescimento das raízes e na produção de grãos. Embora seja demandado em menor quantidade em comparação com outros macronutrientes como nitrogênio (N) e potássio (K), o P é fundamental

na agricultura brasileira, sendo amplamente utilizado na adubação de manutenção e correção

do solo, especialmente em grandes culturas de grãos.

Neste contexto, torna-se essencial compreender as formas de absorção do P pelas plantas, bem como as características dos fertilizantes fosfatados disponíveis e os mecanismos que controlam sua disponibilidade no solo. Além disso, é crucial identificar os sintomas de deficiência de P nas plantas e estabelecer critérios para a recomendação adequada de adubação fosfatada, considerando as diferentes faixas de disponibilidade de P no solo.

Essa revisão tem como objetivo apontar sistematicamente as formas de P presente no solo, os mecanismos de absorção pelas plantas, as reações do P no solo e os critérios para recomendação de adubação fosfatada. Esse levantamento busca fornecer uma base sólida para o manejo eficiente desse nutriente crucial para a agricultura. Além disso, são discutidas estratégias de manejo da adubação fosfatada, que incluem diferentes modos de aplicação e práticas de manejo do solo com intuito de otimizar a disponibilidade e o aproveitamento do P pelas plantas, promovendo uma agricultura mais sustentável e produtiva.

Fósforo (P)

O P, representa aproximadamente 0,12% da crosta terrestre. Tem suas maiores reservas em sedimentos marinhos, solos, fosfato inorgânico dissolvido nos oceanos e minerais como apatita. Embora existam mais de 300 minerais de P na natureza, apenas as apatitas têm significância quantitativa. Ao longo de escalas geológicas, o

¹Pós-Graduando no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia - UFRGS. E-mail: alexandrepanisson@hotmail.com

²Graduando(a) no Curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia - UFRGS. E-mail: annagatelli@hotmail.com

intemperismo no solo ocasiona liberação de P das apatitas, sendo absorvido pelas plantas, reciclado e introduzido na matéria orgânica (MO) do solo e sedimentos, ou pode ocorrer precipitação através de minerais pouco solúveis de Fe, Al e Ca (STEVENSON & COLE, 1999).

O principal minério utilizado na produção de fertilizantes fosfatados é a rocha fosfática, que é extraída de jazidas naturais. A rocha fosfática é geralmente composta de fosfato de cálcio e outros minerais (TISDALE et al., 2019).

Formas de Fósforo no solo

O P tem em torno de 0,2 e 5,0 g kg⁻¹ no solo, sendo um elemento essencial para a vida vegetal, é encontrado no solo em duas formas principais: orgânica (Po) e inorgânica (Pi) (SANTOS, et al., 2008a). Essas formas de P desempenham papéis distintos na nutrição das plantas (FAQUIN, 2005).

O Po, originado principalmente de resíduos vegetais e animais em decomposição, consiste em compostos como fosfatos de inositol, monoésteres, diésteres (ácidos nucleicos e fosfolipídios). Sua quantidade está diretamente relacionada ao teor de matéria orgânica no solo, sendo essencial para a fertilidade do solo em áreas onde não são aplicadas fontes externas de P (FERNANDES, 2006).

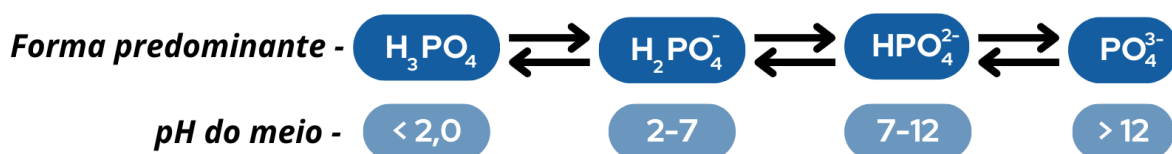
Por outro lado, o Pi compreende o P presente em minerais do solo, especialmente os primários, além do P adsorvido a minerais e outros elementos. Uma fração importante do Pi está ligada a minerais como óxidos e minerais do tipo 1:1, que têm alta afinidade por cátions como Fe, Al e cálcio (Ca). A proporção de compostos inorgânicos de P ligados a esses elementos é influenciada pelo pH do solo e

pela composição mineralógica da fração argila (MARSCHNER, 2011).

Portanto o pH do solo desempenha um papel crucial na disponibilidade e na absorção de P pelas plantas. Em solos ácidos, com pH abaixo de 6,0, a forma predominante de P disponível é o íon H_2PO_4^- , também conhecido como fosfato mono-hidrogenado. À medida que o pH do solo aumenta, especialmente em solos alcalinos, a forma predominante de P disponível muda para HPO_4^{2-} , ou fosfato di-hidrogenado (MALAVOLTA et al., 1997).

Além disso, o pH do solo afeta a capacidade do solo de adsorver e liberar P. Em solos ácidos, onde o pH é mais baixo, a adsorção de P pelos minerais do solo e pela matéria orgânica é geralmente menor, o que pode resultar em uma disponibilidade relativamente maior de P para as plantas. Por outro lado, em solos alcalinos, onde o pH é mais alto, a adsorção de P é geralmente maior, o que pode reduzir a disponibilidade desse nutriente para as plantas. Portanto, o manejo adequado do pH do solo é essencial para otimizar a disponibilidade de P para as plantas (MARSCHNER, 2011).

Embora ambas as formas de P possam contribuir para a nutrição das plantas, estas só podem absorver formas inorgânicas do elemento, como H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} . A predominância de uma ou outra forma absorvível é determinada pelo pH do solo conforme a equação 1. Assim, a disponibilidade de P para as plantas está intimamente ligada aos processos de mineralização do Po e à dinâmica de adsorção e liberação de Pi no solo (BARBER, 1984).



Equação 1. Dissolução do gesso agrícola.

Fertilizantes fosfatados

O P é um dos elementos mais utilizados na agricultura brasileira para a adubação de manutenção e correção do solo em grandes culturas. Desta forma a escolha e conhecimento do fertilizante se torna de suma importância para tomada de decisão.

Existem vários tipos de fertilizantes fosfatados com uma ampla gama de origens, características físico-químicas e solubilidade. Destacam-se os fosfatos solúveis, acidulados ou parcialmente acidulados, os fosfatos naturais e os termofosfatos. Os teores e fórmulas dos principais fertilizantes fosfatados são apresentados na tabela 1 (CQFS-RS/SC, 2016).

Fertilizantes	Garantia mínima	Observações
Fosfatados		
Superfosfato simples	18% de P_2O_5 em CNA+água ⁽¹⁾ 15% de P_2O_5 em água ⁽²⁾	16 a 20% de Ca e 8 a 12% de S
Superfosfato triplo	41% de P_2O_5 em CNA+água 36% de P_2O_5 em água	10 a 14% de Ca
Fosfato monoamônico (MAP)	48% de P_2O_5 em CNA+água 44% de P_2O_5 em água	9% de N
Fosfato diamônico (DAP)	45% de P_2O_5 em CNA+água 38% de P_2O_5 em água	17% de N
Fosfato natural parcialmente acidulado	20% de P_2O_5 total ⁽³⁾ 9% de P_2O_5 em CNA+água 5% de P_2O_5 em água	16 a 27% de Ca, 0 a 6% de S e 0 a 2% de Mg
Termofosfato magnesiano	17% de P_2O_5 total 11% de P_2O_5 em ácido cítrico ⁽⁴⁾ 24% de P_2O_5 total	7% de Mg e 16 a 20% de Ca
Fosfato natural	4% de P_2O_5 em ácido cítrico 27% de P_2O_5 total (farelado)	20 a 27% de Ca
Fosfato natural reativo ⁽⁵⁾	9% de P_2O_5 em ácido cítrico 20% de P_2O_5 total	28 a 34% de Ca
Farinha de ossos calcinada	16% em ácido	Se autoclavar pode conter 1% de N

Tabela 1. Formula e teores mínimos de nutrientes dos principais fertilizantes fosfatados. Fonte: CQFS-RS/SC (2016). ¹Soma da solubilidade em citrato neutro de amônio (CNA) e em água. ²Solubilidade em água. ³Solúvel em ácidos fortes concentrados. ⁴ Ácido cítrico a 2%, na relação fertilizante: solução de 1:100. ⁵ Exemplos: Arad, Marrocos, Gafsa, Carolina do Norte.

