

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ESTUDO DA ADUBAÇÃO COM NPK NOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO,
PRODUTIVIDADE E ESTADO NUTRICIONAL DA CEVADA (*Hordeum vulgare L.*),
NO CERRADO, SOB PLANTIO DIRETO.**

ANDERSON CORDEIRO

ORIENTADOR: SEBASTIÃO ALBERTO DE OLIVEIRA

CO-ORIENTADOR: WALTER QUADROS RIBEIRO JÚNIOR

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PUBLICAÇÃO: 230/2006

BRASÍLIA/DF
JULHO/2006

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ESTUDO DA ADUBAÇÃO COM NPK NOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO,
PRODUTIVIDADE E ESTADO NUTRICIONAL DA CEVADA (*Hordeum vulgare L.*),
NO CERRADO, SOB PLANTIO DIRETO.**

ANDERSON CORDEIRO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA
E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS AGRÁRIAS NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DE DISCIPLINAS DE
GESTÃO DE SOLO E ÁGUA.**

APROVADA POR:

SEBASTIÃO ALBERTO DE OLIVEIRA, Dr.
Professor Adjunto da Universidade de Brasília
(ORIENTADOR) CPF: 002.094.4438-12. E-mail: oliveira@unb.br

WALTER QUADROS RIBEIRO JÚNIOR, Ph.D.
Pesquisador Nível III da Embrapa Cerrados
(CO-ORIENTADOR) CPF: 906.075.388-72 E-mail: walter@cpac.embrapa.br

WENCESLAU J. GOEDERT, Ph.D.
Professor Adjunto da Universidade de Brasília
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 005.799.550-87 E-mail: goedert@unb.br

CRISTIANO NUNES GONÇALVES, Dr
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico-CNPq
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 538.878.401-00 E-mail: nunesg@cnpq.br

BRASÍLIA/DF, 13 de JULHO de 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Cordeiro, Anderson

Estudo da adubação com NPK nos parâmetros de crescimentos, produtividade e estado nutricional da cevada (*Hordeum vulgare L.*), no cerrado, sob plantio direto. / Anderson Cordeiro; orientação de Sebastião Alberto de Oliveira. – Brasília, 2006. 85 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006.

1. Cevada. 2. *Hordeum vulgare L.* 3. DRIS. 4. NPK. 5. Diagnose foliar. 6. Matéria seca. 7. Dose econômica. I. Oliveira, S. A de. II. Dr.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CORDEIRO, A. Estudo da adubação com NPK nos parâmetros de crescimentos, produtividade e estado nutricional da cevada (*Hordeum vulgare L.*), no cerrado, sob plantio direto. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006, 85 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Anderson Cordeiro

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Estudo da adubação com NPK nos parâmetros de crescimentos, produtividade e estado nutricional da cevada (*Hordeum vulgare L.*), no cerrado, sob plantio direto.

GRAU: Mestre ANO: 2006

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Anderson Cordeiro

CPF: 722.149.701-00

Qe 15 Conj B Casa 16

71050-020 – Brasília /DF – Brasil

Telefone: (0XX61) 3381-5469

E-mail: andecor@gmail.com

Aos meus pais, Leudocia e José Pereira
ao meu irmão André,
aos amigos,
que sempre me apoiaram nas horas difíceis,
que me conduziram com
muita sabedoria e fé até aqui,
permitindo a realização deste sonho.
Com muito amor e carinho dedico

AGRADECIMENTOS

Aos deuses, pela sabedoria adquirida.

À Universidade de Brasília, em especial, à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), pela oportunidade de realização deste curso.

A CAPES pela concessão as bolsa de estudos.

Ao Professor, pesquisador, orientador, Sebastião Alberto de Oliveira pelos conhecimentos adquiridos, compreensão e pela confiança cedida.

Ao pesquisador, co-orientador, Walter Quadros Ribeiro Júnior, por acreditar neste projeto, pelo companheirismo, pela sua dedicação, competência, por ser um grande detentor de sabedoria, amizade, generosidade, e pelo seu imenso caráter, que será um espelho para minha vida pessoal e profissional.

A professora, pesquisadora, Maria Lucrecia Gerosa Ramos, pelo grande apoio dado neste projeto.

Ao pesquisador Renato Fernando Amabilie, pelos conhecimentos adquiridos, e pela ajuda financeira, que possibilitou a realização deste sonho.

Ao professor, Adley Carmago Ziviani, pela confiança, apoio e amizade.

À Embrapa Cerrados, pelo fornecimento da área experimental, instalações e equipamentos.

Ao membros da banca de defesa, Dr. Wenceslau J. Goedert e ao Dr. Cristiano Nunes Gonçalves.

Aos amigos funcionários da Embrapa, Ronaldo Gomes de Souza, Sebastião Viana da Silva, Antônio Neto da Costa, João Pereira dos Reis, Luiz Gonzaga Pereira e Celso da Cruz, pela ajuda dada e que proporcionaram muitos momentos de alegrias, e aos demais funcionários que participaram direta ou indiretamente deste projeto.

Aos professores do curso de mestrado, representados pelo professor Sebastião Alberto de Oliveira, pelo aprendizado e companheirismo.

Ao pesquisado, Carlos Alberto, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos alunos, estagiários do professor Adley, do curso de graduação da UPIS, pelo auxílio na coletas de dados e pela vontade de aprender.

Aos amigos, Vinicius Brito, Marcela, Umberto Vasconcelos, Iané Azevedo, Flávia Panda, Alison Brito, Wilian Brito, Dedeu, Pablo, Juliana, Ricardo e Leandro, pela amizade oferecida, por me agüentar nos momentos de estresse e pelas noitadas hilárias.

Aos amigos de curso, Dessirre, Thais Rodrigues Coser, William Evangelista, Gustavo Henrique, Rodrigo Carvalho pelo apoio, amizade, ajuda e companheirismo oferecidos.

A minha família pela compreensão, apoio e confiança a mim dedicada.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação, pela paciência e compressão.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desta nova etapa da minha vida.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO GERAL	13
A cevada no mundo e no Brasil, e sua introdução no Brasil – Central	13
Manejo: Época e densidade de plantio	16
Plantio direto	16
Qualidade industrial da cevada malteira e processo de malteação	18
Influência da adubação N, P e K na cultura da cevada cervejeira	19
Influência do nitrogênio na qualidade e produtividade dos grãos da cevada	19
Adubação potássica	21
Adubação fosfatada	23
Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)	24
Diagnose foliar	25
Normas DRIS	29
Índice DRIS	30
OBJETIVOS GERAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPÍTULO 1 - EFEITO DA ADUBAÇÃO NPK NO CRESCIMENTO E NA PRODUTIVIDADE DA CEVADA CERVEJEIRA, SOB PLANTIO DIRETO.	46
RESUMO	47
ABSTRACT	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAL E MÉTODOS	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
Produtividade	54
Peso de mil grãos	57
Altura da planta	57
Matéria seca	58
Teor de proteína e germinação dos grãos	60
Dose econômica	61
CONCLUSÕES	62
TABELAS E FIGURAS	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

CAPÍTULO 2 - EFEITO DA ADUBAÇÃO NPK NO ESTADO NUTRICIONAL DA CEVADA CERVEJEIRA, SOB PLANTIO DIRETO.	72
RESUMO	73
ABSTRACT	74
INTRODUÇÃO	75
MATERIAL E MÉTODOS	78
RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
CONCLUSÕES	86
TABELAS E FIGURAS	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 01

1.1 - Resultado da análise química do solo, antes da implantação do experimento.	63
1.2 - Tratamentos definidos a partir da matriz experimental Plan Puebla II.	63
1.3 - Coeficientes obtidos na regressão múltipla das doses dos nutrientes.	64
1.4 - Análise de variância da produtividade, peso de mil grãos, altura e matéria seca (no início do enchimento dos grãos), da cevada, nos diferentes tratamentos.	65
1.5 – Percentagem de germinação e teor de proteína nos grãos da cevada, nos diferentes tratamentos.	67

CAPÍTULO 02

2.1 - Resultado da análise química do solo, antes da implantação do experimento.	87
2.2 - Tratamentos definidos a partir da matriz experimental Plan Puebla II.	87
2.3 - Resultados da análise foliar e produtividade nos diferentes tratamentos, no início do perfilhamento, na cevada, cultivar BRS 195.	89
2.4 - Índice DRIS e ordem de limitação dos nutrientes para os diferentes tratamentos.	90
2.5 - Matriz de correlação entre os nutrientes, através do índice DRIS utilizando todos os tratamentos.	91
2.6 - Níveis de suficiência e correlações entre os teores foliares e os índices DRIS dos nutrientes.	91

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 01

- 1.1. Representação gráfica da matriz experimental Plan Puebla II. 64
- 1.2. Representação gráfica da produtividade, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, da matriz experimental Plan Puebla II, nas diferentes doses de N, P_2O_5 e K_2O , em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. 66

CAPÍTULO 02

- 2.1. Representação gráfica da matriz experimental Plan Puebla II. 88
- 2.2. Produtividade de grãos de cevada, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, dos 14 tratamentos em função do Índice de Balanço Nutricional (IBN). 92

RESUMO GERAL

ESTUDO DA ADUBAÇÃO COM NPK NOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ESTADO NUTRICIONAL DA CEVADA (*HORDEUM VULGARE L.*), NO CERRADO, SOB PLANTIO DIRETO.

O crescimento da produção de cevada na região do cerrado, sob plantio direto é suma importância para que se possa atingir a auto-suficiência deste cereal. O objetivo deste trabalho foi obter as doses econômicas de fertilizantes, avaliar o estado nutricional, e analisar os parâmetros, matéria seca, altura da planta, peso de mil sementes, percentagem de germinação e teor de proteína no grão. O trabalho foi realizado na Embrapa Cerrados (CPAC), localizada em Planaltina, DF, em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, com altitude de 720m, em área de primeiro ano de plantio direto, irrigado por aspersão. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando a matriz experimental Plan Puebla II. Os tratamentos testados foram a combinação dos quatro níveis de N (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹), P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹) e K₂O (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹). Cada parcela foi constituída de 9 linhas de 3,5 m de comprimento, com espaçamento de 0,20 m entre linhas, e uma população de 250 plantas.m⁻². No início do enchimento dos grãos foram coletadas amostras de plantas para determinar o peso da matéria seca. Ao final do ciclo, 133 dias após a germinação, foram coletadas 5 plantas em cada parcela, para definir a altura de plantas. Após a colheita foi avaliada a produtividade, o peso de mil grãos e foram coletadas amostras de grãos para avaliar a germinação e o teor de proteína. As doses econômicas foram obtidas em função das diferentes relações entre o preço do produto e o preço de cada nutriente. A variável peso de mil grãos não apresentou diferença significativa. Os tratamentos 5 (30-80-60) e 4 (30-80-30) apresentam a maior e menor produtividade média, 4.328 e 2.681 kg.ha⁻¹, respectivamente, sendo estatisticamente diferentes. A matéria seca apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o tratamento 12 (90-80-60) e o tratamento 1 (30-40-30) apresentaram o maior e o menor peso de matéria seca, 3698 e 2280 kg.ha⁻¹, respectivamente. As doses econômicas foram 45 kg.ha⁻¹ de N, 49 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg.ha⁻¹ de K₂O. Os teores de proteínas nos grãos encontram-se acima do nível recomendado em todos os tratamentos. No perfilhamento e no enchimento dos grãos foram coletadas aproximadamente 50 folhas bandeira, de cada parcela, onde foram determinados os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu. Foi definida a melhor época de amostragem por meio da análise de regressão linear múltipla, entre a produtividade e os teores foliares dos nutrientes. Tendo sido realizados cálculos para definir os níveis de suficiência dos nutrientes. A avaliação dos estados nutricionais da cultura, obtida através da análise foliar, apresentaram divergências entre os métodos utilizados. É recomendado que se faça a diagnose nutricional da cultura no perfilhamento, para que se tenha tempo hábil para possíveis correções na adubação. Os nutrientes com alta probabilidade de resposta à adubação, em ordem crescente em percentagem de tratamentos são: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%) > Mg (7,2%). O Índice de Balanço Nutricional (IBN) não apresentou correlação significativa com a produtividade.

Palavras-chave: Cevada, *Hordeum vulgare L.*, diagnose foliar, DRIS, NPK, matéria seca, altura da planta, peso de mil sementes, dose econômica.

GENERAL ABSTRACT

THE EFFECT OF NPK FERTILISATION ON PARAMETERS LINKED WITH PLANT GROWTH, YIELD AND NUTRITIONAL STATUS IN BARLEY (*HORDEUM VULGARE L.*), IN THE BRAZILIAN SAVANNAH UNDER NO TILL PLANTING SYSTEM.

The Increase of total barley production and acreage in the Brazilian Cerrado under no till system is important for self-sufficiency and sustainability. The objective of this work was to obtain economic doses of fertilisers, evaluate nutritional status and analyse several parameters such as dry matter, plant height, weight of thousand seeds, germination and protein content. The work was carried out in the Embrapa Cerrados, on a clay textured Oxisol found 720m above sea level, in a first year of no till planting system, irrigated by sparkling system. It was a random block design experiment, with 4 replicates, using experimental matrix Pan Puebla II. Tested treatments were a combination of four levels of N (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹), P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹) and K₂O (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹). Each plot had 9 lines with 3,5m length, and distance between rows of 0,2 m, with a population of 250 plants.m⁻². In the beginning of the grain filling, samples of shoot were collected, in order to determine the dry matter. At the end of the cycle, 133 days after germination, 5 plants were collected in each plot, in order to measure plant height. After harvest, the parameters evaluated were yield, weight of 1000 grains, seed germination and protein content. The economic dose was obtained using the relation between grain and fertilisers prices. Weight of 1000 grains did not show significant differences. Treatments 5 (30-80-60) and 4 (30-80-30) showed higher and lower average productivity, respectively, with statistic significant differences. Economic doses were 45 kg.ha⁻¹ for N, 49 kg.ha⁻¹ for P₂O₅ e 48 kg.ha⁻¹ for K₂O. Protein content was higher than recommended in all treatments. During lodging and grain filling about 50 flag leaves were collected in each plot and the following nutrients were determined: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu. The best physiological stage for sampling was determined using linear regression between yield and leaf nutrient content. Sufficiency levels of nutrients were calculated. Evaluated methods showed differences considering nutritional status of culture. Nutritional diagnosis during tillering stage is recommended in order to correct nutrient level as soon as possible. Nutrients with the highest possibility of increasing productivity expressed in %, were in the following increasing order: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%) > Mg (7,2%). Nutritional balance index did not show correlation with productivity.

Key words: Barley, *Hordeum vulgare L.*, leaf diagnosis, DRIS, NPK, dry matter, plant height, weight of one thousand seeds, economic doses.

INTRODUÇÃO GERAL

A cevada no mundo e no Brasil, e sua introdução no Brasil – Central:

A Cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o cereal em cultivo mais antigo no mundo, sendo uma das primeiras plantas domesticadas para a alimentação humana (Borém, 1999). É utilizada desde as culturas neolíticas do Egito, entre 6000 e 5000 anos a.C., e é bastante difundida por todo o mundo. Por muito tempo a cevada foi o principal alimento das civilizações ocidentais antigas. A cevada é uma planta herbácea, de ciclo anual e raiz capilar. Seu caule pode atingir até 1 metro de altura. As folhas são verdes, alternas, compridas e largas. As flores são agrupadas em inflorescências do tipo espiga dística com aristas compridas. Os grãos na espiga podem ser alinhados em duas ou seis fileiras. As sementes são compridas, de coloração amarelada na parte externa com um sulco longitudinal (Floriane, 2002).

A produção de cevada ocorre, em maior parte, nas regiões de clima considerado marginal para o cultivo de outros cereais como, o trigo, milho e arroz, estando concentrada nas regiões temperadas da Europa, Ásia e América do Norte, onde a Rússia, Canadá, França, Reino Unido, Estados Unidos, China, Alemanha, Dinamarca, Espanha e Austrália, são considerados os maiores produtores mundiais (Minella, 1999). Das 170 milhões de toneladas produzidas mundialmente, apenas cerca de 1% é produzida pela América Latina (Borém, 1999). Seu principal uso é na alimentação animal, como grão forrageiro, pastagem, feno e silagem, seguido pela produção de malte e pelo consumo humano, na forma integral, como malte ou farinha. As maiores produções para o consumo humano, ocorrem em regiões onde os outros cereais não produzem bem, como nas regiões semi-áridas do norte da África, do Oriente Médio e da Ásia, regiões montanhosas da Ásia, África e América do Sul, e regiões de latitudes extremas (Minella, 1999).

A cevada no Brasil adquiriu importância agrônômica em 1930 e até meados de 1976 era cultivada somente na região Sul do país; neste mesmo ano foi lançado o plano Nacional de Auto-suficiência de Cevada e Malte (Amabile et al., 2002). Contudo, mesmo com este plano de apoio do governo, as importações continuaram, pois a produção estava restrita ao Sul do país. Atualmente, a auto-suficiência da produção de cevada no Brasil, é favorecida pela viabilização deste cereal no Cerrado, que em cultivo de inverno pode-se obter altas produtividades e boa qualidade de grãos, além de menor risco de chuva na colheita e diminuição da incidência de doenças fúngicas.

A cevada cervejeira cultivada no Brasil ocupa uma área de 135.640 hectares e obteve uma produção total de 274.888 toneladas em 2001. A região Sul detém a maior área semeada do país, com uma superfície total cultivada de 98,7%, destes 68,1% são no Rio Grande do Sul e 30,6% no Paraná; é o maior produtor nacional de grãos com 97,3%, destes 72,7% é produzido no Rio Grande do Sul e 24,6% no Paraná.

A cevada cultivada na região dos cerrados está restrita aos estados de Goiás e Minas Gerais (Amabile et al., 2002a). No estado de Goiás, a cultura representa 2,6% da produção nacional, contribuindo com um dos maiores rendimentos médios de grãos no país, com cerca de 4.000 kg ha⁻¹.

Do total da área cultivada no Brasil, cerca de 90 % é semeada sob plantio direto e em grande maioria sobre resteva de soja. Do total de grãos produzidos, 86,0% é destinado ao malte, 8,0% para produção de sementes e 6,0 % como grão forrageiro (Minella, 2002).

Segundo Amabile et al. (2002), a região do Cerrado apresenta um conjunto de características favoráveis, propiciando a realização de atividades de produção agropecuária, devido às satisfatórias precipitações anuais em torno de 1.200 a 1.800mm no período chuvoso, que ocorrem em seis meses do ano, e os meses restantes são desprovidos de grandes precipitações e ocorrem baixas temperaturas médias, favorecendo o cultivo irrigado, que

proporciona uma maior rentabilidade e uma melhor qualidade dos grãos. Além disso, devido as boas características físicas do solo, proporcionam uma maior drenagem e maior desenvolvimento do sistema radicular, que é benéfico para o cultivo da cevada.

Segundo Beratto et al (2001), esta cultura não é resistente ao excesso de umidade no solo, porém apresenta resistência a solos alcalinos e salinos, mas não apresenta resistência a solos ácidos, que é uma das características do cerrado relativamente fácil de se corrigir, assim como sua baixa fertilidade natural.

Um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento da cevada nos solos ácidos do cerrado é a toxidez de alumínio (Minella & Sorrells, 2002), que inibe a divisão e o alongamento das células das raízes, limitando a absorção de água e conseqüentemente a absorção dos nutrientes necessários para seu pleno desenvolvimento (Reid, 1971; Alam, 1981; Foy, 1983), assim a produção da cevada se limita a áreas com baixa acidez ou com solos onde esta é corrigida.

No cerrado são produzidas várias culturas de grãos no período de inverno, como a soja, milho, feijão, arroz, algodão (Embrapa, 2004). A introdução da cevada irrigada no sistema de produção pode ser uma importante alternativa de rotação de culturas, quebrando o ciclo das doenças, que surgem com a monocultura, como o mofo branco, fusariose, e a rhizoctoniose, no feijão. A introdução desta cultura no sistema de produção proporciona um aumento da produtividade das lavouras, e reduz os custos de produção, diminuindo a aplicação de defensivos, aumentando assim a sustentabilidade do agroecossistema.

De acordo com Minella (2003), a produção de cevada apenas para malte cervejeiro é economicamente competitiva em relação aos demais cereais, além da segurança de comercialização, quando integrada às empresas de fomento, como a Malteria do Vale.

Manejo: Época e densidade de plantio:

No Brasil Central, apenas um cultivar de cevada é recomendado: a BRS 180, e a introdução de um novo cultivar, como a BRS 195, requer estudos de manejo para se obter não somente maior produtividade, mas também maior cobertura vegetal, facilitando o plantio direto, aumentando as chances do êxito da adoção deste cultivar na região do Cerrado.

Amabile et al. (2002b) estudaram o efeito de seis épocas de semeadura no cerrado, sendo o primeiro plantio dia 1º de abril e os demais no espaço de 14, 28, 42, 56 e 70 dias, após o plantio, observou-se que o cultivar BRS 195 apresentou o maior rendimento, a maior percentagem de grãos de 1ª classe e o melhor peso de mil grãos, na quinta época, segunda quinzena de Maio.

Segundo Foutoura et al. (2001); Amabile et al. (2002b); Foutoura & Moraes (2002); Silva et al. (2002); Grohs et al. (2003); Piana et al. (2003), a densidade de plantio, do cultivar BRS 195, afeta significamente o rendimento e a qualidade da cevada, e a produtividade se torna estável com a densidade de 250 plantas /m².

Fontoura & Moraes (2002) concluíram que o aumento da densidade de plantas reduziu o teor de proteína nos grãos.

Plantio direto:

O preparo do solo, com uso excessivo de gradagens superficiais e continuamente na mesma profundidade, provoca a desestruturação da camada arável, transformando-a em duas fases distintas: a superficial pulverizada e a subsuperficial compactada. Essas transformações reduzem a velocidade de infiltração de água no solo e o desenvolvimento radicular das plantas, resultando, respectivamente, no incremento da enxurrada e na redução do potencial de produtividade da lavoura. Esse aspecto, ligado à falta de cobertura do solo, às chuvas de alta intensidade, ao uso de áreas inaptas para culturas anuais e sistemas de terraços e de

plantio em contorno como práticas isoladas de conservação do solo são possíveis fatores causadores do processo de erosão e de degradação dos solos (Minella, 2003).

O plantio direto no Brasil teve como o marco histórico em 1969, onde os professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul plantaram um hectare de sorgo sem o preparo do solo e sobre os restos culturais da cultura antecedente. Porém somente a partir de 1975 o plantio direto foi incorporado de forma definitiva nos programas de pesquisa, na Embrapa trigo em Passo Fundo. Em 1976, com o apoio da empresa ICI Brasil, no Rio Grande do Sul, já havia 1.600 hectares de lavoura plantada sob plantio direto, na sucessão trigo e soja. A evolução destas áreas no período 1976 a 1985 foi prejudicada devido às dificuldades no manejo das plantas daninhas, limitações das plantadeiras de plantio direto, e o uso excessivo da sucessão trigo e soja, que contribui para a proliferação de fitopatógenos, não proporcionando os benefícios esperados da cobertura morta (Denardin & Kochhann, 2002).

No período de 1985 a 1998 ocorreu um crescimento acentuado das lavouras sob plantio direto, principalmente nos períodos de 1993 a 1998, proporcionado pela adoção do modelo Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), e pela popularização deste sistema, promovendo o aumento do desenvolvimento e disponibilidade de equipamentos; maior conhecimento sobre a técnica, principalmente na operacionalidade das máquinas e equipamentos; aumento da adoção do plantio direto pelas médias e pequenas propriedades; e a melhora do manejo de insumos agrícolas (Denardin & Kochhann, 2002).

No período de 1998 a 2000 houve um pequeno decréscimo das lavouras sob plantio direto, provavelmente devido os produtores observarem o decréscimo das produtividades de soja e a estabilidade nas produtividades de milho, nas safras de 1994 a 1998, devido à compactação do solo, pelo uso interrupto desse sistema, observações que não foram confirmadas pelas pesquisas, realizadas pela Embrapa Trigo; a ausência deste efeito foi

constatado também em trigo e cevada. Foi observado que a causa desta variação de produtividade estava ligada somente ao ano produtivo (Denardin & Kochhann, 2002).

Qualidade industrial da cevada malteira e processo de malteação:

A qualidade industrial é determinada pela quantidade de grãos inteiros e seu tamanho, que é expresso em: Tipo 1 ou primeira, que corresponde aos grãos inteiros de cevada que ficam retidos nas peneiras de 2,8 e 2,5 milímetros; Tipo 2 ou segunda, onde os grãos inteiros passam pela peneira de 2,5 milímetros, mas ficam retidos na peneira de 2,2 milímetros; Tipo 3 ou terceira, que inclui os grãos que passam pela peneira de 2,2 milímetros, acrescidos dos avariados, das impurezas e matérias estranhas retidas em quaisquer das peneiras. São também importantes para a qualidade dos grãos: teor de umidade (máximo 13%), poder germinativo (mínimo 95%), pureza varietal (mínimo 95%), e presença de sementes de outras espécies de cereais (máximo de 2%) (Floriane, 2002). De acordo com a legislação brasileira para a produção de malte, o teor de proteína nos grãos deve ser inferior a 12%, para atingir os parâmetros de qualidade, quando destinada a maltagem para fins cervejeiros (Brasil, 1996).

O processo de malteação se divide em 3 etapas operacionais: a maceração, cujo objetivo é fornecer um nível adequado de umidade, entre 35% e 40%, para que ocorra a germinação. Esta é dividida em três fases bioquímicas de transformação: a formação e ativação das enzimas, onde as beta-amilases são cada vez mais fortemente liberadas, ativadas e formadas, sendo que essas enzimas formadas consideradas amilolíticas (hidrolisam amido), citolítica ou hemicelulases, proteolíticas (hidrolisam proteínas) e as fosfatases (hidrolisam fosfato orgânico) (Lemos, 2002).

As alterações metabólicas no grão e autoconsumo são de suma importância, porque a malteação e o controle da germinação visam os metabolismos básicos, que abrangem a solubilização do grão, com o objetivo de decompor o amido e as proteínas e desenvolvimento

embrionário, onde ocorre o desenvolvimento do folículo, que acontece paralelamente à evolução da solubilização do grão. A secagem tem como objetivo tornar o malte verde em armazenável, estabilizar os processos bioquímicos, fornecer o paladar e o aroma característico e retirar as radículas, que causam amargor indesejável, por serem ricas em proteínas e, por fim é feita a torrefação (Lemos, 2002).

Influência da adubação N, P e K na cultura da cevada cervejeira

Influência do nitrogênio na qualidade e produtividade dos grãos da cevada:

O nitrogênio é o elemento mais exigido em quantidade pelas culturas; participa da formação de aminoácidos, proteínas e na composição da molécula da clorofila. Sua deficiência acarreta em clorose das folhas e na redução do crescimento vegetativo (Raij, 1991).

De acordo com Viega et al. (2001), o aumento do rendimento da cevada está correlacionado com o manejo do nitrogênio, da população e o número de grãos por metro quadrado, que é determinado pelo número de espigas e pelo número de grãos por espiga. A qualidade de grãos por espiga está relacionado com o cultivar utilizada e a época de semeadura, que assegura uma maior duração da subfase de espigamento, o que possibilitará um maior número de primórdios por espiga. Com o manejo adequado da adubação nitrogenada e da população de plantas, a disponibilidade de carboidratos no período de pré-antese aumenta, diminuindo a porcentagem de aborto floral.

As doses recomendadas de nitrogênio objetivam a máxima eficiência econômica, com a obtenção de grãos com teor de proteína menor que 12%. A dose de nitrogênio aplicada na semeadura varia de 15 e 20 kg ha⁻¹ e o restante deve ser aplicado em cobertura. As doses a serem aplicadas são adquiridas através de tabelas, que tem como variantes a porcentagem de

matéria orgânica, obtidas através da análise de solo, e a cultura precedente. A aplicação de nitrogênio em cobertura deve ser realizada entre os estádios de perfilhamento e início de alongamento, correspondendo, ao período entre 30 e 45 dias após a emergência. No sistema de plantio direto convém cultivar a cevada após a soja em vez de após milho, pois se tem observado que para as mesmas doses de nitrogênio aplicadas, o rendimento da cevada é superior quando este é cultivado após soja (Minella, 2003).