Reações do fósforo no solo

O P ao ser adicionado ao solo na forma de fertilizantes, dissolve-se e passa para a solução do solo. Entretanto, devido a sua baixa solubilidade e a alta afinidade a constituintes sólidos do solo, grande parte do elemento adicionado é retido ao solo sob diferentes níveis de energia. Dentre os mecanismos que controlam a disponibilidade de P no solo se destacam a adsorção, dessorção específica, precipitação, dissolução e a mineralização e imobilização (HESTERBERG, 2010).

A Precipitação do P no solo pode se ligar a íons metálicos, como Fe e Al, formando fosfatos pouco solúveis. Essa precipitação é influenciada pelo pH do solo; em solos ácidos, o Fe e o Al são mais solúveis, aumentando a precipitação de fosfatos (SPOSITO, 2008). Em solos alcalinos, o Ca pode precipitar fosfatos. Já a dissolução é um o processo oposto, onde os fosfatos podem se tornar solúveis em água quando o pH do solo diminui, dissolvendo as formas precipitadas. Esses processos têm implicações diretas na disponibilidade de P para as plantas (TURNER & CONDRON, 2013).

O fósforo pode ser adsorvido às superfícies das partículas do solo, principalmente em minerais argilosos e óxidos de Fe e Al. Essa adsorção ocorre devido à carga negativa nas partículas do solo e à carga positiva do P. A quantidade de P adsorvido depende das características do solo, incluindo seu pH e teor de matéria orgânica. A dessorção em condições favoráveis, o P pode ser liberado das partículas do solo de volta para a solução do solo, tornando-se disponível para as plantas. (RICHARDSON, 2001).

A mineralização do P ocorre quando a MO no solo é decomposta por microrganismos, liberando P orgânico na forma inorgânica (fosfato) que pode ser utilizado pelas plantas. A Imobilização, em contrapartida ocorre quando os micro-organismos consomem fosfatos inorgânicos, incorporando-os à biomassa microbiana. Isso temporariamente reduz a

disponibilidade de P para as plantas (FERNANDES, 2006).

Essas reações são essenciais para entender a dinâmica do P no solo, influenciando diretamente a disponibilidade desse nutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas

Fósforo na planta

O P dissolvido no solo, na forma de íons fosfato (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), move-se em direção às raízes das plantas por meio da difusão passiva, seguindo um gradiente de concentração do qual o nutriente se move na solução do solo, de um gradiente de maior concentração para um gradiente de menor concentração. Esse mecanismo depende das diferenças de concentração de P entre o solo e o ambiente interno das células da raiz (RAGHOTHAMA, 1999)

As plantas também podem absorver P por captação ativa por meio de transportadores de fosfato localizados na membrana plasmática das células da raiz. Esses transportadores permitem que as plantas capturem íons fosfato mesmo quando a concentração no solo é baixa. Esse processo requer energia na forma de trifosfato de adenosina (ATP) para funcionar e é regulado pela demanda da planta por P (FERNANDES, 2006).

A Absorção de P pela planta varia de 20 - 30 % de eficiência de aproveitamento, significa que dos 100% aplicado 70% do P forma compostos de baixa solubilidade, especialmente com Al, Fe e Ca e pode precipitar em solução, esse é o primeiro processo de fixação de P. O P é estável dentro da estrutura de certas partículas (minerais do solo/argila), o P pode sair da solução e ir fazer parte da estrutura dos minerais (coloides) sendo chamado de adsorção específica esse é o segundo processo de fixação do P (FERNANDES, 2006).

A quantidade de P necessária para o desenvolvimento ideal das plantas varia entre 0,1% a 0,5% na matéria seca, dependendo da cultivar e do órgão analisado. Geralmente, a exigência de P é menor em comparação com outros nutrientes como nitrogênio (N), potássio (K), Ca e magnésio (Mg), mas é semelhante à do

enxofre (S). Em solos com pH entre 4 e 7, a forma predominante de P é o H_2PO_4^- , que é absorvido pelas raízes das plantas. A concentração de fosfato nas células radiculares e no xilema é significativamente maior do que na solução do solo, indicando uma absorção ativa contra um gradiente de concentração elevado (FAQUIN, 2005).

A presença de Mg apresenta um efeito sinérgico na absorção de P, e as micorrizas contribuem para aumentar a superfície absorvente e o volume de solo explorado pelo sistema radicular, promovendo maior absorção de H_2PO_4^- . Após a absorção, o fosfato é rapidamente incorporado a processos metabólicos, sendo que a maioria é convertida em compostos orgânicos, como hexose-fosfato e uridina difosfato (MENGEL & KIRKBY, 1987).

O transporte no xilema ocorre principalmente na forma absorvida (H_2PO_4^-) e pode também aparecer como fosforil colina ou ésteres de carboidrato na seiva do xilema. (LOUGHMAN, 1981). O P é móvel na planta e é redistribuído facilmente pelo floema, principalmente como fosforil colina. Em condições de adequada nutrição de P, a maior parte do P inorgânico (Pi) total da planta é armazenada nos vacúolos. Em casos de redução no suprimento de P, esse Pi é redistribuído para órgãos em crescimento, e os sintomas de deficiência se manifestam inicialmente nas folhas mais velhas (MARSCHNER, 2012).

O P nas plantas pode assumir formas inorgânicas, como ortofosfato e pirofosfato, e formas orgânicas, sendo a proporção de Pi para o P orgânico maior nas folhas em comparação aos grãos. Em situações de suprimento inadequado de P, os níveis de Pi diminuem, enquanto os de P orgânico permanecem relativamente estáveis. A fitina é destacada como um composto de reserva de P em sementes (FERNANDES, 2006).

Deficiência de fósforo nas plantas

O P desempenha funções cruciais no metabolismo vegetal, sendo essencial para

fotossíntese, no metabolismo de açúcares, armazenamento e transferência de energia (ATP), divisão celular, influência no florescimento, frutificação e transferência de informações genéticas nas plantas (STAUFFER & SULEWSKI, 2003). Além disso, é essencial para o desenvolvimento inicial das raízes e do crescimento da parte aérea (MARSCHNER, 2012).

A deficiência dos nutrientes essenciais produz alterações nas características normais das plantas, gerando sintomas que indicam a ocorrência de deficiência. Em condições de deficiência de P o primeiro sintoma é um atraso geral no crescimento das plantas, devido ao acúmulo de P em compostos orgânicos nas raízes, resultando na redução do transporte para a parte aérea e, conseqüentemente, reduz o crescimento desta em comparação com o sistema radicular (FERNANDEZ, 2006).

Na deficiência de P, as folhas podem apresentar torção, e o tecido pode adquirir uma coloração violácea voltado para o roxo, ocasionado pelo acúmulo de antocianinas. Em casos mais severos, áreas necrosadas podem surgir em folhas, frutos e galhos. Essa condição está associada à acumulação de açúcares, especialmente durante períodos de baixas temperaturas. A redistribuição do P na planta resulta na deficiência preferencialmente das folhas mais velhas, enquanto as folhas mais jovens são menos afetadas (IPNI, 2014).

Critérios para recomendação de fósforo

As culturas de grãos representam uma das fontes de renda mais significativas nas propriedades agrícolas no Estado do Rio Grande do Sul (RS), onde prevalecem condições diversas de clima, solo e nível tecnológico. Desta forma, entender o manejo da adubação fosfatada, a determinação da quantidade do nutriente, método e momento da aplicação, além da escolha do produto a ser utilizado se torna fundamental para os produtores agrícolas (CQFS-RS/SC, 2016).

Para recomendação da adubação fosfatada foi estabelecido conforme o sistema de cinco faixas de disponibilidade para interpretar os resultados das análises de solo em relação ao P. Três dessas faixas, "Muito baixo", "Baixo" e "Médio", estão entre zero e o teor crítico, representando rendimentos relativos menores, indicando alta probabilidade de resposta à adição do nutriente (Figura 1). As outras duas faixas, "Alto" e "Muito alto", são para valores acima do teor crítico. O teor crítico, situado na faixa "Médio", representa o limite superior onde se alcançam rendimentos próximos à máxima eficiência econômica da cultura,

aproximadamente 90% do rendimento máximo (CQFS-RS/SC, 2016).

O objetivo do sistema de recomendação de fertilizantes é manter os teores na faixa "Alto", considerada a mais adequada para as plantas. Para isso, a quantidade recomendada de fertilizantes visa repor os nutrientes exportados pelos produtos, como grãos, mais uma quantidade estimada para compensar eventuais perdas do sistema (CQFS-RS/SC, 2016).