Resultados semelhantes foram obtidos por Peruzzo et al. (2003). Estes autores observaram que o plantio da cevada sobre resteva de soja resultou em menor uso de N, cerca de 30 kg ha⁻¹ a menos, quando comparado à resteva de milho.

Mundstock & Brendemier (2001) determinaram que a aplicação tardia do N resultou em aumento da produtividade em aveia e trigo. Wamser et al. (2001) desenvolveu um trabalho para avaliar se a aplicação tardia de N na cevada iria influenciar negativamente no teor de proteína dos grãos nos anos de 2000 e 2001. Conclui-se que aplicação de N após o final do perfilhamento e início do alongamento dos entrenós não resultou em aumento do teor de proteína dos grãos, desde que seja seguida a recomendação técnica da cultura.

Resultados semelhantes foram observados por Fontoura & Moraes (2002), na aplicação de N em cobertura no cultivar BRS 195, em duas épocas, na emissão da 3^a e 6^a folhas, e por Silva et al. (2002) com aplicação em duas épocas, na emissão da 4^a e 6^a folha.

Wamser et al. (2001), afirmam que a aplicação de N em cobertura, no alongamento dos colmos, aumenta o acúmulo de N na parte área da cevada, comprovando a grande exigência de N no período de alongamento do colmo descrito por Mundstock (1999). Fontoura & Moraes (2002); Grohs et al. (2003), afirmam que a produtividade do cultivar BRS 195 é afetada pela época de aplicação de N, sobre resteva de milho ou de soja.

Contudo Fontoura et al. (2001); Piana et al. (2003), concluíram que a época de aplicação de N não influenciou na produtividade e no número de espigas e a aplicação de N na

emissão da 4ª folha acarretou em maior número de grãos de primeira qualidade, no cultivar BRS 195.

O aumento da percentagem de proteína no grão, no cultivar BRS 195, não depende apenas da época de aplicação e da quantidade de N (Figuerêdo et al., 2002), mas também devido à elevação da tensão de água no solo. Pois, o cultivar BRS 195, apresenta pouca estabilidade de proteína nos grãos quando submetido ao estresse hídrico e doses elevadas de nitrogênio, e baixa resistência ao acamamento, mesmo tendo baixa estatura, causando redução na produtividade, por prejudicar o enchimento dos grãos.

O aumento da adubação nitrogenada para até 100 kg por hectare, no cultivar BRS 195, não influencia no aumento do teor de proteína nos grãos (Fontoura & Moraes, 2002a). Porém de acordo com Fontoura & Moraes (2003), o cultivar BRS 195 foi o que apresentou menor teor de proteína quando comparado com os cultivares Embrapa 128, BRS 224 e BRS 225.

Segundo Peruzzo (2001), o rendimento do cultivar BRS 195, aumenta com o incremento de nitrogênio até a dose de 90 kg ha⁻¹, e não afeta o teor de proteína nos grãos, chegando ao máximo até 12% de proteína, contudo, este aumento da dose de N acarretou na diminuição do peso de mil sementes e da percentagem de grãos de primeira qualidade (classe 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Fontoura et al. (2001); Fontoura & Moraes (2003); Poletto et al. (2003); Teixeira et al. (2003), que concluíram que o incremento de N resulta em acréscimo da produtividade na cevada.

Adubação potássica:

O potássio é o segundo macronutriente que ocorre nas culturas, e depois do fósforo é o elemento mais consumido pela agricultura. Participa da ativação das funções enzimáticas e da

manutenção da turgidez das células. A deficiência deste nutriente não revela sintomas imediatos (Raij, 1991).

No manejo da adubação potássica, altas doses de potássio são aplicadas no momento da semeadura, e cerca de 95% desta adubação é realizada com uso do sal de cloreto de potássio (KCl) (Anda, 2001). O excesso deste elemento pode afetar significativamente a germinação da semente e a arquitetura das raízes, em virtude de possíveis efeitos salinos (Chueiri et al., 2004). Causa ainda a diminuição dos níveis foliares de Mg (Rhue et al., 1986; Reis Jr., 1995) e de Ca (Locascio et al., 1992; Reis Jr., 1995), pois estes elementos competem por sítios de absorção pela planta e o potássio reduz a concentração de Mg na parte aérea, através da redução da sua translocação das raízes para a parte aérea (Ohno & Grunes, 1985, citados por Reis Jr., 1995) e reduz a absorção de Mg pelas raízes (Claassen & Wilcox, 1974). A alteração dessas concentrações de nutrientes pode trazer problemas ao crescimento vegetal, à morfologia da planta e afetar sua produção.

Carvalho et al. (2001), afirmam que o manejo adotado nos solos brasileiros, que de modo geral são deficientes em minerais potássicos facilmente intemperizáveis, promove, muitas vezes, um balanço negativo no sistema solo-planta, devido às perdas por lixiviação e exportação deste nutriente pelas plantas serem superiores à adição deste no sistema, comprometendo o processo produtivo.

A relação da quantidade de potássio existente no solo é complexa, já que por um lado o solo acumula este nutriente sob a forma mineral, e quando retido entre as lâminas dos minerais de argila, o acesso da plantas a este fica muito limitado, por outro lado, o potássio é um nutriente relativamente solúvel, que pode ser facilmente perdido por lixiviação (Vicente, 2005).

A deficiência de potássio no cereal pode resultar em diminuição do crescimento, retardo na maturação e acamamento devido à palha fraca (Agri-facts, 2000).

Vicente (2005) afirma que para evitar que ocorra deficiência de K, é necessário que se faça uma aplicação de forma preventiva, contudo, para se manter o nível ideal de potássio no solo, o custo é alto e raramente é realizado pelos produtores. Devido a isso o conhecimento das doses ideais dos adubos potássicos é de fundamental importância.

Adubação Fosfatada:

O fósforo é o elemento menos exigido pelas plantas, em relação aos macronutrientes, contudo é o mais utilizado, devido à sua forte deficiência no solo, além de ser adsorvido pelos colóides. Este mineral é absorvido preferencialmente na fórmula química $H_2PO_4^-$ (Raij, 1991). Sua deficiência reflete diretamente na queda de produção (Malavolta, 1989).

Este elemento é essencial em diversos processos metabólicos e de transferência de energia (Raij, 1991), agindo diretamente no desenvolvimento radicular, germinação, maturação, florescimento, formação das sementes e na resistência ao frio dos cereais de inverno (Malavolta, 1989).

Diferentemente do que ocorre no solo, o fósforo apresenta alta mobilidade no interior da planta (Raij, 1991).

Pelas transformações dos compostos fosfatados, por meio de reações de solubilização do fósforo inorgânico e de mineralização do fósforo orgânico, forma-se o fosfato solúvel que pode ser utilizado pelas plantas para o seu crescimento (Berton et al., 1997). Contudo, pouca importância tem sido dada aos compostos orgânicos fosfatados, uma vez que em inúmeros solos constituem a maior fração do fósforo, podendo contribuir para o crescimento de plantas.

Em estudo realizado em um solo de alta fertilidade no Uruguai, não foi constatado o efeito do aumento de doses de fósforo na produtividade e no teor de proteína dos grãos (Hoffman et al., 2001).

Peruzzo et al. (2002), afirmam que houve pequeno decréscimo na produtividade da cevada de primeira classificação, com o aumento das doses de fósforo, principalmente na dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O teor de alumínio no solo, decaiu com o aumento das doses de fósforo, principalmente os fosfatos reativos, que é importante para solos parcialmente corrigidos, constituindo um fator redutor de alumínio no solo, característica desejável para a cultura da cevada.

Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS):

Em países onde ocorrem limitações de produtividades, decorrentes de desequilíbrios nutricionais, o maior desafio é a avaliação do estado nutricional das culturas.

O solo é heterogêneo e nele ocorrem reações complexas, que acarretam em adsorção dos nutrientes aplicados, tornando-os indisponíveis para as plantas, ocasionando deficiências nutricionais mesmo quando são aplicadas as doses recomendadas de fertilizantes (Martinez et al., 1999).

De maneira geral a inclusão de novas tecnologias, ou novos métodos de avaliação nutricional, não são utilizadas pelos produtores rurais, o que pode gerar insuficiência, excesso ou desequilíbrio dos nutrientes na cultura implantada. A deficiência nutricional pode ocasionar a aparição de sintomas de deficiência causados pela interação entre os nutrientes, e não apenas pela baixa dosagem de fertilizantes (Creste et al., 1999), e o excesso de nutrientes, pode tornar o cultivo muito oneroso e improdutivo, segundo Malavolta (1998).

Devido à existência de uma relação bem definida entre o teor de nutrientes na planta e sua produção e crescimento (Black, 1993; Martinez et al., 1999), a diagnose nutricional obtida através de análise do tecido vegetal torna-se um importante instrumento para detectar eventuais deficiências, além de auxiliar na análise química do solo, e na recomendação de

adubações mais equilibradas e ajustadas economicamente (Malavolta et al., 1998; Creste et al., 1999; Teixeira et al., 2002).

Esta diagnose é de fundamental importância, pois as plantas absorvem e liberam nutrientes continuamente, sendo que o acúmulo de líquidos dos nutrientes nos tecidos vegetais variam entre si, por diferença de mobilidade no interior da planta, além de serem diferentemente diluídos nestes tecidos (Malavolta, 1992).

Diagnose foliar:

A diagnose foliar foi desenvolvida por dois pesquisadores, Lagatu e Maune, na França e apresenta como objetivo, avaliar o estado nutricional das culturas, identificando as causas da deficiência e avaliando a necessidade de adubação (Saldanha, 2004), através da comparação das concentrações de nutrientes das plantas com valores padrões (Creste & Nakagawa, 1997).

Para avaliar o estado nutricional das plantas através do método de diagnose foliar, é necessário que se utilize uma parte representativa da planta (Hallmark & Beverly, 1991) e segundo Epstein (1975); Malavolta (1992); Terblanche & Du Plessis (1992); Bataglia et al., (1996), as folhas representam o principal tecido, por serem o principal órgão de metabolismo das plantas (Basso et al., 1986), e geralmente apresentar um bom índice do estado nutricional, que correlacionados com indicadores de comportamento fisiológico e químico, facilitam o diagnóstico de deficiência ou toxidez nutricional.

A utilização da análise foliar, com a finalidade diagnóstica, baseia-se nos níveis de nutrientes dos tecidos vegetativos, onde o acréscimo ou decréscimo de suas concentrações nas folhas está diretamente relacionado com o aumento ou diminuição da produção (Eventnhuis & Waard, 1980). Dentre as vantagens da diagnose foliar Beaufils (1971) destacou o fato de se considerar a planta como um extrator de nutrientes do solo, permitindo uma avaliação direta de seu estado nutricional.

Com base nestas informações, a utilização da diagnose foliar é uma importante ferramenta para diagnosticar as deficiências nutricionais nas culturas, contudo, há a necessidade de utilização de procedimentos disponíveis e adequados para a análise e interpretação dos resultados, isto devido à concentração dos nutrientes nas folhas apresentar natureza dinâmica sendo influenciada pela idade e maturação do tecido e pelas interações de absorção e translocação de nutrientes pela planta (Walworth & Summer, 1987).

Para se obter uma diagnose foliar confiável é necessário coletar a amostra do tecido vegetal de uma determinada parte da planta, em uma época definida, de acordo com as características fisiológicas de cada espécie, pois há um teor ótimo de nutriente de cada planta que varia de acordo com a idade e o órgão amostrado (Roselem & Barreto, 1989; Malavolta et al., 1998).

Com base nesta diagnose, diversos métodos têm sido propostos e utilizados. Dentre esses há o método clássico que é baseado na comparação dos resultados analíticos com tabelas de recomendação de adubação. Todavia tal método permite apenas a interpretação individual de cada nutriente e não a interação entre os nutrientes, e com isso não é possível determinar quando mais de dois nutrientes encontram-se abaixo dos níveis críticos e qual foi o nutriente mais limitante para a cultura (Malavolta et al., 1998).

Beaufils (1973), com base na diagnose fisiológica, publicada desde 1957, propôs o método DRIS Diagnosis And Recommendation Integrated System (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), que foi desenvolvido como mais um instrumento para a diagnose nutricional, com base em estudos com seringueiras (*Hevea brasiliensis*), nas décadas de 50 e 60, e segundo Santos (2004), sua utilização tem sido feita em muitas espécies vegetais de importância agrícola, espécies como os cereais e as oleaginosas (Potafos, 2002).

O sistema DRIS, vem sendo popularizado como o método de diagnose do estado nutricional, e tem sido utilizado com sucesso em diversas culturas como a seringueira

(Beaufils, 1971), cana-de-açúcar (Zambello Jr & Orlando Filho, 1980; Zambello Jr et al., 1981; Reis Jr, 1999), trigo (Summer, 1977), pinus (Svenson & Kimberlev, 1988), café (Arboleda et al., 1988), milho (Escano et al., 1981) e pimenta-do-reino (Oliveira et al., 1998).

Malavolta et al. (1998) definem o método DRIS como uma metodologia para a interpretação de análise foliar que utiliza as interações entre os nutrientes, indicando os mais limitantes e a ordem de limitação destes. O método DRIS utiliza relações binárias entre os macros e micronutrientes, introduzindo o conceito de índice primário, diferenciando-o dos métodos tradicionais (Costa, 1999).

De acordo com Beaufils (1971); Beaufils (1973); Beverly et al. (1984); Davee et al. (1984); Bataglia & Santos (1990), o método DRIS apresenta cinco vantagens: o diagnóstico nutricional é melhor definido com a utilização de relações entre pares de nutrientes, quando comparado com o diagnóstico determinado através da concentração do nutriente isoladamente; o diagnóstico do equilíbrio nutricional determinado através de normas ou padrões é mais eficiente do que o diagnóstico obtido com o nível crítico de cada nutriente; as normas ou padrões de referência para o desequilíbrio nutricional de uma determinada cultura podem ser extrapoladas para diversas regiões do país; os nutrientes podem ser ordenados de acordo com sua importância na limitação da produtividade; o diagnóstico pode ser realizado em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura e independentemente da cultura.