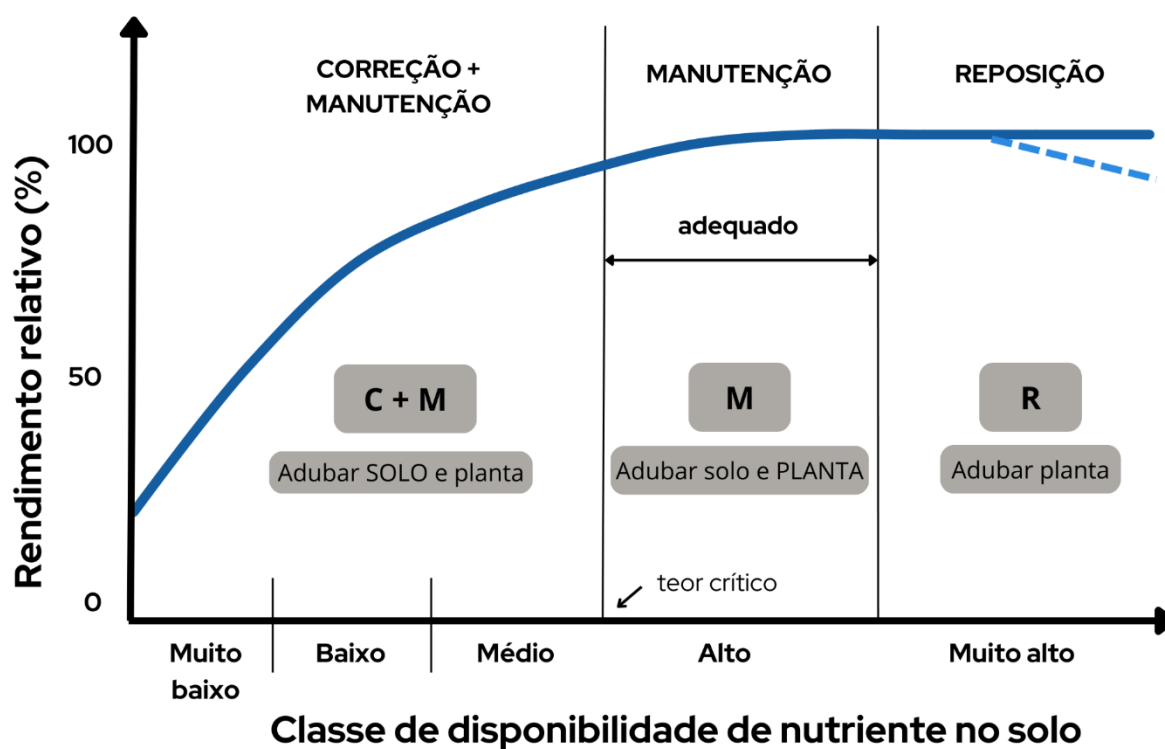


Figura 1. A relação entre o rendimento das culturas em relação ao teor de fósforo no solo e as recomendações de adubação para cada faixa de teor de fósforo no solo (extraído de CQFS-RS/SC (2004) a partir de Gianello & Wiethölter (2004)) adubação: a adubação corretiva (C), de manutenção (M) e de reposição (R).

Adubação de Correção mais manutenção

É necessária apenas em solos com teores de P abaixo do nível crítico (figura 4), classificados como "Muito baixo", "Baixo" e "Médio". Nessas condições, a quantidade aplicada visa elevar os teores de P até o nível crítico para a cultura, estabelecido para obter aproximadamente 90% do rendimento máximo da cultura. Em geral, percentuais entre 85% a 95% do rendimento máximo proporcionam o máximo retorno econômico da adubação (CQFS-RS/SC, 2016).

Quando os níveis de P estão abaixo do teor crítico (Figura 1), as quantidades do nutriente

devem incluir não apenas a reposição das perdas causadas pela exportação, mas também uma quantidade adicional para aumentar a disponibilidade do nutriente no solo acima do teor crítico ou até a classe alto, uma prática conhecida como correção de P no solo. A quantidade de fertilizante fosfatado necessária para essa correção varia de acordo com a classificação das três categorias de disponibilidade muito baixa, baixa e média, sendo maior a dose quando a disponibilidade do nutriente no solo é menor. Para detalhes das doses recomendadas de correção mais manutenção de P (P2O5) para diversas culturas conforme tabela 2 (CQFS-RS/SC, 2016).

Interpretação do teor de P do solo	Fósforo (kg de P ₂ O ₅ /ha)
Muito baixo	160
Baixo	80
Médio	40

Tabela 2. Quantidades de fósforo (P₂O₅) necessárias para a correção total, de acordo com a interpretação destes nutrientes⁽¹⁾. Adaptado de CQFS-RS/SC (2016). (1) Devem ser adicionadas também as quantidades de P indicadas para a manutenção na Tabela 2.

Adubação de Manutenção

A adubação de manutenção envolve a reposição das quantidades de P extraídos pelos grãos e exportados na colheita, além das estimativas das perdas desse nutriente no solo. Essas perdas variam, sendo mais expressivas no sistema convencional (20% a 50%) e menores no sistema plantio direto (20% a 30%), dependendo de fatores como tipo de solo, erosão hídrica, local e método de aplicação dos nutrientes. A adubação de manutenção conforme a tabela 6 é específica para cada cultura e produtividade esperada, sendo essencial para manter os teores de P no solo

conforme desejado. Aplica-se a todos os níveis de P do solo, exceto quando estes estão na faixa "Muito alto". Nesse caso, a adubação pode variar de zero até a manutenção, ou mesmo a reposição, como será discutido posteriormente (CQFS-RS/SC, 2016).

Já quantidade de P (expressa como P2O5) indicada na tabela 6 para alcançar o rendimento de referência deve ser aumentada pela quantidade recomendada por tonelada extra de grãos (manutenção adicional) a serem produzidos, caso se espere um rendimento superior ao rendimento de referência (CQFS-RS/SC, 2016).

Cultura	Rendimento referência (t/ha)	Adubação de manutenção (kg de P ₂ O ₅ /ha)	Adubação de manutenção adicional (kg de P ₂ O ₅ /ha)
Amendoim	3	45	15
Arroz de sequeiro	2	20	10
Aveia branca	3	45	15
Aveia preta	3	45	15
Canola	1,5	30	20
Centeio	2	30	15
Cevada	3	45	15
Ervilha seca/forrageira	2	30	15
Ervilhaca	2	40	20
Feijão	2	30	15
Girassol	2	30	15
Linho	2	30	15
Milho	6	90	15
Milho pipoca	5	75	15
Nabo forrageiro	3	45	15
Painço	2	30	15
Soja	3	45	15
Sorgo	4	60	15
Termoço	2	30	15
Trigo	3	45	15
Triticale	3	45	15

Tabela 2. Rendimento referência e quantidades de fósforo (P₂O₅) sugeridas para a adubação de manutenção e de manutenção adicional de algumas culturas de grãos. Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Adubação de Reposição

A adubação de reposição envolve a adição das quantidades de P extraídos pelos grãos e exportados na colheita e pode ser aplicada apenas quando o teor de nutriente no solo é classificado nas classes de alto e muito alto (CQFS-RS/SC, 2016).

Na categoria de teores de P considerados altos, o procedimento envolve aplicar quantidades que correspondam à quantidade exportada de nutrientes durante a colheita, com uma adição extra para compensar possíveis perdas. Já na categoria de teores muito altos, a abordagem é aproveitar o estoque presente no solo, aplicando apenas a quantidade equivalente à exportação, ou até mesmo

menos, ou até mesmo não aplicar o nutriente. Esta última estratégia, que pode resultar na redução gradual dos níveis de P no solo, deve ser adotada somente quando os teores estão classificados como muito altos, e ao longo do tempo, tendem a se aproximar da categoria de disponibilidade considerada alta (CQFS-RS/SC, 2016).

As doses de manutenção para P mencionadas na tabela 3, foram calculadas com base na saída desse nutriente nos grãos na colheita, a partir de uma determinada produtividade (chamada de produtividade de base), e nas perdas desses nutrientes no solo. A quantidade de P₂O₅ indicada na tabela 3 para a produtividade de base deve ser

aumentada pela quantidade recomendada por tonelada adicional de grãos (manutenção suplementar) a serem produzidos, sempre que se

espera uma produtividade maior do que a produtividade de base (CQFS-RS/SC, 2016).