A utilização do método DRIS, com o objetivo de diagnosticar as deficiências nutricionais, está gerando discussões entre os estudiosos. Oliveira (2002), partindo da proposta de Beaufils (1973) onde as mudanças ambientais pode influenciar o estado nutricional da planta, e todas as influências, tanto interna como as externas, devem ser consideradas na avaliação do estado nutricional da planta, ou seja, todos os fatores que podem afetar a dinâmica do sistema planta-ambiente devem ser utilizados no DRIS. Com isto a avaliação nutricional determinada através da análise foliar, é resultante de todos os fatores

nutricionais, como o sinergismo e antagonismo entre os nutrientes, acidez do solo, umidade do solo, variedade cultivada, tratos culturais, teor de nutriente no solo, mineralização da matéria orgânica, desenvolvimento do sistema radicular, tipo de fertilizante aplicado, incidências de pragas e doenças e atividade microbiana.

Contudo Baldock & Schulte (1996); Reis Jr & Monnerat (2002), contestam a última vantagem citada anteriormente (o diagnóstico pode ser realizado em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, e independentemente da cultura), afirmando que as normas DRIS não são inteiramente independentes das condições locais ou épocas de amostragem. Isto devido às concentrações de elementos móveis na folha diminuir com a idade, enquanto que a concentração dos elementos menos móveis aumenta com o desenvolvimento da planta.

Hallmark & Beverly (1991) também contestam a universalidade do método DRIS, além do método ser sensível à época de amostragem o DRIS não indica a probabilidade de resposta ou a quantidade a ser aplicada do(s) nutriente(s) deficiente(s), as funções são calculadas usando uma equação (linear) ou duas equações (linear e não linear), e alternativas formas de expressão não têm equivalentes coeficientes de variação (CV).

O método DRIS se baseia nas relações de macro e micronutrientes, identificando os nutrientes limitantes que afetam a produtividade (Terra et al., 2003), é baseado na comparação das razões entre nutrientes e valores de referência em uma determinada produtividade (Soltanpour et al., 1995) e através de uma fórmula padrão (Baldock & Schulte, 1996), é calculado um índice para cada nutriente.

Através deste índice se determina o equilíbrio nutricional de cada par de nutrientes, onde os valores próximos a zero apresentam-se em equilíbrio, os que apresentarem valores negativos estão abaixo do nível ótimo, e os valores positivos indicam que estão acima do nível ótimo (Beaufils, 1971; Davee et al., 1984).

O DRIS avalia o quanto cada nutriente afeta na produtividade. Para esta avaliação é necessária a determinação dos índices DRIS, para que seja comparada com as normas DRIS, através de uma equação estudentizadas (Malavolta et al., 1998).

Normas DRIS:

A primeira etapa para utilizar o método DRIS é o estabelecimento de normas (Walwort & Summer 1987; Bailey et al., 1997).

De acordo com Beaufils (1973); Raij (1991); Malavolta et al. (1998), as normas são valores médios dos teores e das razões entre os nutrientes, com as suas respectivas variâncias, representando uma população de referência. Para a determinação destas normas tornam-se necessárias a utilização de um banco de dados contendo informações que relacionam os teores foliares e a produtividade, e com base neste banco de dados, as variâncias das relações entre os teores de nutriente, média e coeficientes de variação são calculados.

Anteriormente à quantidade de dados dos bancos de dados eram fundamentais para a aplicação das normas DRIS, estes procedimentos estavam ligados à obtenção de normas com aplicabilidade universal (Summer, 1979; Letsch & Summer, 1984; Walworth & Summer, 1987).

Contudo, a particularização da população de referência constitui o refinamento do método, para as mesmas condições de restrição e melhora da eficiência do diagnóstico, em termos de cultivares, condições edafoclimáticas, época de amostragem, posição da folha a ser amostrada, entre outras (Beaufils, 1973).

Na obtenção das normas, é necessário que haja um procedimento criterioso, onde a seleção das lavouras seja de forma aleatória, buscando a variabilidade (Malavolta et al., 1998). As populações devem ser divididas em duas categorias, a população de referência, que não sofre influências adversas e que apresentem produtividade superior ao nível estabelecido,

e a população não referência, que sofre influências de outros fatores e com a produtividade menor que a estabelecida (Beaufils, 1973; Walworth & Summer, 1987; Beverly, 1991).

A eficiência do método DRIS está diretamente ligada à população de referência. Malavolta & Malavolta (1988) afirmam que a população de referência é obtida através de resultados com níveis de 80% da população máxima. Já Letzch & Summer (1984), determinam que a população tenha no mínimo 10 % das observações do banco de dados gerais. Walworth & Summer (1987), relatam que a população de referência deve ser escolhida de forma arbitrária, para que as subpopulações apresentem distribuição normal.

Após a definição da população de referência as normas podem ser determinadas, através da relação entre pares de nutrientes e seus respectivos desvios padrões e o coeficiente de variação (Nachtigall, 2004). Após definir as normas e selecionar as relações, é possível calcular os índices DRIS para os teores de nutrientes de uma amostra (Bataglia & Santos, 1990).

Índice DRIS:

No cálculo do índice DRIS proposto por Beaufils (1973), as relações entre os nutrientes são estabelecidas através de relações entre os pares de nutrientes e são impostas restrições quando a relação na amostra é a maior ou menor relação média da população de referência (Nachtigall, 2004)

Diversos autores propuseram modificações para calcular os índices DRIS propostos por Beaufils (1973). Elwall & Gascho (1984) reduziram o valor absoluto do índice, com o objetivo de proporcionar uma maior sensibilidade na interpretação do estado nutricional, tal metodologia considera dois nutrientes balanceados, se as relações entre os pares de nutrientes estiverem na faixa obtida através da média da população de referência, mais ou menos seu desvio padrão.

Jones (1981), propõe a formalidade estatística para o índice DRIS, simplificando o método original. A metodologia deste utiliza o desvio padrão para ponderar a variabilidade das relações, e não considera se a relação na amostra foi maior ou menor que a relação da população de referência.

Rathfon & Burger (1991) adotaram o uso da faixa de valores suficientes que consiste na adoção dos valores extremos de cada relação na população de referência como adequados e, com isso, somente as relações que ultrapassem esses valores tenham seus valores determinado e utilizado no cálculo do índice DRIS.

De acordo com Baldock & Schulte (1996), um índice adicional pode ser conseguido através do somatório dos valores absolutos dos índices DRIS, denominado IBN (Índice de Balanço Nutricional), que pode ser utilizado para a determinação do estado nutricional, mas não pode determinar suas causas. Quanto maior o valor, menor será o desequilíbrio dos nutrientes (Walworth & Summer, 1987), contudo diversos autores demonstram a correlação negativa entre o IBN e a produtividade (Creste & Nakagawa, 1997; Veloso et al., 2000; Mourão Filho et al., 2002; Silva et al., 2003).

Em qualquer cálculo do índice DRIS, os efeitos da interdependência podem ser agravados por contaminação das amostras por resíduos (Bataglia et al., 2000). Além de que os nutrientes com alta mobilidade na plantas podem interferir em outros com baixa mobilidade, (Bataglia et al., 2000).

Visando diminuir estas prováveis distorções, Beverly (1987) realizou a transformação logarítmica dos dados com o objetivo de diminuir grandes variações de concentrações de nutrientes, porém tal procedimento não mostrou grande eficiência. Baldock & Schulte (1996), propuseram a utilização de um sistema com base em escores padronizados visando associar o DRIS com o critério de faixa de suficiência. Bataglia et al. (2000) sugeriram a restrição do uso de nutrientes em nível de contaminação.

Segundo Oliveira (2002), para uma melhor interpretação dos índices DRIS deve-se considerar três observações, a base de dados das normas estabelecidas pelo índice DRIS deve ser regional, sempre comparar no mínimo duas amostras submetidas ao índice DRIS, com diferentes produtividades e de mesmo local e constituir o histórico da evolução da fertilidade local e da produtividade ao longo dos anos.

OBJETIVOS GERAIS

Determinar as doses econômicas de fertilizantes, para a cultura da cevada, cultivar BRS 195.

Definir as interações entre os macro e micronutrientes nas folhas, através do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).

Quantificar as doses de N, P₂O₅, K₂O, a serem aplicadas em relação ao estado nutricional da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRI-FACTS. Potassium fertilizer application in crop production. **Practical information for Alberta's agriculture industry**. 4p. 2000
- ALAM, S. M. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of barley. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 12, p. 121-138, 1981
- AMABILE, R.F.; GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; MINELLA, E.; SERRA, D.D. O Comportamento de linhagens e cultivares de cevada de duas fileiras de grãos irrigada no cerrado. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 178-186. 2002.
- AMABILE, R.F.; MINELLA, E.; CIULLA, C.; CARVALHO, F.H.; IORA, C. Avaliação da safra de cevada cervejeira no Cerrado em 2001. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 79-83. 2002a
- AMABILE, R.F.; MINELLA, E.; NOGUEIRA, T. de C.; SERRA, D.D.; ALBUQUERQUE, P.T.; GOMES, A.C. Efeito das densidades de semeadura no cultivo da cevada cervejeira irrigada no cerrado. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 159-163. 2002b
- AMABILE, R.F.; LOPES, F.G.; MINELLA, E. GOMES, A.C.; VALENTE, C.M.W.; SOUZA, C.V.B. de.; PIMENTEL, A. do B. M. Estudos de épocas de semeadura na cevada cervejeira irrigada no cerrado. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 499-512. 2003.
- ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico setor de fertilizantes**. 156p. 2001.

ARBOLEDA, C.V.; ARCILA, J.P.; MARTINEZ, R.B. Sistema integrado de recomendación y diagnosis: una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. **Agronomia Colombiana**, Bogota, v.5, n.1, p.17-30, 1988.

BAILEY, J.S.; BEATTIE, J.A.M.; KILPATRICK, D.J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.197, n.1, p.127-135, 1997.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BASSO, C.; WILMS, F.W.W.; SUZUKI, A. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. In: empresa catarinense de pesquisa agropecuária. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis. p. 236-265. 1986.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. Princípios da diagnose foliar in: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG, SBCS. UFV. p. 647-660. 1996.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Efeito do procedimento de calculo e da população de referencia nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 14, p. 339-344, 1990.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R.; QUAGGIO, J.A. Efeito de contaminações foliares na diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café e MinasPlan. v.1, p.1343-1346. 2000.

BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis, a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, v.1 p.1-30, 1971.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**. Pietermaritzburg: University of Natal. 132p. 1973

BERATTO, E.M.; ANDRADE, O.V.; PEYRELONGUE, A.C.; ESPINOZA, N.N. **Normas técnicas de producción de cebadas con calidad malteira**. Temuco. Chile. 18p. 2001

BERTON, R.S.; PRATT, P.F.; FRANKENBERGER, W.T. Phosphorus availability in soils amended with organic materials, estimated by three chemical methods and two enzyme activities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.4, p.617-624, 1997.

BEVERLY, R. B. A practical guide to the diagnosis and recommendation integrate system (DRIS). Athens: Micro-Macro. 87p. 1991.

BEVERLY, R. B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, p.901-920. 1987.

BEVERLY, R.B.; STARK, J.C.; OJALA, J.C. Nutrient diagnosis of Valencia oranges by DRIS. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.109, p. 649-654, 1984.

BLACK, C.A. Soil fertility evaluation and control. Florida, **Boca Raton lewis Publishers**. 746p.1993.

BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV. 546p. 1999.

BRASIL. **Ministério de estado da agricultura e do abastecimento**. Portaria n° 691, de 22 de novembro de 1996.

CARVALHO, A.J.C de.; MARTINS, D.P.; MONNERAT, P.H.; BERNADO,S.; Da SILVA, J.A. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica,

adubação potássica e laminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol.23. No 2. p.403-408. 2001.

CARVALHO, A. J. C. de., MONNERAT, P. H., MARTINS, D. P. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. **Scientia. Agrícola**. Piracicaba, SP. Vol.59, no.1, p.113-120. ISSN 0103-9016. 2002.

CHUEIRI, W.A.; CARDOSO Jr, O.; REIS Jr, R.A. Manejo do potássio na adubação de semeadura. Divulgação técnica. Ano XXII. n 167. 2p. 2004.

CLAASSEN, N.; WILCOX, G.E. Comparative reduction of calcium and magnesium composition of corn tissue by $\text{NH}_4\text{-N}$ and a K fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, n.66, p.521-522, 1974.

COSTA, A.N. Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, SP, v.24, n.1, p.13-15, 1999

CRESTE, J.E.; NAKAGAWA, J. Estabelecimento do método DRIS para a cultura do limoeiro em função da análise foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 19, n. 3, p. 297-305.1997.

CRESTE, J.E.; NAKAGAWA, J.; GRASSI FILHO, H. Uso do DRIS no manejo da adubação em pomares cítricos. In **SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS**. Piracicaba, SP. Anais. Potafos. CD-ROM.1999

DAVEE, D.E.; RIGHETTI, T.L.; FALLAHI, E. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in “Napoleon” sweet chery. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.6, p. 466-470, 1984.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, E.A. Sistema plantio direto: Evolução, Problemas e Perspectivas. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 38-54. 2002.

ELWALL, A.M.O.; GASCHO, G.J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, v.76, p. 466-470, 1984.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA CERRADOS. <http://ww2.cpac.embrapa.br/intranet/login/basedados/agrotec>. Acesso em 15 mar. 2004.

EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. São Paulo, SP. Universidade de São Paulo. 341p. 1975.

ESCANO, C.R.; JONES, C.A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn on Hydric Dystrandeps: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.45, n.6, p.1140-1144, 1981.

EVENTNHUIS, B.; WAARD, P.W.F. Principles and practices in plant analysis. In: **FAO, Soils**. Rome, FAO, v. 38, n 1, p. 152-163. 1980.

FIGUERÊDO, S.F.; GUERRA, A.F.; AMBILE, R.F.; SILVA, D.B. da. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada para a cevada BRS 195 no cerrado. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 501-507. 2002.