Cultura	P ₂ O ₅ (kg/ha)	Cultura	P ₂ O ₅ (kg/ha)
Amendoim	11	Linho	14
Arroz de sequeiro	5	Milho	8
Aveia branca	7	Milho pipoca	8
Aveia preta	7	Nabo forrageiro	11
Canola	15	Painço	8
Centeio	9	Soja	14
Cevada	10	Sorgo	8
Ervilha seca/forrageira	9	Termoço	12
Ervilhaca	15	Trigo	10
Feijão	10	Triticale	8
Girassol	14		

Tabela 3. Teor médio de fósforo (P₂O₅) em grãos de algumas culturas. Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

Manejo da adubação fosfatada

Interpretação da Análise de Fósforo no Solo

A interpretação da análise de P para solos do RS e SC se dá pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila do solo, sendo realizada com base em amostragem de solo da camada superficial de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (CQFS-RS/SC, 2016).

Modo de Aplicação

Os modos de aplicação de P mais utilizados nos sistemas agrícolas são a lança na superfície, podendo ser incorporado no solo ou não; na linha de semeadura; sendo no sulco de plantio ou em faixas, além da adubação foliar e como estratégia para sistema de produção surge a adubação de sistema (SOUSA et al. 2004).

Adubação na linha de semeadura (sulco)

A adubação fosfatada de modo localizado, na linha de semeadura, apresenta melhor resposta quando as doses a serem aplicadas estão na classe de disponibilidade muito baixa, baixa e média (ANGHINONI & BARBER 1980).

A aplicação de P na linha de semeadura (sulco) não pode exceder 80 kg P₂O₅, portanto acima dessa dose deve ser dividida no próximo cultivo (CQFS-RS/SC, 2016).

Solo com teor muito baixo ou baixo (classe de disponibilidade do nutriente no solo) (figura 4) de P na camada de 0 – 20 cm aplicação deve ser feita na linha de semeadura (sulco) (CQFS-RS/SC, 2016). Solo com teor médio (figura 4) na camada de 0 - 10 cm e muito baixo ou baixo (figura 4) na camada de

0 - 20cm aplicação deve ser feita na linha de semeadura (sulco) (MUMBACH, 2021).

Áreas com declividade e com elevado potencial para perda de P por erosão superficial do solo o P deve ser aplicada na linha de semeadura (sulco) (CQFS-RS/SC, 2016).

Para correção de P quando as doses são baixas e não terá manejo de mobilizar o solo, a dose corretiva deve ser dividida em dois cultivos, sendo aplicada preferencialmente na linha de semeadura (sulco) para maior eficiência do fertilizante (FERNANDES, 2006).

Adubação a Lanço na superfície

A aplicação de P a lanço podem ser realizadas em casos específicos, quando o perfil do solo apresentar teores acima de níveis críticos (classe de disponibilidade de P alto e muito alto) (Randall & Hoeft, 1988) corrigido na camada de 0 - 20 cm, eliminando os sítios de ligações com óxido de Fe e Al, sem a necessidade de sua incorporação no solo (BELCHER & RAGLAND, 1972).

Solo com teor médio de P na camada de 0 - 20 cm, sem elevado risco de erosão superficial em propriedades (10 a 20 mil hectares) que necessitam de alto rendimento operacional na semeadura, a aplicação pode ser feita a Lanço (RANDALL & HOEFT 1988).

A aplicação de fosfato natural é feita a lanço, mas necessita de solos ácidos para que ocorra sua solubilização do P e seja disponibilizado para as plantas. Em solos corrigidos com pH em torno de 6,0 e 6,5 a liberação é de forma muito lenta, devida a baixa solubilização do material.

Quando a correção é necessária e as doses são elevadas, se recomenda aplicar juntamente com a correção da acidez mediante a incorporação do calcário, pode-se optar por aplicar toda a dose recomendada do fertilizante a lanço e incorporar na camada de 0 a 20 cm, durante as operações de aração e gradagem utilizadas para a calagem (CQFS-RS/SC, 2016).

Adubação de sistema

Nos últimos anos, outra estratégia de adubação, conhecida como "adubação de sistema", tem sido evidenciada, tendo como conceito base a ciclagem biológica de nutrientes entre o cultivo de inverno e a cultura de interesse (ASSMANN et al., 2017; CARVALHO et al., 2020).

Nessa estratégia de adubação, os fertilizantes de manutenção de P para a cultura de interesse (soja, milho, etc.) são aplicados no outono/inverno, associado a plantas de cobertura considerando as culturas envolvidas no sistema em ambas as fezes, portanto na rotação (CARVALHO et al., 2020).

Esse manejo facilita a operação de semeadura da cultura de interesse, sem a necessidade de realizar a adubação conjunta, permitindo também que o fertilizante seja aplicado antecipadamente na linha de semeadura (sulco) de uma planta de cobertura com espaçamento reduzido (MARTIN et al., 2018).

No entanto, esse manejo deve ser preferencialmente utilizado quando a disponibilidade de P no solo estiver acima dos teores críticos (figura 4), condição em que a produtividade da cultura é menos dependente do nutriente aplicado com adubação. Já nos casos em que a disponibilidade de P está abaixo do teor crítico (muito baixo, baixo ou médio) (figura 4) e há necessidade de correção, uma opção é aplicar a dose de correção de P a partir de uma planta de cobertura de inverno, procedendo à cultura de interesse apenas a dose de correção de P, mantendo a dose de manutenção na semeadura da cultura de interesse. Isso garante a aplicação de uma quantidade de P mais próxima das raízes e menor tempo de contato com o solo, sendo ainda favorável à melhor operacionalidade da semeadura da cultura, visto que a quantidade de P aplicado junto com a semeadura será menor (MARTIN et al., 2018).

Adubação Foliar

O P aplicado através da adubação foliar pode ser prontamente disponível e transportado para tecidos com crescimento ativo. No entanto, não é

comum realizar adubação foliar específica para P, pois ainda não existe uma fonte que atenda à demanda nutricional exigida de P sem causar danos às folhas (FERNANDES, 2006).

Manejo do solo para manutenção do fósforo

Realizar a calagem de forma prévia à adubação fosfatada é fundamental, pois o aumento do pH do solo resulta em uma menor interação do Al para reagir com o P, o que favorece a prática da adubação fosfatada (RAIJ et al., 1997).

Efetuar a adubação fosfatada de maneira regular, embasada na análise de solo, é essencial devido à fixação e à subsequente redução do teor de P no solo ao longo do tempo nos cultivos agrícolas (MARTIN et al., 2018).

Promover a aplicação periódica de fertilizante orgânico é fundamental, uma vez que este possui P em sua composição, além de contar com o componente orgânico que pode obstruir os sítios de fixação de P (NOVAIS et al., 2007).

Implementar a rotação de culturas com espécies de alta capacidade de absorção de P, como plantas de cobertura, que realizam reações liberando ácidos orgânicos através do sistema radicular, permitindo a solubilização e absorção do P. Posteriormente, à medida que a planta se decompõe, o P é mineralizado, tornando-se uma fonte de adubação fosfatada (NOVAIS et al., 2007).

Controlar a erosão do solo é imprescindível, pois o P fica retido nos minerais do solo e, em caso de erosão, há perda de partículas do solo, resultando na diminuição do P disponível. Portanto, é crucial conservar o solo para garantir a manutenção do P no sistema (NOVAIS et al., 2007).

Adotar o sistema de plantio direto é uma estratégia vantajosa, pois a ausência de revolvimento do solo minimiza o contato do P com o Al e o óxido de Fe, otimizando sua disponibilidade para as plantas (NOGUEIROL et al., 2014)

Utilizar fungos micorrízicos é uma prática recomendada, visto que esses organismos auxiliam na absorção de P pelas plantas, aumentando sua

eficiência de utilização desse nutriente (SMITH & READ, 2008).

Aplicar fosfato solúvel de maneira localizada na linha de semeadura (sulco) é uma abordagem eficaz para garantir uma maior proximidade do nutriente com as raízes das plantas, favorecendo sua absorção (CHERUBIN et al., 2016).

Considerações finais

O P é de suma importância para o desenvolvimento das plantas na agricultura tropical brasileira devido à sua escassez natural nos solos. A baixa disponibilidade de P é causada por diversos processos como intemperismo, fixação no solo, erosão, precipitação, adsorção, dessorção específica, precipitação, dissolução, mineralização e a imobilização. No entanto, esse nutriente desempenha papéis essenciais em processos vitais para o crescimento das plantas.

Para superar a deficiência de P, a adubação fosfatada é amplamente utilizada, exigindo escolha e manejo adequado dos fertilizantes. Compreender as formas de P no solo e estratégias de manejo, como modo de adubação pode influenciar na eficiência da adubação, destacando a importância de enterrar os nutrientes no solo para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular em camadas mais profundas do perfil do solo, permitindo uma maior aquisição de água e nutrientes sendo fundamental para otimizar seu uso.

A interpretação da análise de solo e o momento de aplicação dos fertilizantes também são fundamentais. Em suma, a gestão adequada do P é essencial para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola nas regiões tropicais.

Referências bibliográficas

- ANGHINONI, I.; BARBER, S. A. Phosphorus application rate and distribution in the soil and phosphorus uptake by corn. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, p. 1041-1044, 1980.
- BARBER, S. A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. New York, Wiley - Interscience, 1984. 398p.
- CHERUBIN, M. R. et al. Phosphorus pools responses to land-use change for sugarcane expansion in weathered Brazilian soils. *Geoderma*, v. 265, p. 27–38, mar. 2016.
- CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (12^a ed.). Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. 2016.
- DE FACCIO CARVALHO, Paulo et al. NUTRIÇÃO: adubação para a cultura ou para o sistema. 2020.
- FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.
- FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.
- HINSINGER, P.; GILKES, R. J. Mobilization of phosphate from phosphate rock and alumina-sorbed phosphate by the roots of ryegrass and clover as related to rhizosphere pH. *European Journal of Soil Science*, v. 47, n. 4, p. 533-544, 1996.
- IPNI. Manual de interpretação de análise de solo e foliar. Editora Agronômica Ceres, 2014.
- LOUGHMAN, B. C. Metabolic aspects of the transport of ions by cells and tissues of roots. *Plant Soil*, v. 63, p. 47-55, 1981.
- MUMBACH, G. L. Incorporação de fósforo no sistema plantio direto e calibração da adubação fosfatada de correção em solos do RS/SC, 115 p. 2021.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações. 2^a edição. Editora Agronômica Ceres. 1997. ISBN: 9788570370497.
- MARSCHNER, H. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 2012.
- MARSCHNER, H. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press. 2011. ISBN: 978-0-12-384905-2.
- MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (Orgs.). Tecnologias Aplicadas para o Manejo Rentável e Eficiente da Cultura da Soja. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Bern: Intern. Potash Institute, 1987.
- NOGUEIROL, R. C. et al. Effect of no-tillage and amendments on carbon lability in tropical soils. *Soil and Tillage Research*, v. 143, p. 67–76, nov. 2014.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, p. 471-550, 2007.
- RAIJ, B. van et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Instituto Agrônômico, Campinas, SP (Boletim Técnico, 100), 1997.
- RANDALL, G. W.; HOEFT, R. G. Placement methods for improved efficiency of P and K fertilizers: A review. *Journal of Production in Agriculture*, Madison, v. 1, p. 70-79, 1988. <http://dx.doi.org/10.2134/JPA1988.0070>
- RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 28, n. 9, p. 897-906, 2001.
- RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 50(1), 665-693. 1999.
- SANTOS, Danilo Rheinheimer dos; GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 38, p. 576-586, 2008.

- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.
- SMITH, S. E., & READ, D. J. Mycorrhizal Symbiosis (3rd ed.). Academic Press. 2008.
- SPOSITO, G. The chemistry of soils. [s.l.] Oxford University Press, Inc, New York, 2008.
- STAUFFER, M.D.; SULEWSKI, G. Phosphorus: essential for life. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Potafos/Anda, 2003.
- STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. Cycle of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2. ed. New York, Wiley & Sons, 1999.
- TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D., & HAVLIN, J. L. Soil Fertility and Fertilizers. Pearson. 2019.
- TURNER, B. L.; CONDRON, L. M. Pedogenesis, nutrient dynamics, and ecosystem development: The legacy of T.W. Walker and J.K. Syers. Plant and Soil, v. 367, n. 1-2, p. 1-10, 2013.

Ecofisiologia do Milho Visando Altas Produtividades: o que esperar da segunda edição do livro

Isabela Pilecco¹, Enrico Tura², Alexandre Alves¹, Eduardo Tagliapietra³, Lorenzo Meus⁴, Anderson Poersch⁴, Victória Inklman⁵, Marcos Nora⁶, Cintia Pegoraro⁶, Álvaro Carnellosso⁶, Pedro Vendruscolo⁴, Jeniffer Zanuz⁶, Maurício Soares², Michel da Silva², Octavio Caviglia⁷, Nereu Streck¹, Alencar Zanon⁸

Introdução

Ecofisiologia é a ciência que estuda os processos e respostas dos vegetais em função das alterações do ambiente (fatores edafoclimáticos, como temperatura, radiação solar, disponibilidade hídrica e condições de solo). Atrelando isso ao manejo, temos a chamada interação Genética x Manejo x Ambiente. A série “Ecofisiologia Visando Altas Produtividades” idealizada pela Equipe Field Crops, busca, pelo estudo da ecofisiologia, compreender estratégias que possibilitem altas produtividades de culturas agrícolas através de um melhor aproveitamento das relações Genética x Manejo x Ambiente. Esta série possui livros de soja (1ª e 2ª edição, também na língua espanhola), milho (1ª e 2ª edição), arroz (também em inglês e espanhol), mandioca e trigo (lançamento futuro) (Figura 1). Estes livros são resultados de anos de pesquisas multidisciplinares e multi-institucionais, descritas de uma forma aplicada a realidade das lavouras, visando difundir o conhecimento gerado.

A segunda edição do livro Ecofisiologia do Milho Visando Altas Produtividades aborda os

conceitos básicos de ecofisiologia do milho e tem como objetivo associar os principais eventos do crescimento e desenvolvimento da cultura com práticas de manejo, melhoramento genético e condições edafoclimáticas. Com este livro, espera-se auxiliar a cadeia produtora de milho na maximização da eficiência no uso de recursos, visando altas produtividades e segurança alimentar, para uma agricultura sustentável baseada em processos e que resulte em lucratividade para o produtor.

A segunda edição aprofunda conhecimentos sobre manejo fitossanitário nas diferentes fases de desenvolvimento, nutrição, data de semeadura visando intensificação dos sistemas de produção e outras estratégias de intensificação, como o Sistema Santa Fé e ANTECIPE. Além de agregar itens e capítulos sobre fenômeno ENOS, mudanças climáticas, ecofisiologia digital, bioinsumos, estudo de caso sobre potencial e lacunas de produtividade de milho em Santa Catarina e uso de ultrabaixas densidades em ambientes marginais da Argentina.

¹ Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e integrante da Equipe Field Crops

²CROPS TEAM Consultoria, Pesquisa e Desenvolvimento Ltda. e integrante da Equipe Field Crops.

³ Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM, Cofounder da CROPS TEAM Consultoria, Pesquisa e Desenvolvimento Ltda. e integrante da Equipe Field Crops.

⁴Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFSM e integrante da Equipe Field Crops.

⁵University of Lincoln e integrante da Equipe Field Crops

⁶UFSM e integrante da Equipe Field Crops.

⁷Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Nacional de Entre Ríos (UNER), pesquisador no Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), e membro da carreira de pesquisa do CONICET (Conselho de Pesquisas Científicas da Argentina).

⁸Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pesquisador CNPq, consultor em sistemas de produção da ONU e do FLAR/CIAT e integrante da Equipe Field Crops.

Sendo assim, é composto por sete capítulos: 1) Crescimento e desenvolvimento; 2) Exigências climáticas; 3) Nutrição; 4) Ecofisiologia digital; 5) Época de semeadura; 6) Potencial de produtividade, potencial de produtividade limitado pela água e lacunas de produtividade de milho; 7) Bioinsumos e

8) Os degraus de uma lavoura de milho lucrativa e sustentável.



Figura 1: Série de livro Ecofisiologia Visando Altas Produtividades. Mais informações, acesse: www.equipefieldcrops.com.

Informações relevantes do livro

No **Capítulo 1 – Crescimento e desenvolvimento**, há uma revisão sobre a **botânica e morfologia da cultura**, além de ser apresentada de forma detalhada e com imagens reais de plantas a escala fenológica mais utilizada para milho na atualidade, desenvolvida por Ritchie, Hanway e Benson em 1993. A escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993) é dividida em estágios vegetativos, representados pela letra V, e estágios

reprodutivos, representado pela letra R (Tabela 1). As escalas fenológicas são importantes ferramentas para padronizar os termos utilizados por toda a cadeia de produção de milho em diferentes locais do globo. Por exemplo, se você estiver com um grupo de estudantes do Brasil, Argentina e Estados Unidos, todos vão entender que VT é o pendoamento da cultura do milho.