FLORIANE, A.P. Cevada cervejeira. 2002
<http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpcerea/cevada%20cervejeira>. Acesso em 08 set. 2005.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R. Efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura e da densidade de plantas no rendimento de grãos de cevada. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 484-489. 2002.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R. Efeito do nitrogênio em cobertura no rendimento de grãos das cultivares de cevada Embrapa 128 e BRS 195. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 490-495. 2002a.

FONTOURA, S.M.V.; MUNDSTOCK, C.M.; MORAES, P.R. Efeito da época de aplicação de nitrogênio em cobertura e da densidade de plantas no rendimento de duas cultivares de cevada. **XXI reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. Vol. I. p. 583-594. 2001.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R. Efeito do nitrogênio aplicado em cobertura, sobre resteva de soja, no rendimento de grãos de quatro cultivares de cevada. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 385-392. 2003.

FOY, C. D. The physiology of plant adaptation to mineral stress. **Iowa State Journal of Research**, Ames, v. 57, p. 355-391. 1983.

GROHS, D.S.; MUNDSTOCK, C.M.; POLETO, N.; ALFONSO, C.W.; PIANA, A.T. Densidade de semeadura e duas épocas de aplicação de N no cultivar de cevada BRS 195. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 331-338. 2003.

HALLMARK, W.B.; BEVERLY, R.B. An update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. **Journal of Fertilizer Issues**, v. 8, p. 74-88. 1991.

HOFFMAN, E.; BORGHI, E.; ERNST, O.; PERDOMO, C.; HERNÁNDEZ, J. Respuesta al agregado de P en cebada cervecera sembrada sin laboreo y su relación con la evolución del P en el suelo durante el período de barbecho. **XXI reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. Vol. II. p. 615-626. 2001.

JONES, C.A. proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794. 1981.

LEMOS, J.A. Processo de Malteação. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 19-25. 2002.

LETZSCH, W.S.; SUMMER, M.E. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, p. 997-1006, 1984.

LOCASCIO, S.J.; BARTZ, J.A.; WEIGARTNER, D.D. Calcium and potassium fertilization of potato grown in North Florida I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentration. **American Potato Journal**, Orono, v.69, n.2, p.95-104, 1992.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo, SP, Ceres. p. 40-55. 1989.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e foliar**. São Paulo, SP. Ceres. 124p. 1992

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M.L. Diagnose foliar- princípios e aplicações. In: **SIMPÓSIO SOBRE INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO E PLANTA PARA FINS DE ADUBAÇÃO**. Botucatu, 1988. Anais. UNESP. p. 1-86. 1988.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, SP. Potafos. 201p.1998.

MARTINEZ, H.E.P., CARVALHO, J.G., SOUZA, R.B. Diagnose foliar. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais. **5ª Aproximação**. Viçosa. MG. p.143-150. 1999.

MINELLA, E. Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004. **XVIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Passo Fundo. 32p. 2003

MINELLA, E. Melhoramento da cevada. **Melhoramento de espécies cultivadas**. UFV. Viçosa, MG. p. 253-272. 1999.

MINELLA, E. Safra nacional de cevada cervejeira de 2001. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 84-87. 2002.

MINELLA, E., SORRELLS, M.E. Genetic analysis of aluminium tolerance in Brazilian barleys. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V 37. n 8. p. 1099-1103. 2002.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C.; NICK, J.A. funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeiras Valencia . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 185-192, 2002.

MUNDSTOCK, C.M.; BRENDEMIER, C.D.; Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, V 31, n.2, p. 205-211, 2001.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre. 228p.1999.

NACHTIGALL, G.R. Sistema Integrado de diagnose e recomendação (DRIS), para avaliação do estado nutricional da macieira no sul do Brasil. **Tese de doutorado**, ESALQ/USP. Piracicaba, SP, 105p. 2004.

OLIVEIRA, R.F.; CRUS, E.S.; COSTA, A.N. Utilização do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na determinação do estado nutricional da pimenta-do-reino em Paragominas, PA. Belém. Embrapa-cpatu. 28p. 1998.

OLIVEIRA, S.A. Análise Foliar. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. p. 245-256. 2002.

PIANA, A.T.; MUNDSTOCK, C.M.; POLETO, N.; ALFONSO, C.W.; GROHS, D.S.; CARMONA, F.; CAIERÃO, E. Densidade de semeadura e duas épocas de aplicação de N na cultivar de cevada BRS 195. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. 325-329p. 2003.

PERUZZO, G. Efeito de nitrogênio no rendimento de grãos de quatro genótipos de cevada, em 2000. **XXI reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. Vol. II. 599-604p. 2001.

PERUZZO, G.; WIETHÖLTER, S.; PÖTTKER, D. Eficiência de fosfatos naturais reativos no rendimento de grãos de trigo, soja e cevada e na redução de alumínio no solo. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 508-516. 2002.

PERUZZO, G.; WIETHÖLTER, S.; PÖTTKER, D. Resposta das cultivares de cevada a nitrogênio. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 409-415. 2003.

POLETO, N.; ALFONSO, C.W.; PIANA, A.T.; GROHS, D.S.; MUNDSTOCK, C.M. Resposta da cevada a doses de N em cobertura e a disponibilidade de N no solo e teores na planta. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 345-351. 2003.

POTAFOS. Sobre o DRIS. Potafos. 2002. Disponível em <<http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/aboutdris>. Acesso em 28 ago. 2005.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos. 343p. 1991.

RATHFON, R.A.; BURGER, J.A. Diagnosis and Recommendation Integrated system (DRIS) nutrient norms for Fraser fir Christmas trees. **Forest Science**, Bethesda, v.37, p. 998-1010, 1991.

REID, D. A. Genetic control of reaction to aluminum in winter barley. In: INTERNATIONAL BARLEY GENETICS SYMPOSIUM, 2. Pullman. **Proceedings...** Pullman: Washington State University Press. p. 409-413. 1971.

REIS Jr, R.A. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 141p. 1999. **Tese de Doutorado**.

REIS JR. R. A.; MONNERAT, P. H. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa, and the United States. **Journal of plant nutrition**, Monticello, v. 25, n. 12, p. 2831-2851, 2002.

REIS Jr., R. A. Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 108p. 1995.

RHUE, R.D.; HENSEL, D.R.; KIDDER, G. Effect of K fertilization on yield and leaf nutrient concentrations of potatoes grown on a sandy soil. **American Potato Journal**, Orono, n. 63, p. 665-81, 1986.

ROSELEM, C.A.; BARRETO, A. Avaliação de estado nutricional das plantas cultivadas. In: **Adubação foliar**. Campinas, SP. Fundação Cargill. 669p. 1989.

SALDANHA, E. Aplicação da diagnose foliar e do sistema integrado de diagnose e recomendação na cana-de-açúcar. 2004.
<http://www.jornalcana.com.br/conteudo/noricia.asp.area>. Acesso em 08 jul. 2005.

SANTOS, A. L. dos.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol.26, no.2, p.330-334. ISSN 0100-2945. 2004.

SILVA, A.A.; MUNDSTOCK, C.M.; WAMSER, A.F.; GROHS, D.S.; STUMPF, R. Rendimento de grãos do cultivar de cevada BRS 195 sob diferentes densidades de semeadura e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 496-497. 2002.

SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta á adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 27, p. 247-255, 2003.

SOLTANPOUR, P.N.; MALAKOUTI, M.J.; RONAGHI, A. Comparison of DRIS and nutrient sufficient range of corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, n.1, p.133-139. 1995.

SUMMER, M.E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**. Madison, v.71, p. 343-348. 1979.

SUMNER, M.E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norm for wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, n.2, p.149-167. 1977.

SVENSON, G.A.; KIMBERLEY, M.O. Can DRIS improve diagnosis nutrient deficiency in Pinus radiata. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v.18, n.1, p.33-42. 1988.

TEIXEIRA, L. A. J.; SANTOS, W. R. DOS.; BATAGLIA, O. C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 108p. Vol.24, no.2, p.530-535. ISSN 0100-2945. 2002.

TEIXEIRA, M.C.C.; RODRIGUES, O.; WOLF, W.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio no acamamento e em características de cevada. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 359-365. 2003.

TERBLANCHE, J.H.; DU PLESSIS, S.F. Summary of workshop on leaf and soil analysis as a tool determining fertilizer requirements of citrus. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, v. 22, p. 744-745. 1992.

TERRA, M. M.; GUILHERME, M. A. S.; SANTOS, W. R. dos. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de Jales, SP, usando o sistema integrado de diagnose e recomendação. **Revista Brasileira Fruticultura**. Vol.25, no.2, p. 309-314. ISSN 0100-2945. 2003.

VELOSO, C.A.C.; GRAÇA, J.J.C.; GAMA, J.R.N.F. Estabelecimento do método DRIS para a cultura de citros na Mesorregião do nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, p. 372-376. 2000.

VICENTE, P. Nutrição vegetal e fertilização das culturas. <<http://www.epdra.rcts.pt/pv/links.htm>>. Acesso em 13 set. 2005.

VIEGA, L.; KEMANIAN, A.; GONZÁLEZ, S.; OLIVO, N.; MERONI, G. Factores que afectan el número de granos por espiga em cevada cervecera. **XXI reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Vol. 1. Passo Fundo, RS. p. 173-177. 2001.

WALWORTH, J.L.; SUMMER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances in soil Sciences**, v. 6. p. 149-188. 1987.

WAMSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M.; GROHS, D.S.; SILVA, A.A.; STUMPF, R.; CAIERÃO, E. Teor de proteína em grãos de cevada afetado pela disponibilidade de nitrogênio em diferentes estágios fenológicos da cultura. 2002.

WAMSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M.; CARMONA, F.C.; CAUDURO, G.F.; SARTORETTO, C.E.D.; GROHS, D.S.; SILVA, A.A.; CAIERÃO, E. Evolução do acúmulo de massa seca e nitrogênio em função da época de aplicação de fertilizantes nitrogenado em cevada. **XXI reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. VOL I. p. 181-190. 2001.

ZAMBELLO Jr, E.; HAAG, H.P.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.3, n.10, p. 5-32. 1981.

ZAMBELLO Jr., E.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em três soqueiras de cana-de-açúcar. **Saccharum STAB**, Piracicaba, v.3, n.4, p.23-28. 1980.

Capítulo 1

Efeito da adubação NPK no crescimento e na produtividade da cevada cervejeira, sob plantio direto

(Trabalho a ser enviado a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Efeito da adubação NPK no crescimento e produtividade da cevada cervejeira, sob plantio direto.

CORDEIRO, A.²; OLIVEIRA, S. A. de²; RIBEIRO JR, W. Q.³; AMABILE, R.F.³; RAMOS, M. L.G.²; ZIVIANI, A. C.⁴

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos das doses de N, P₂O₅ e K₂O, nos parâmetros de crescimento e na produtividade da cevada sob o sistema de plantio direto no Cerrado do Distrito Federal. O experimento foi conduzido no período de inverno, em 2004, na área experimental da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina, DF, em um Latossolo Vermelho-Amarelo irrigado por aspersão. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando a matriz experimental Plan Puebla II. O plantio foi realizado com uma semeadora de plantio direto de nove linhas, e o cultivar utilizado foi o BRS 195. Os tratamentos testados foram obtidos a partir da combinação dos quatro níveis de N (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹), P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹) e K₂O (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹). Cada parcela foi constituída de 9 linhas de 3,5 m de comprimento, com espaçamento de 0,20 m entre linhas, e uma população de 250 plantas.m⁻². No início do enchimento dos grãos foram coletadas amostras de plantas para determinar o peso da matéria seca. Ao final do ciclo, 133 dias após a germinação, foram coletadas 5 plantas em cada parcela, para definir a altura de plantas. Após a colheita foi avaliada a produtividade, o peso de mil grãos e foram coletadas amostras de grãos para constatar a germinação e o teor de proteína. As doses econômicas foram obtidas em função das diferentes relações entre o preço do produto e o preço de cada nutriente. A variável peso de mil grãos não apresentou diferença significativa. Os tratamentos 5 (30-80-60) e 4 (30-80-30) apresentam a maior e menor produtividade média, 4328 e 2681 kg.ha⁻¹, respectivamente, sendo estatisticamente diferentes. A matéria seca apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o tratamento 12 (90-80-60) e o tratamento 1 (30-40-30) apresentaram o maior e o menor peso de matéria seca, 3698 e 2280 kg.ha⁻¹, respectivamente. As doses econômicas foram 45 kg.ha⁻¹ de N, 49 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg.ha⁻¹ de K₂O. Os teores de proteínas nos grãos encontram-se acima do nível recomendado em todos os tratamentos.

Palavras-chave: Produtividade, Plan Puebla, nitrogênio, potássio, fósforo, doses econômicas.

(1) (Aceito para publicação em...).

(2) Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Caixa Postal 4508, CEP 70910-970, Brasília, DF. E-mail: andecor@gmail.com, oliveira@unb.br, lucrecia@unb.br.

(3) Embrapa Trigo/ Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF. E-mail: walter@cpac.embrapa.br, amabile@cpac.embrapa.br

(4) União Pioneira de Integração Social, CEP 70390-125, Planaltina, DF. E-mail adley@upis.br

The effect of NPK fertilisation in plant growth and yield in brewery Barley, under no till planting system.

CORDEIRO, A.; OLIVEIRA, S. A. de; RIBEIRO JR, W. Q.; AMABILE, R.F.; RAMOS, M. L.G.; ZIVIANI, A . C

ABSTRACT

The objective of this work was to study effects of doses of N, P₂O₅ e K₂O fertilisers and in barley growth parameters and yield in a first year no till plant system in Brazilian Savannah at Federal District The work was carried out during winter period at experimental fields located in Embrapa Cerrados, on a clay textured Oxisol found 720m above sea level, irrigated by sparkling system. It was a random block design experiment, with 4 replicates, using experimental matrix Pan Puebla II. The planting operation was carried out using 9 rows, no till planting machine with the cultivar BRS 195. Tested treatments were a combination of four levels of N (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹), P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹) and K₂O (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹). Each plot had 9 lines with 3,5m length, and distance between rows of 0,2 m, with a population of 250 plants.m⁻². In the beginning of the grain filling, samples of shoot were collected, in order to determine the dry matter. At the end of the cycle, 133 days after germination, 5 plants were collected in each plot, in order to measure plant height. After harvest, the parameters evaluated were yield, weight of 1000 grains, seed germination and protein content. The economic dose was obtained using the relation between grain and fertilisers prices. Weight of 1000 grains did not show significant differences. Treatments 5 (30-80-60) and 4 (30-80-30) showed higher and lower average productivity, respectively, with statistic significant differences. Plant dry matter showed significant differences among treatments and the treatment 12 (90-80-60) and the treatment1 (30-40-30) showed greatest and lowest weight dry matter, 3698 e 2280 kg.ha⁻¹, respectively. Economic doses were 45 kg.ha⁻¹ for N, 49 kg.ha⁻¹ for P₂O₅ e 48 kg.ha⁻¹ for K₂O. Protein content was higher than recommended in all treatments.

Key words: Yield, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium, weight of one thousand seeds, economic doses.

INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) que era tradicionalmente cultivada na região Sul do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, vem sendo introduzida com sucesso na região do Cerrado, que apresenta boas características físicas do solo, como a boa drenagem, aeração, e alta permeabilidade, o que aliado a uma boa correção química, possibilita um bom desenvolvimento radicular, e conseqüentemente a melhor absorção dos nutrientes (Amabile et al., 2002).

O cultivo da cevada na região do Cerrado constitui uma importante alternativa de rotação de culturas, especialmente no cultivo irrigado, quebrando o ciclo de doenças como o mofo branco, fusariose, e a rizoctoniose, resultantes do monocultivo do feijão, ocasionando a redução da aplicação de agrotóxicos. Além disso, a utilização do sistema de plantio direto diminui a ocorrência da erosão, da compactação subsuperficial, aumentando o potencial produtivo da lavoura e proporcionando a sustentabilidade do sistema.

O cultivo irrigado apresenta alto custo de produção, como conseqüência, o produtor necessita alcançar elevados rendimentos, que podem ser obtidos com o aprimoramento das técnicas de manejo, como a adubação, e através da introdução de novos cultivares que apresentem resistências a doenças e altas produtividades, como o cultivar BRS 195. A produção de cevada, somente para o malte cervejeiro, é economicamente competitiva em relação aos demais cereais, e apresenta uma segurança de comercialização, quando integrada às empresas de fomento. Além disso, o cultivo de inverno proporciona uma melhor estabilidade produtiva e uma melhor qualidade de grãos (Minella, 2003).

Os mesmos autores afirmam que o cultivar BRS 195 apresenta um ciclo de 102 dias do plantio ao espigamento e 148 dias do plantio à maturação, com altura baixa, 71 cm, com potencial produtivo de até 5000 kg.ha⁻¹, com resistência ao acamamento, e ao oídio, com

moderada resistência à ferrugem da folha, mancha reticular e VNAC, e com susceptibilidade à mancha marrom e a giberela. O cultivar apresenta ainda, qualidade de grãos, em condições adequadas de cultivo, de 85% na classe 1, e padrão malte cervejeiro.

Diversos estudos vêm sendo realizados, com o intuito de melhorar o manejo da cevada no Cerrado, como a determinação da melhor época de semeadura (Amabile et al., 2003), densidade de plantio (Fontoura et al., 2001; Amabile et al., 2002a; Fontoura & Moraes, 2002; Silva et al., 2002; Grohs et al., 2003; Piana et al., 2003), e a influência da adubação nitrogenada na produtividade e no teor de proteína nos grãos (Viega et al., 2001; Fontoura & Moraes, 2002; Silva et al., 2002; Wamser et al., 2002; Minella, 2003).

Um dos parâmetros para a determinação da qualidade dos grãos é obtido de acordo com a quantidade de grãos inteiros e de seu tamanho, que é expressa em: Tipo 1 ou de primeira, que corresponde aos grãos inteiros de cevada que ficam retidos nas peneiras de 2,8 e 2,5 milímetros; Tipo 2 ou de segunda, onde os grãos inteiros passam pela peneira de 2,5 milímetros, mas ficam retidos na peneira de 2,2 milímetros; Tipo 3 ou de terceira, que inclui os grãos que vazam na peneira de 2,2 milímetros, acrescidos dos avariados, das impurezas e matérias estranhas retidas em quaisquer das peneiras, são também importantes o grau de tolerância da umidade, máximo 13%, poder germinativo, mínimo 95%, pureza varietal, mínimo 95% e sementes de outras espécies de cereais, máximo de 2% (Floriane, 2005). De acordo com a legislação brasileira para a produção de malte, os teores de proteína nos grãos devem ser inferiores a 12%, para atingir os parâmetros de qualidade, quando destinada a maltagem para fins cervejeiros (Brasil, 1996).

A obtenção de uma alta qualidade de grãos é de suma importância para a sua comercialização e esta está diretamente relacionada ao manejo da cultura e como chuva na época da colheita, que promove o início do processo de germinação dos grãos, diminuindo sua qualidade.

Entretanto, na região do cerrado, poucos são os estudos para definir a interação entre os macro e micronutrientes, e sua influência nos parâmetros de crescimento e produção como: matéria seca; altura de plantas; peso de mil sementes; germinação e teor de proteína nos grãos.

Este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos das doses de N, P₂O₅ e K₂O, nos parâmetros de crescimento, na produtividade da cevada, e nas doses econômicas, sob sistema de plantio direto no Cerrado do Distrito Federal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de inverno/primavera (junho a novembro), em 2004, na área experimental da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina-DF, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, com altitude de 720m e 15° 35' 42'' de latitude Sul e 47° 43' 27'' de longitude Oeste.

A análise química do solo foi realizada antes da implantação do experimento, os resultados podem ser observados na tabela 1.1, e a análise química foi feita segundo metodologia proposta pela Embrapa (1979).

A área em anos anteriores foi cultivada com milho, apenas com a finalidade de cobertura do solo e o experimento foi antecedido com o cultivo da soja. Após o cultivo da soja, a área apresentou infestação intensa de brachiaria decumbens e outras invasoras que foram dessecadas com glyphosate, na dosagem de 3,0 L.ha⁻¹ do produto comercial, para que possibilitasse a instalação da cultura via semeadura direta.

As plantas foram irrigadas por sistema de irrigação por aspersão, em função da tensão de água no solo, quando blocos de gesso, instalados a 15 cm de profundidade no solo, acusavam valores médios de 100 kPa. Foram aplicados 400 mm de água durante o ciclo da cultura.

A adubação foi feita toda em cobertura, devido às dificuldades na diferenciação das parcelas, ocasionadas pela grande quantidade de matéria seca existente no local, decorrente da dessecação da gramínea. As doses e as fontes de fertilizantes utilizadas foram:

Nitrogênio: 0; 30; 60 e 90 kg.ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio;

Fósforo: 0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de super fosfato simples;

Potássio: 0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

A base para a escolha das doses de fertilizantes utilizados, foi definida com a ajuda das indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004 descritas por Minella (2003).

A instalação do experimento com a cultivar BRS 195 foi realizada através de uma semeadora de plantio direto de nove linhas. O Cultivar escolhido é resultante da linhagem CEV 95076, origem PFC 95011, selecionada no programa da Embrapa Trigo, Passo fundo, em 1995, apresentando a seguinte genealogia: F 9228-OG-1FSS-1FSS-1FSS-2OF (Minella et al., 2001).

Vinte dias após a germinação, foi aplicado o produto comercial Ally (Metsulfuron-methyl), na dosagem de 6g.ha⁻¹, visando o controle das plantas invasoras de folhas largas.

Neste experimento não houve a necessidade de controle químico de pragas e de doenças.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando a matriz experimental Plan Puebla II (Tabela 1.2 e Figura 1.1), descrita por Fernandez & Laird (1978), que consiste na combinação de doses de nutrientes, com base na recomendação ideal, e distanciado de forma equidistante as demais doses, esta matriz possibilita na análise matemática, assim como a análise gráfica, além de diminuir a quantidades de parcelas por bloco, diminuindo o viés. Cada parcela foi constituída de 9 linhas

de 3,5 m de comprimento, com espaçamento de 0,20 m entre linhas, e uma população de 250 plantas.m⁻².

No perfilhamento e no início do enchimento dos grãos foram coletadas duas linhas, de um metro linear da parte aérea, de forma aleatória em cada parcela, sem considerar a bordadura, para quantificar a matéria seca.

Após a amostragem, o material foi embalado e levado à estufa, regulada a 70 °C, por 72 horas, com o objetivo de retirar toda sua umidade, e em seguida as plantas foram pesadas.

Ao final do ciclo, 133 dias após a germinação, foram coletadas 5 plantas em cada parcela, de forma aleatória, sem considerar a bordadura, com a finalidade de determinar a altura das plantas.

A colheita foi realizada manualmente e foram desprezadas duas linhas laterais com bordadura constituindo a parcela útil de 4,9m². O material foi ensacado, e posteriormente trilhado, em uma colhedora de experimentos.

Após a trilhagem e pesagem do material, foram coletadas amostras de grãos, para se obter: o peso de mil sementes, o teor de proteína nos grãos, a percentagem de germinação e a determinação da umidade, sendo que os testes de germinação e o teor de proteína nos grãos foram realizados pelo método Brasil (1992).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, considerando o delineamento estatístico de blocos casualizados. Utilizou-se o teste de significância “F” para os níveis 1 e 5% de probabilidade, e as médias foram comparadas pelo teste de Turkey, ao nível 5% de probabilidade. A análise estatística foi feita utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS, 1999).

A determinação das doses econômicas foram calculadas em função das diferentes relações entre o preço do produto e o preço de cada nutriente. Os coeficientes (b) obtidos na regressão múltipla das doses de nutrientes e produtividade (Tabela 1.3) foram aplicados na

seguinte equação relativa à produção, $Y=b_0 + b_1N + b_{11}N^2 + b_2P + b_{22}P^2 + b_3K + b_{33}K^2 + b_{12}NP + b_{13}NK + b_{23}PK$, cuja função de receita líquida é: $RL = wY - nN - pP - kK - CF$, onde w é o preço do quilograma da cevada (US\$ 0,20), n , p e k é o valor do quilograma do nitrogênio (US\$ 0,80 de sulfato de amônio com o 20% de N), fósforo (US\$ 1,03 de super fosfato simples com 18% de P_2O_5) e potássio (US\$ 0,527 de cloreto de potássio com 60% de K_2O) respectivamente, e o CF representa os custos fixos. Os valores monetários são referentes a setembro de 2005 para a região do Cerrado (US\$ 1,0 = R\$ 2,275). As doses econômicas foram calculadas através das derivadas parciais:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = b_1 + 2b_{11}N + b_{12}P + b_{13}K \dots \text{(Eq. 1)}$$

$$\frac{\partial RL}{\partial N} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial Y}{\partial N} = n/w \dots \text{(Eq. 1a)}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = b_2 + 2b_{22}P + b_{12}N + b_{23}K \dots \text{(Eq. 2)}$$

$$\frac{\partial RL}{\partial P} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial Y}{\partial P} = p/w \dots \text{(Eq. 2a)}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial K} = b_3 + 2b_{33}K + b_{13}N + b_{23}P \dots \text{(Eq. 3)}$$

$$\frac{\partial RL}{\partial K} = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial Y}{\partial K} = k/w \dots \text{(Eq. 3a)}$$

Igualando-se as equações e expressando na forma matricial, tem-se:

$$\begin{bmatrix} 2b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{12} & 2b_{22} & b_{23} \\ b_{13} & b_{23} & 2b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N \\ P \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n/w - b_1 \\ p/w - b_2 \\ k/w - b_3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} N \\ P \\ K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{12} & 2b_{22} & b_{23} \\ b_{13} & b_{23} & 2b_{33} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} n/w - b_1 \\ p/w - b_2 \\ k/w - b_3 \end{bmatrix}$$

Onde N, P e K representam a dose econômica de N, P_2O_5 e K_2O .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade

O rendimento de grãos da cevada, nos diferentes tratamentos, pode ser observado na Tabela 1.4. Verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, onde o tratamento 5 (30-80-60) e o tratamento 4 (30-80-30) apresentaram a maior e menor produtividade média, 4328 e 2681 $kg \cdot ha^{-1}$, respectivamente, mostrando um efeito do aumento

de dose de K, mesmo com os altos teores deste nutriente no solo (Tabela 1.1). Esta resposta não se deve apenas ao K porque vários tratamentos (3, 7, 9, 10 e 12), que receberam a mesma dose de potássio, tiveram produtividade absoluta menor, embora estatisticamente significativo apenas para os tratamentos 3, 10 e 12. Quando se fixou N e P, pode se observar que este efeito do potássio só ocorreu junto às doses maiores de P (80 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), não ocorrendo esta resposta na dose menor (40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, tratamentos 2 e 3), sugerindo efeito sinérgico entre P e K. A resposta à aplicação de K ficou também evidente na comparação entre os tratamentos 8 e 9, apesar de não haver diferença significativa entre as produtividades.

O aumento da produtividade nos tratamentos 3 (30-40-60) e 11 (60-80-90), foi ocasionado pelo aumento das doses de N, P₂O₅ e K₂O, nos tratamentos 1 (30-40-30) e 9 (60-80-60) ocorreu uma tendência de aumento da produtividade com a elevação das doses destes três nutrientes, já os tratamentos 10 (60-120-60) e 12 (90-80-60), o aumento do teor de N e P₂O₅ resultou em uma tendência de redução da produtividade, apenas os tratamentos 3 e 11 apresentaram diferença significativa.

Resultado semelhante foi observado por Guerra & Silva (1998); Fontoura et al., (2001); Peruzzo (2001); Viega et al., (2001); Fontoura & Morais (2003); Poletto et al., (2003); Teixeira et al., (2003), que concluíram que o aumento das doses de nitrogênio resulta em aumento na produtividade da cevada. Agri-facts (2000), afirma que o aumento das doses de K₂O além de resultar em um maior rendimento de grãos, proporciona ainda uma melhor maturação e qualidade dos mesmos.