Fase	Estágio	Nome comum	Fase	Estágio	Nome comum
Vegetativa	VE	Emergência	Reprodutiva	R1	Espigamento
	V1	Primeira folha		R2	Grão bolha
	V2	Segunda folha		R3	Grão leitoso
	...	...		R4	Grão pastoso
	Vn	Enésima folha		R5	Grão farináceo
	VT	Pendoamento		R6	Maturidade fisiológica

Tabela 1. Fases e estágios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho. Fonte: Adaptada de Ritchie, Hanway e Benson (1993).

A Figura 2 é um resumo do que será encontrado na segunda edição do livro Ecofisiologia do Milho Visando Altas Produtividades. Ou seja, uma relação entre as fases de desenvolvimento da cultura, o momento de definição dos componentes de produtividade e as condições ambientais. Além disso, durante o livro, são associadas práticas de manejo para garantir a obtenção de altas produtividades. Por exemplo, ainda no capítulo 1, encontra-se o item 1.3 – Fases de desenvolvimento e exigências da cultura. Nesse item, os processos que as plantas de milho passam nas fases semeadura-emergência, vegetativa, florescimento-polinização, enchimento de grãos e maturação fisiológica-colheita, são associados com as principais práticas de manejo e exigências climáticas. Ainda no Capítulo 1, há itens específicos sobre genótipos, densidade agrônômica ótima, uso

de ultrabaixas densidades na Argentina, índice de área foliar e componentes de produtividade

Complementando o que está no Capítulo 1, o **Capítulo 2 é intitulado “Exigências climáticas” e é de grande importância na busca de altas produtividades**, uma vez que no Brasil, os principais fatores responsáveis pelas oscilações e quebras de safras são os fenômenos meteorológicos adversos (principalmente variabilidade da chuva). Para a cultura do milho, os elementos meteorológicos de maior influência no crescimento, desenvolvimento e produtividade de grãos são a chuva, a temperatura do ar, a radiação solar e o fotoperíodo. Sendo assim há um item destinado para cada um destes elementos no Capítulo 2. Além disso, há itens sobre fenômeno ENOS e mudanças climáticas.

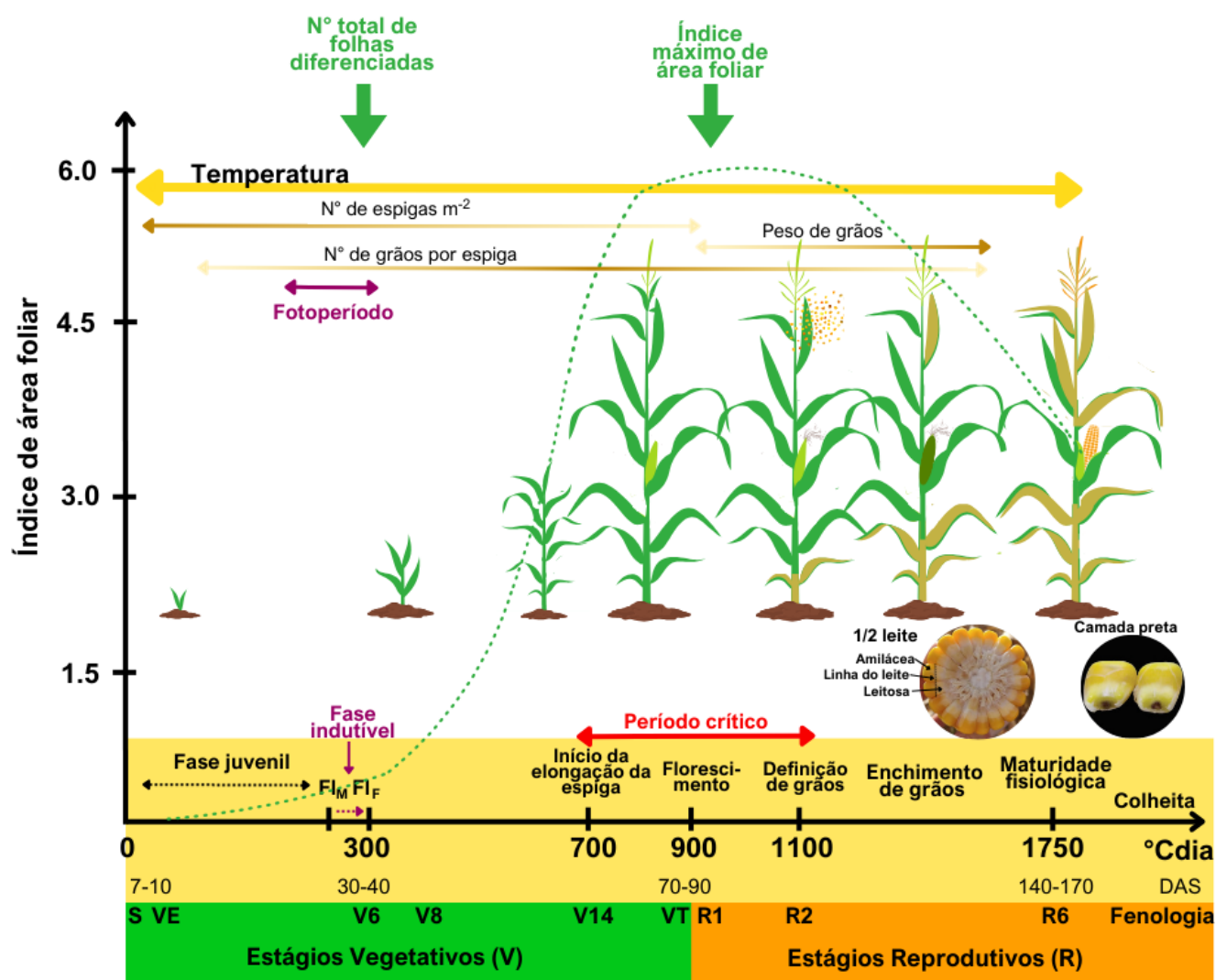


Figura 2. Representação esquemática do ciclo de desenvolvimento do milho da semeadura até a colheita. No eixo x estão os estágios de desenvolvimento segundo a escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993), a duração do ciclo em tempo térmico ($^{\circ}\text{C}^{\text{dia}}$) e em dias após a semeadura (DAS).

O Capítulo 3 – Nutrição é dividido em 3.1) Correção e condicionamento do solo, 3.2) Exigências nutricionais e 3.3) Marcha de absorção, acumulação e exportação de nutrientes. Neste capítulo, é apresentada a relação entre produtividade de grãos de milho e pH do solo, onde, através do acompanhamento de 285 lavouras de milho do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, foi identificado uma perda de 9,3 sc ha⁻¹ para cada ponto de pH baixo de 5,5. Também é abordada a

demanda e exportação de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn pelas plantas de milho, ou seja, a quantidade desses nutrientes que a planta necessita para completar seu ciclo (demanda) e o que “sai” da lavoura através dos grãos (exportação). Como exemplo, a Figura 3 mostra a demanda de nitrogênio de acordo com a expectativa de produtividade em diferentes épocas de semeadura para Itiquira/MT.

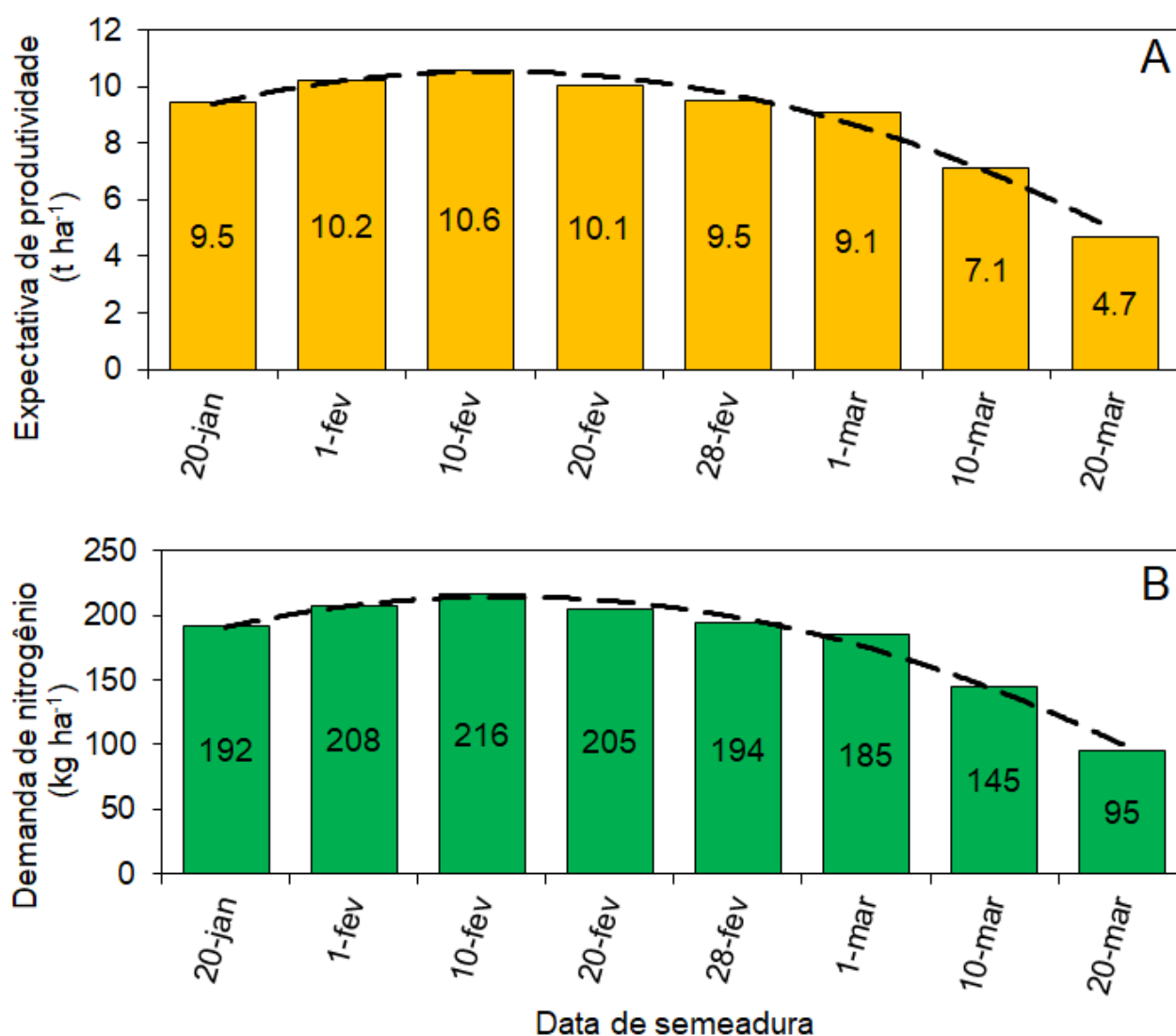


Figura 3. Expectativa de produtividade de grãos de milho de acordo com a data de semeadura para Itiquira, Mato Grosso/Brasil, na safra 2023 (A). Demanda (ou exigência) de nitrogênio para a planta completar seu ciclo de desenvolvimento, de acordo com a expectativa de produtividade em cada data de semeadura (B).

O Capítulo 4 traz um tema atual que é o uso de ferramentas digitais de ecofisiologia, que servem de aporte para a tomada de decisão e planejamento agrícola. São apresentados os principais modelos de simulação da cultura do milho. Esses modelos simulam os processos de crescimento, desenvolvimento e a produtividade de grãos da cultura e podem ser usados para diversos fins, como: avaliar o potencial de produtividade (mais a variabilidade de acordo com a disponibilidade de registros climáticos); definir a época de semeadura com maior potencial de produtividade de acordo com o ciclo do híbrido e a densidade de plantas; identificar o momento e a lâmina de irrigação ideal para a lavoura

considerando o potencial de produtividade e a eficiência no uso da água de irrigação; e prever a produtividade da safra com base no clima atual (Yang et al., 2017). Ou seja, através de modelos é possível, de fato, visualizar a interação entre genótipo e ambiente.

No Capítulo 5, aborda-se uma importante prática de manejo: a escolha da época de semeadura. Em três itens e seis subitens são abordados os diferentes objetivos que o produtor pode ter ao definir a época de semeadura: 1) maximizar o potencial produtivo; 2) minimizar riscos de perdas de produtividade por adversidades climáticas; e 3) intensificar de forma sustentável os sistemas de produção. Por exemplo, é através da

escolha do ciclo de desenvolvimento (Capítulo 1, item 1.4 – Genótipo) e da época de semeadura que é possível coincidir as fases mais críticas para a incidência de radiação solar com o momento de maior disponibilidade de radiação solar no ambiente, que no Rio Grande do Sul ocorre nos meses de dezembro e janeiro. Avaliando 601 lavouras do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina durante cinco safras, encontrou-se que a data de semeadura que maximiza as produtividades é próxima de 16 de setembro.

O sexto capítulo é intitulado “Potencial de Produtividade, Potencial de Produtividade Limitado pela Água e Lacunas de Produtividade de Milho” e traz o potencial e lacunas de produtividade de milho para o mundo e o Brasil, além de um estudo de caso para o Rio Grande do Sul e para Santa Catarina. O potencial de produtividade (Pp) é definido pela quantidade de radiação solar incidente, concentração de CO₂ atmosférico, temperatura do ar e as características genéticas de um genótipo que determinam o máximo que a cultura pode produzir (Cassman et al., 2003). Ou seja, pensando em manejo, pela época de semeadura e escolha do genótipo. Esse potencial pode ser limitado por fatores como suprimento de água e aporte de nutrientes para as culturas. O potencial de produtividade limitado pela água (Ppa) é semelhante ao Pp, no entanto, considera as condições reais de suprimento da necessidade de água da cultura e, portanto, a precipitação natural e as condições de solo de uma determinada região (Van Ittersum et al., 2013). A produtividade média (Pm) é a produtividade alcançada nas lavouras comerciais de uma determinada região, refletindo, assim, os solos, o clima, a utilização de tecnologia e as habilidades médias dos produtores. Na produtividade média estão atuando fatores que reduzem a produtividade das culturas (como insetos, doenças e plantas daninhas). A diferença entre o potencial de produtividade e a produtividade média é a lacuna de produtividade, do inglês “yield gap”.

Atualmente, a sustentabilidade da agricultura global e temas como preservação ambiental, uso racional da água e redução do uso de agroquímicos são muito discutidos. A partir de estudos publicadas

em revistas de alto impacto, como *Agronomy Journal*, *Crop Protection*, *Fungal Biology*, *Rhizosphere*, *Tropical Plant Pathology*, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* e *Nature*, **o Capítulo 7 apresenta uma revisão sobre o uso de Bioinsumos na cultura do milho**. São apresentados exemplos do uso de bioinsumos na cultura do milho, relacionados a fatores que limitam e reduzem o potencial de produtividade da cultura, como nutrição e manejo fitossanitário.

Por fim, o **Capítulo 8 intitulado “Os degraus de uma lavoura de milho lucrativa e sustentável”** traz um resumo dos principais pontos que devem receber atenção na busca por altas produtividades. Para construir uma lavoura de alta produtividade e sustentabilidade é necessário seguir vários passos importantes que ajudam a encontrar o manejo ideal para explorar o potencial produtivo da cultura e garantir a lucratividade da lavoura. Trata-se, portanto, de: água, época de semeadura, densidade e distribuição de plantas, genética, nutrição e calagem, insetos, plantas daninhas e doenças.

Considerações finais

A 2ª Edição do Livro *Ecofisiologia do Milho Visando Altas Produtividades* é o resultado da união de mais de 18 anos de pesquisas lideradas pela Equipe FieldCrops, juntamente com esforços de instituições de ensino, pesquisa e extensão, produtores rurais e empresas privadas da América do Sul.

Os tópicos abordados e o detalhamento das informações visam auxiliar na compreensão dos eventos fenológicos, fisiológicos e morfológicos, bem como das exigências climáticas e de manejo da cultura. Para assim, diminuir as lacunas de produtividade existentes, levando em consideração os sistemas de produção de cada região. Buscou-se simplificar o entendimento dos processos que ocorrem nas lavouras de milho e a partir disso, sensibilizar agricultores e profissionais do “agro” a aplicarem este conhecimento.

Conhecer a ecofisiologia do milho é fundamental para alcançar altas produtividades e

atender a demanda futura por alimentos de forma sustentável. Aumentar a eficiência dos recursos e o lucro do produtor é um desafio a ser enfrentado diariamente. Para isso, precisamos entrar na lavoura e “conversar” com as plantas, a ponto de ter a percepção do que a lavoura está nos revelando.

Referências bibliográficas

CASSMAN, K. G.; DOBERMANN, A.; WALTERS, D. T.; YANG, H. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 28, p. 315-358, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.040202.122858>.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Special Report**, n. 48, Ames, Iowa: Iowa State of University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21 p.

VAN ITTERSUM, M. K.; CASSMAN, K. G.; GRASSINI, P.; WOLF, J.; HOCHMAN, Z. Yield gap analysis with local to global relevance: a review. **Field Crops Research**, v. 143, n. 1, p. 4-17,

2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>.