O aumento das doses de P₂O₅ também influenciou na produtividade da cevada, embora este efeito dependesse da interação entre os outros nutrientes, como pode ser observado na comparação dos tratamentos 3 e 5, em que houve efeito significativo, ou com menor efeito a comparação dos tratamentos 6 e 8, 7 e 9 ou 9 e 10, em que as diferenças não foram estatisticamente significativas ou consistentes em termos absolutos. Este efeito ocorreu

mesmo com os altos teores de fósforo existentes no solo (Tabela 1.4), contradizendo os resultados, na cultura da cevada, obtidos por Hoffman et al. (2001) em estudo realizado em um solo de alta fertilidade, no Uruguai.

Com relação ao nitrogênio, os tratamentos 8 e 10, produziram menos que o tratamento 5 com menor dose de N mineral aplicado; entretanto quando se compara os tratamentos em que se altera somente o N (2 e 6, 3 e 7, 4 e 8 e 5 e 9), com exceção da última comparação, todos apresentaram uma tendência de resposta à adição de N, mas não apresentaram diferenças significativas.

Foram comparados, com auxílio da representação gráfica da matriz de Plan Puebla, a produtividade fixando dois nutrientes e variando um terceiro (Figura 1.2). Ao aumentar as doses de N (00, 30 e 60 kg.ha⁻¹), e fixar doses baixas de P₂O₅ e K₂O (40 e 30 kg.ha⁻¹ respectivamente), foi observada uma tendência de aumento de produtividade, contudo não apresentou diferença estatística. Contudo ao variar as doses de N (30, 60, 90 kg.ha⁻¹), e fixar doses altas de P₂O₅ e K₂O (80 e 60 kg.ha⁻¹ respectivamente), houve redução de produtividade, principalmente entre as doses 30 e 90 kg.ha⁻¹ de N, redução esta ocasionada provavelmente devido a alta fertilidade do solo, e/ou as combinações de altas doses de P₂O₅ e K₂O, resultando em um possível antagonismo.

Quando se variou as doses de P₂O₅ (00, 40, 80 e 40, 80,120) e se fixou doses baixas e altas de N e K₂O (30 e 60 kg.ha⁻¹, respectivamente), foi observado que ocorreu redução de produtividade (Figura 1.2), provavelmente devido a alta fertilidade do solo, já que o fósforo foi classificado como adequado de acordo com Souza et al. (2004a) .

Ao aumentar as doses de K₂O (30, 60, 90 kg.ha⁻¹) e fixar doses altas de N e P₂O₅ (30 e 40 kg.ha⁻¹ respectivamente), observou-se que houve aumento de produtividade com o incremento do K₂O (Figura 1.2), aumento este resultante da combinação dos nutrientes, e/ou

resposta à adubação potássica, mesmo está estando em grandes quantidades no solo, já que o potássio foi classificado como muito bom de acordo com Alvarez et al. (1999).

Peso de mil grãos

A comparação entre os tratamentos (Tabela 1.4) não apresentou diferença significativa, provavelmente devido à elevada fertilidade do solo, sendo que serão discutidos os dados absolutos. Nos tratamentos 11 (60-80-90) e 8 (60-80-30), a diferença foi decorrente do aumento das doses de K_2O , também observada nos tratamentos: 5 (30-80-60) e 4 (30-80-30). Nos tratamentos 9 (60-80-60) e 13 (00-40-30), observou-se que a tendência de elevação do peso de mil grãos foi decorrente do aumento das doses dos três nutrientes.

Os tratamentos 1 (30-40-00) e 10 (60-120-60), e nos tratamentos 14 (30-00-30) e 12 (90-80-60) a tendência de aumento do peso de mil grãos destes tratamentos, pode ter sido devido à redução dos três nutrientes; e nos tratamentos 3 (30-40-60) e 7 (60-40-60) e 2 (30-40-30) e 6 (60-40-30), a tendência do incremento do peso de mil grãos foi decorrente da diminuição das doses de N, o mesmo efeito foi observado por Peruzzo (2001).

Altura da planta

A análise de variância entre os tratamentos demonstrou que houve diferença estatisticamente significativa, onde o tratamento 12 (90-80-60 $kg.ha^{-1}$) e o tratamento 1 (30-40-00 $kg.ha^{-1}$) apresentaram a maior e a menor altura média (Tabela 1.4), 65,5 e 55,5 cm respectivamente, que deve ter sido um efeito somatório dos três nutrientes. Embora este cultivar tenha usualmente porte baixo, estas alturas apresentam-se abaixo do relatado por Minella et al. (2001), que cita a altura média de 71 cm.

A estatura da planta teve tendência de aumento, quando correlacionado com o aumento das doses de N e P_2O_5 , como foi observado nos tratamentos: 14 (30-00-30) e 7 (60-

40-30); aumento de N e K₂O nos tratamentos 5 (30-80-60) e 11 (60-80-90); e aumento de N nos tratamentos 13 (00-40-30) e 6 (60-40-30); e aumento dos três nutrientes nos tratamentos 3 (30-40-60) e 8 (60-80-30), nestes tratamentos além do aumento das doses de N, o aumento das doses de K₂O afetou a altura da planta. Esta tendência pode ter ocorrido devido ao nitrogênio participar diretamente no crescimento da planta, ao passo que a deficiência de potássio pode resultar em diminuição do crescimento da planta (Agro-facts, 2000).

Quando se fixou os demais tratamentos e se variou o N (tratamentos 2 e 6, 3 e 7, 5 e 9), ocorreu uma tendência do aumento da altura das plantas com o aumento da dose nitrogenada.

Matéria seca

A análise de variância entre os tratamentos demonstrou que houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$), onde o tratamento 12 (90-80-60 kg.ha⁻¹) e o tratamento 1 (30-40-00 kg.ha⁻¹) apresentaram o maior e o menor peso de matéria seca, 3.698 kg.ha⁻¹ e 2.280 kg.ha⁻¹ respectivamente (Tabela 1.4).

O maior valor obtido para matéria seca no tratamento 12, não deve ser devido apenas ao incremento de N, P ou K isoladamente. Comparando-se os tratamentos com diferentes doses de P em que foram fixados os outros nutrientes, obteve-se matérias secas similares como a comparação dois a dois entre os tratamentos 3 e 5, 6 e 8, ou até mesmo peso de matéria seca menores em tratamentos com doses maiores de P como ocorreu na comparação entre os tratamentos 7 e 9.

Comparando-se dois a dois os tratamentos em que se variou apenas o K, obteve-se uma tendência de produtividades similares (2 e 3) ou menores (4 e 5; 8 e 9), em diferentes doses de K, sugerindo que o peso da parte aérea não se deu apenas pela adição de K embora o pior tratamento tenha ocorrido sem adição de K (30, 40, 0).

Com relação ao nitrogênio, entretanto, o melhor tratamento foi aquele com a maior dose de N e o pior tratamento foi o que foi aplicada a menor dose de N, embora deva ter ocorrido interação com o K, pois este tratamento não recebeu adição deste nutriente. Este incremento da matéria seca ocorre devido à taxa de crescimento da cultura estar correlacionada com um maior ganho de CO₂ e devido à maior capacidade fotossintética (Larcher, 2000), que é incrementada pela adição de N (Malavolta, 1989; Raij, 1991).

Comparando-se os tratamentos dois a dois onde se fixou os demais nutrientes e se variou as doses de N mineral, os pesos da parte aérea foram similares em diferentes doses de N e com baixa adição de P e K (tratamentos 2 e 6). Com o aumento da dose de N diminuiu o peso da parte aérea com doses maiores do fósforo (80 kg de P₂O₅) e mantendo o K baixo (tratamentos 4 e 8) ocorrendo a mesma tendência para peso da parte aérea para alto P e K (tratamentos 5 e 9). A resposta à adição de N mineral em valores absolutos de peso de parte aérea ocorreu apenas na comparação entre os tratamentos 3 e 7, com 60 kg de K₂O e 40 kg de P₂O₅. Estes dados sugerem que a resposta ao nitrogênio depende das doses aplicadas de P e K.

A superfície de resposta da matéria seca nas diferentes doses de P₂O₅ (0 a 120 kg.ha⁻¹) e de N (0 a 90 kg.ha⁻¹), independente das doses K₂O (Figura 1.5), demonstrou que a elevação das doses de fósforo resulta em aumento da matéria seca. Já o aumento das doses de N resultou em redução da matéria seca, até 30 kg.ha⁻¹, em seguida houve acréscimo da matéria seca, com o aumento do mesmo. Dados mostram um incremento um pouco maior de matéria seca nas doses máximas de ambos nutrientes.

A superfície de resposta da matéria seca, nas diferentes doses de P₂O₅ (0 a 120 kg.ha⁻¹) e de K₂O (0 a 90 kg.ha⁻¹), independente das doses de N (Figura 1.6), demonstrou que o aumento das doses de ambos nutrientes proporcionou a elevação do peso da matéria seca (kg.ha⁻¹), sendo que a resposta ao P foi mais acentuada a partir de 40 kg.ha⁻¹ e a resposta ao K

foi mais suave iniciando-se logo aos 10 kg de $K_2O\ ha^{-1}$, sendo a interação entre ambos leve considerando que houve um ligeiro acréscimo na dose mais alta de ambos.

A superfície de resposta da matéria seca, nas diferentes doses de K_2O (0 a $90\ kg\cdot ha^{-1}$) e de N (0 a $90\ kg\cdot ha^{-1}$), independente das doses de P_2O_5 (Figura 1.7), demonstra que nas doses mais baixas de N, houve aumento mais acentuado do peso da matéria seca até $30\ kg\cdot ha^{-1}$ de potássio, a partir deste ponto o incremento de K_2O , não influenciou na matéria seca; este fator pode ter ocorrido devido ao alto teor de potássio no solo (Tabela 1.1).

Contudo nas doses mais altas de N, ocorreu um incremento no peso da parte aérea, até $70\ kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$, entrando então no consumo de luxo deste nutriente. Similar ao que ocorreu quando se considerou N x P, o aumento das doses de N resultou em redução da matéria seca, até $30\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$, em seguida houve acréscimo da matéria seca, com o aumento das doses do mesmo, demonstrando a influencia positiva do N, já que a menor dose aplicada foi de $30\ kg\cdot ha^{-1}$.

Estes resultados sugerem que a resposta de cada nutriente, ao aumento do peso da matéria seca, depende da interação entre os mesmos, principalmente o P_2O_5 e o K_2O , que respondem de forma diferente quando comparados com diferentes nutrientes, demonstrando mais uma vez a existência de sinergismo entre os nutrientes.

Teor de proteína e germinação dos grãos

Os teores de proteína nos grãos apresentaram-se acima do nível recomendado de $120\ g\ kg^{-1}$ de acordo com Brasil (1996), em todos os tratamentos (Tabela 1.5), mesmo com o nitrogênio sendo aplicado logo após a germinação, considerando que quanto mais tarde a aplicação do N mineral maior é a influência na proteína nos grãos. Este alto teor de proteína pode ter ocorrido devido à combinação de características genéticas do cultivar BRS 195, sendo propícia ao aumento do teor de proteína com o incremento de nitrogênio (Piana et al.,

2003), e devido à alta fertilidade do solo, e do teor de matéria orgânica proveniente de dois anos de cultivo de milho, além do que a área foi cultivada anteriormente à implantação do experimento com soja que, possivelmente, formou uma reserva de N no solo. Outra possível causa pode ter sido a elevação da tensão de água no solo, que segundo Figuerêdo et al. (2002) pode aumentar o teor de proteína nos grãos.

A percentagem de germinação dos grãos apresentou-se em níveis ideais, já que os valores foram iguais ou superiores a 95%, com exceção do tratamento 1 (30-40-00), que apresentou o valor de 94% (Tabela 1.5). Mesmo com a alta quantidade de potássio no solo a percentagem de germinação foi alta, já que segundo Chueiri et al. (2004) o excesso deste nutriente pode afetar significativamente a germinação da semente e a arquitetura das raízes, em virtude de possíveis efeitos salinos.

Dose econômica

As doses econômicas calculadas, com base foram: 45 kg.ha⁻¹ de N; 49 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, e 48 kg.ha⁻¹ de K₂O. O valor do N encontra-se próximo da recomendação de adubação, o valor do P₂O₅ encontra-se abaixo do valor recomendado, e o valor do K₂O encontra-se acima do recomendado, mesmo com a alta fertilidade do solo, mostrando que cevada responde positivamente a adubação. Souza et al. (2004) afirmam que a recomendação de adubação de reposição, para um solo previamente corrigido, para a cultura da cevada são de 20 kg.ha⁻¹ de N, 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, e 20 kg.ha⁻¹ de K₂O.

CONCLUSÕES

1. A altura da planta apresentou diferença significativa entre os tratamentos, diferença esta decorrente da interação do nutrientes.
2. A produtividade apresenta diferença significativa, sendo que a resposta à produtividade depende da interação entre os nutrientes.
3. A variável peso de mil grãos não apresentou diferença significativa em nenhum tratamento.
4. A matéria seca apresenta diferença significativa, sendo que a resposta ao peso seco da parte aérea foi afetada pela interação entre os nutrientes.
5. As doses econômicas encontradas para o solo onde foi realizado o experimento foram 45 kg.ha^{-1} de N, 49 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 48 kg.ha^{-1} de K_2O .
6. O teor de proteínas nos grãos encontra-se acima do nível recomendado em todos os tratamentos (120 g kg^{-1}).

Tabela 1.1. Resultados da análise química do solo antes da implantação do experimento.