YANG, H.; GRASSINI, P.; CASSMAN, K. G.; AIKEN, R. M.; COYNE, P.I. Improvements to the Hybrid-Maize model for simulating maize yields in harsh rainfed environments. **Field Crops Research**, v. 204, p. 180-190, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.019>.

YANG Y.; GUO X.; LIU, H.; LIU, G.; LIU, W.; MING, B.; XIE, R.; WANG, K.; HOU, P.; LI, S. The effect of solar radiation change on the maize yield gap from the perspectives of dry matter accumulation and distribution. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 2, p. 482-493, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63581-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63581-X).

Nereu Augusto Streck -Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), integrante da Equipe Field Crops.

Alencar Junior Zanon, Eng. Agr. Dr. - Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pesquisador CNPq, consultor em sistemas de produção da ONU e do FLAR/CIAT e integrante da Equipe Field Crops.

Participação do GUIHE na XXVIII Jornada de Herbologia e VII Campeonato Sul-Brasileiro de Herbologia

Estéfani Sulzbach¹, Paula Angonese¹, Leonardo Kroth², William Kroth², Aldo Merotto Jr³ e Catarine Markus³

XXVIII Jornada de Herbologia

Nos dias 15 a 19 de janeiro de 2024 o Grupo Universitário de Investigações em Herbologia (GUIHE) participou da XXVIII JORNADA DE HERBOLOGIA e VII CAMPEONATO SUL-BRASILEIRO DE HERBOLOGIA do Rio Grande do Sul (RS).

A Jornada de Herbologia é uma ação conjunta entre pesquisadores e da área de diversas universidades do sul do Brasil, instituições públicas e privadas que trabalham na área da Herbologia. As instituições que apresentaram experimentos e respectivos responsáveis foram:

- UFFS (Gismael Perin e Leandro Galon);
- IFRS-Sertão (Anderson Nunes e Fernando Machado dos Santos);
- UPF (Mauro Rizzardi);
- UNICRUZ (Theodoro Schneider),
- CCGL Tec (Mario Bianchi);
- UFSM (André Ulguin);
- UFPel (Dirceu Agostineto, Edinalvo Camargo e Luis Avila);
- Embrapa Clima Temperado (André Andres).

As instituições UFRGS, IRGA e UCS não fizeram parte desse roteiro de apresentações devido ao rodízio regular da Jornada. Nesta edição participaram pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação das seguintes instituições: UFPel, Embrapa Clima Temperado, Embrapa Bagé, IF Sul

– Bagé, UFSM-SM, CCGL, UNICRUZ, UFSM-FW, UPF, Embrapa Trigo, IFRS-Sertão, UFFS, UCS e UFRGS.

As empresas que contribuíram como patrocinadoras e contaram com profissionais participantes nas visitas foram ADAMA, BASF, BAYER, CORTEVA, FMC, NORTOX, NUFARM, OUROFINO, SYNGENTA E UPL. A responsabilidade da organização desta edição da Jornada foi do professor Mauro Rizzardi (UPF).

Foram visitados mais de 20 experimentos relacionados às culturas de soja, feijão, milho e arroz irrigado. Os principais assuntos discutidos foram: manejo químico de plantas daninhas em soja utilizando herbicidas pré-emergentes associados ou não ao glifosato e glufosinato de amônio; seletividade de doses de dicamba aplicadas em diferentes épocas de desenvolvimento da soja, seletividade de herbicidas, fungicidas e inseticidas na cultura do feijão; flupyroxifen-benzyl como dessecante pré-semeadura da cultura do milho, mistura de herbicidas auxínicos no controle de plantas daninhas de folha larga, cobertura de inverno para culturas da soja e milho, controle de plantas daninhas em soja Xtend e Conkesta E3, controle de plantas daninhas em pré-emergência e pós-emergência da soja, aplicação de herbicidas com drones agrícolas, aplicação localizada, controle de leiteiro resistente aos herbicidas inibidores da

¹Pós-Graduando no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia - UFRGS. E-mail: estefanisulzbach@gmail.com, paulasangonese@gmail.com

²Graduando no Curso de Agronomia da Faculdade de Agronomia - UFRGS. E-mail: williamkroth64@gmail.com; leonardovkroth@gmail.com

³Professores no Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia - UFRGS. E-mail: catarine.markus@ufrgs.br; aldo.merotto@ufrgs.br

ALS, doses de 2,4-D e tiafenacil isolados e em mistura e seus efeitos da interação para o controle de leiteiro; nível de dano econômico de caruru na cultura da soja, controle de caruru resistente aos inibidores da ALS e EPSPs; rotação de culturas anuais em terras baixas (soja, arroz Clerafield™, e arroz Provisia™), sensibilidade de cultivares de

arroz aos herbicidas, uso de herbicidas pré-emergentes em terras baixas e manejo de ciperáceas e dicotiledôneas na cultura do arroz. Abaixo seguem fotos dos participantes de algumas das visitas realizadas.



Foto: das vistas nas instituições: UFFS-Erechim; IFRS-Sertão; UPF-Passo Fundo; UNICRUZ-Cruz-Alta; CCGL-Cruz Alta; UFSM-Santa Maria; UFPel e EMBRAPA, Pelotas.

Durante a XXVIII Jornada de Herbologia foi realizado o VII Campeonato de Herbologia do RS com objetivo de proporcionar experiência

educacional, na qual os estudantes de graduação e pós-graduação de Universidades do Rio Grande do Sul podem ampliar seus conhecimentos aplicados à

Herbologia. As provas realizadas pelos estudantes foram:

Identificação de plantas e sementes de plantas daninhas:

Cada participante teve 30 minutos para identificar um total de 30 plantas daninhas e/ou sementes. A prova exigia que os participantes indicassem o nome comum e científico das plantas.

Conhecimentos gerais em herbologia e calibração de pulverizador:

Cada participante teve 40 minutos para responder uma prova teórica sobre conhecimentos gerais em herbologia que incluía problemas e informações sobre calibração de pulverizador de todos os tipos, conversões métricas no sistema universal, ou americano (por exemplo, quantos

litros tem um galão americano, ou quantos quilômetros tem em uma milha).

Sintomatologia de herbicidas:

Os participantes tiveram 15 segundos para identificar o mecanismo de ação de acordo com a sintomatologia verificada plantas daninhas e culturas através de fotos. Foram incluídos na prova de sintomatologia herbicidas aplicados em PPI, PRÉ e/ou PÓS-EMERGÊNCIA.

Recomendação de controle de plantas daninhas em culturas:

Cada participante recebeu dois problemas de campo para resolver em 10 minutos para o diagnóstico e efetuar as recomendações.



Foto: Paula Angonese (1º lugar nível pós-graduação) e Estéfani Sulzbach (2º lugar nível pós-graduação), GUIHE/UFRGS.



Entre os destaques do campeonato, as alunas de pós-graduação e integrantes do GUIHE Paula Angonese e Estéfani Sulzbach, orientadas dos Professores Aldo Merotto Jr e Catarine Markus, respectivamente, obtiveram premiações de destaque no Campeonato. O 1º lugar e 2º lugar geral da pós-graduação foi concedido as alunas Paula Angonese

e Estéfani Sulzbach, respectivamente, além de destaque nas provas individuais descritas abaixo.

Prova de identificação de plantas daninhas e sementes de plantas daninhas

Destaque: Paula Angonese

Prova de conhecimentos gerais em herbologia e calibração de pulverizadores

Destaque: Paula Angonese

Prova de sintomatologia de herbicidas

Destaque: Estéfani Sulzbach

Prova de recomendação de controle de plantas daninhas em culturas

Destaque: Paula Angonese

Considerações finais

A jornada de herbologia proporcionou a integração de diferentes grupos de pesquisa, professores, alunos e profissionais da indústria. Essa integração permitiu difusão dos estudos e trabalhos de pesquisa conduzidos pelas diferentes instituições de pesquisa em herbologia distribuídas no RS. O campeonato oportunizou a ampliação dos conhecimentos em herbologia para os estudantes de graduação e pós-graduação, como também novas amizades, troca de ideias e novas experiências.



Foto: Participação dos integrantes Leonardo Kroth (iniciação científica), Estéfani Sulzbach (doutoranda PPG-Fito), William Kroth (iniciação científica), Prof. Aldo Merotto Jr e Paula Angonese (doutoranda PPG-Fito) do Grupo Universitário de Investigações em Herbologia – GUIHE/UFRGS na Jornada de Herbologia – EMBRAPA, Pelotas.



FACULDADE DE AGRONOMIA



/FagroUFRGS