Camada	pH	Al	Ca+Mg	H + Al	CTC	P	K	MO	Argila
-----cm-----	H2O	-----	cmol _c	1dm ⁻³	-----	---mg	dm ⁻³ ---	-----g	kg ⁻¹ -----
0 - 20	6,0	0,02	6,0	4,5	10,9	20,4	146,0	25,5	510,0

Tabela 1.2. Tratamentos definidos a partir da matriz experimental Plan Puebla II.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg.ha ⁻¹		
1	30	40	00
2	30	40	30
3	30	40	60
4	30	80	30
5	30	80	60
6	60	40	30
7	60	40	60
8	60	80	30
9	60	80	60
10	60	120	60
11	60	80	90
12	90	80	60
13	00	40	30
14	30	00	30

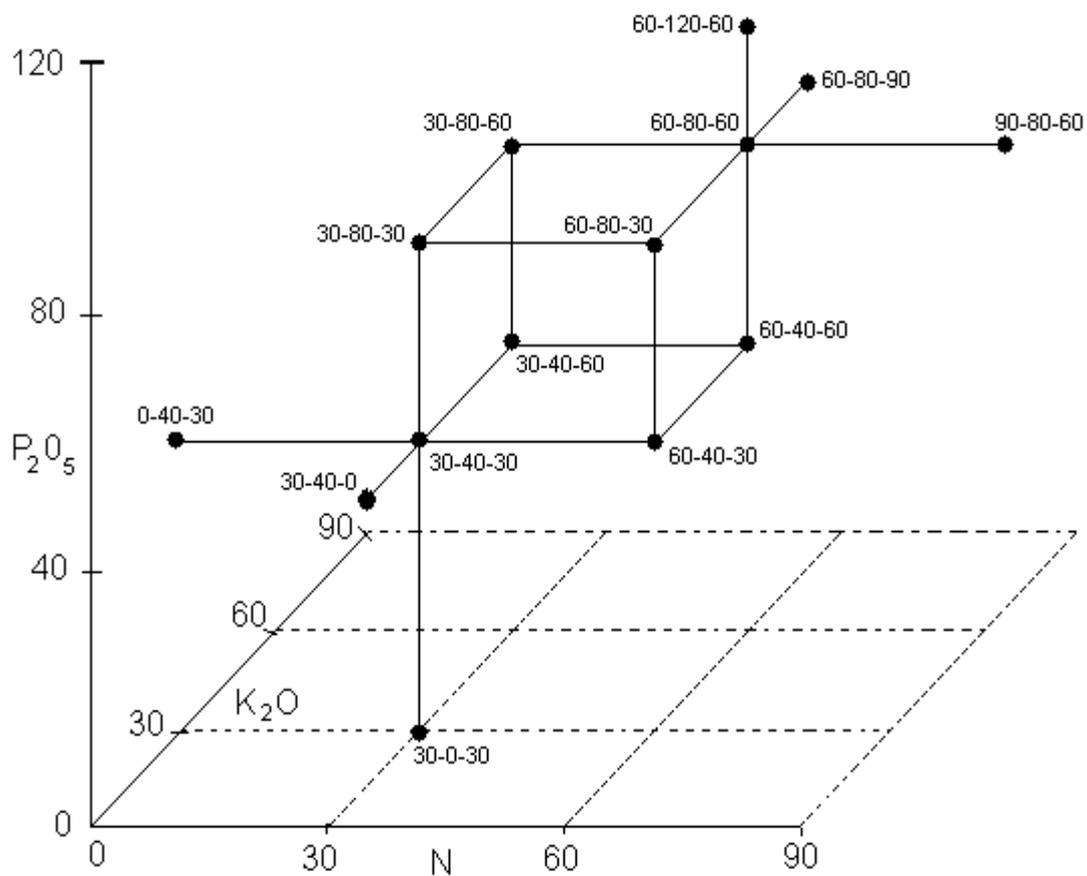


Figura 1.1. Representação gráfica da matriz experimental Plan Puebla II.

Tabela 1.3. Coeficientes obtidos na regressão múltipla das doses dos nutrientes.

		Coeficientes
Interseção	b0	2828,72
N	b1	37,5284
NN	b11	0,17083
P	b2	-8,13539
PP	b22	-0,15054
K	b3	-14,2957
KK	b33	-0,05915
NP	b12	-0,42977
NK	b13	-0,57141
PK	b23	0,98060

Tabela 1.4. Análise de variância da produtividade de grãos, peso de mil grãos, altura e matéria seca (no início do enchimento dos grãos), da cevada, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Produtividade de grãos*	Peso de mil grãos*	Altura*	Matéria seca*
	-----kg.ha ⁻¹ -----			-----g-----	-----cm-----	-----kg.ha ⁻¹ -----	
1	30	40	0	2964 c	40,3 a	55,5 b	2280 b
2	30	40	30	3187 c	39,1 a	58,8 ab	2651 ab
3	30	40	60	2905 c	39,8 a	59,0 ab	2831 ab
4	30	80	30	2681 c	36,7 a	60,8 ab	3298 ab
5	30	80	60	4327 a	40,8 a	57,5 ab	2726 ab
6	60	40	30	3506 abc	38,8 a	60,8 ab	2758 ab
7	60	40	60	3462 abc	37,5 a	62,8 ab	3480 ab
8	60	80	30	3237 c	36,5 a	60,5 ab	2861 ab
9	60	80	60	3617 abc	39,2 a	59,3 ab	2381 ab
10	60	120	60	3216 c	36,9 a	60,0 ab	3440 ab
11	60	80	90	4290 ab	41,1 a	61,8 ab	3082 ab
12	90	80	60	3377 bc	39,0 a	65,5 a	3698 a
13	0	40	30	3012 c	37,7 a	58,0 ab	2941 ab
14	30	0	30	3286 c	39,1 a	56,0 ab	2342 ab
CV				11,1%	8,9%	6,4%	18,9%

* Os números seguidos pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0.05).

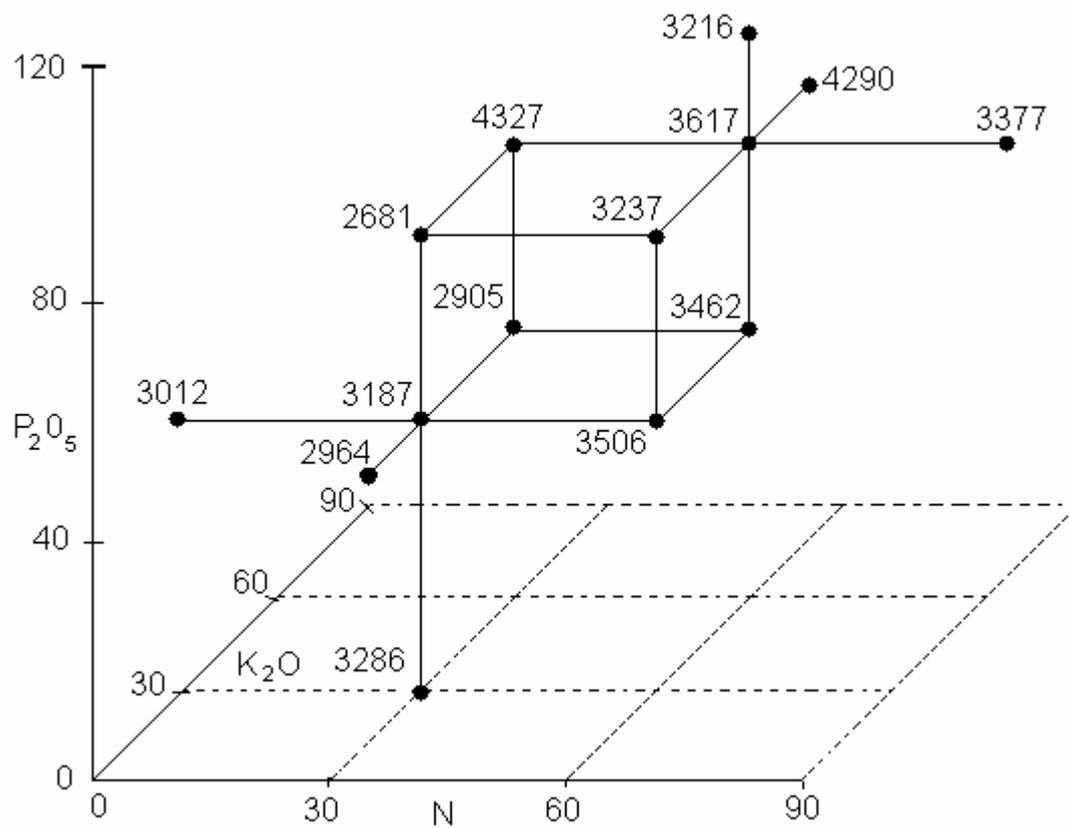


Figura 1.2. Representação gráfica da produtividade, em kg.ha⁻¹, da matriz experimental Plan Puebla II, nas diferentes doses de N, P₂O₅ e K₂O, em kg.ha⁻¹.

Tabela 1.5. Percentagem de germinação e teor de proteína nos grãos da cevada, nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Germinação	Teor de proteína
	kg.ha ⁻¹			%	g kg ⁻¹
1	30	40	0	94	158,0
2	30	40	30	95	158,8
3	30	40	60	95	160,2
4	30	80	30	95	176,7
5	30	80	60	96	169,1
6	60	40	30	95	164,7
7	60	40	60	96	165,3
8	60	80	30	95	167,3
9	60	80	60	96	159,7
10	60	120	60	96	167,3
11	60	80	90	95	150,6
12	90	80	60	96	171,1
13	0	40	30	97	161,4
14	30	0	30	97	176,4

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRI-FACTS. Potassium fertilizer application in crop production. **Practical information for Alberta's agriculture industry**. 4p. 2000.
- AMABILE, R.F.; GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; MINELLA, E.; SERRA, D.D. O Comportamento de linhagens e cultivares de cevada de duas fileiras de grãos irrigada no Cerrado. In: XXII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 178-186. 2002.
- AMABILE, R.F.; LOPES, F.G.; MINELLA, E. GOMES, A.C.; VALENTE, C.M.W.; SOUZA, C.V.B. de.; PIMENTEL, A. do B. M. Estudos de épocas de semeadura na cevada cervejeira irrigada no Cerrado. In: XXIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA., 2003. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 499-512. 2003.
- AMABILE, R.F.; MINELLA, E.; NOGUEIRA, T. de C.; SERRA, D.D.; ALBUQUERQUE, P.T.; GOMES, A.C. Efeito das densidades de semeadura no cultivo da cevada cervejeira irrigada no Cerrado. In: XXII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA., 2002. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p.159-163. 2002a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, SNAD/DNDV/CLAV. 365p. 1992.
- BRASIL. Ministério de estado da agricultura e do abastecimento. Brasília. **Portaria nº 691**, de 22 de novembro de 1996.
- CHUEIRI, W.A.; CARDOSO JUNIOR, O.; REIS JUNIOR, R.A. Manejo do potássio na adubação de semeadura. **Divulgação técnica**. Ano XXII. n 167. 2p. 2004.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS. 220p. 1979.

FERNANDEZ, A.T.; LAIRD, R.J. Rama de suelos. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre practicas de produccion de cultivos. **Revista agrociencia**. México, 28p. 1978.

FIGUERÊDO, S.F.; GUERRA, A.F.; AMBILE, R.F.; SILVA, D.B. da. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada para a cevada BRS 195 no Cerrado. In: XXII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 501-507. 2002.

FLORIANE, A.P. Cevada cervejeira. 2002
<<http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpcerea/cevada%20cervejeira>>. Acesso em 08 set. 2005.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R. Efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura e da densidade de plantas no rendimento de grãos de cevada. In: XXII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA., 2002. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 484-489. 2002.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R. Efeito do nitrogênio aplicado em cobertura, sobre resteva de soja, no rendimento de grãos de quatro cultivares de cevada. In: XXIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA., 2003. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 385-392. 2003.

FONTOURA, S.M.V.; MUNDSTOCK, C.M.; MORAES, P.R Efeito da época de aplicação de nitrogênio em cobertura e da densidade de plantas no rendimento de duas cultivares de cevada. In: XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS.Vol.I. p. 583-594. 2001.

GROHS, D.S.; MUNDSTOCK, C.M.; POLETO, N.; ALFONSO, C.W.; PIANA, A.T. Densidade de semeadura e duas épocas de aplicação de N no cultivar de cevada BRS 195. In: XXIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 331-338. 2003.

GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cevada de seis fileiras na região do Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18. 1998, Passo Fundo. **Anais**. p.365-371. 1998.

HOFFMAN, E.; BORGHI, E.; ERNST, O.; PERDOMO, C.; HERNÁNDEZ, J. Respuesta al agregado de P en cebada cervecera sembrada sin laboreo y su relación com la evolución del P en el suelo durante el período de barbecho. In: XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA., 2001. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. Vol. II. p. 615-626. 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. p. 149-153. 2000.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo, SP, Ceres. p. 40-55. 1989.

MINELLA, E. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004**. Passo Fundo. 32p. 2003.

MINELLA, E.; SÓ e SILVA, M.; ARIAS,G. Cultivar BRS 195 de cevada. In: XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA., 2001 **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. V 1. p. 421-424. 2001.

PERUZZO, G. Efeito de nitrogênio no rendimento de grãos de quatro genótipos de cevada, em 2000. In: XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. Vol. II. p. 599-604. 2001.

PIANA, A.T.; MUNDSTOCK, C.M.; POLETO, N.; ALFONSO, C.W.; GROHS, D.S.; CARMONA, F.; CAIERÃO, E. Densidade de semeadura e duas épocas de aplicação de N na cultivar de cevada BRS 195. In: XXIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA.,2003 **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 325-329. 2003.

POLETO, N.; ALFONSO, C.W.; PIANA, A.T.; GROHS, D.S.; MUNDSTOCK, C.M. Resposta da cevada a doses de N em cobertura e a disponibilidade de N no solo e teores na planta. In: XXIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. 2003. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 345-351. 2003.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos. 343p. 1991.

SILVA, A.A.; MUNDSTOCK, C.M.; WAMSER, A.F.; GROHS, D.S.; STUMPF, R. Rendimento de grãos do cultivar de cevada BRS 195 sob diferentes densidades de semeadura e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 496-497. 2002.

SOUSA, D. M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, DF. p.147-168. 2004a.

SOUSA, D. M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, DF. p. 183-313. 2004.

TEIXEIRA, M.C.C.; RODRIGUES, O.; WOLF, W.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio no acamamento e em características de cevada. In: XXIII REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA. 2003. **Anais e Ata**. Passo Fundo, RS. p. 359-365. 2003.

VIEGA, L.; KEMANIAN, A.; GONZÁLEZ, S.; OLIVO, N.; MERONI, G. Factores que afectan el número de granos por espiga em cevada cervecera. XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA.,2001. **Anais e Ata**. Vol. 1. Passo Fundo, RS. p. 173-177. 2001.

WAMSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M.; GROHS, D.S.; SILVA, A.A.; STUMPF, R.; CAIERÃO, E. Teor de proteína em grãos de cevada afetado pela disponibilidade de nitrogênio em diferentes estágios fenológicos da cultura. 2002.

Capítulo 02

Efeitos da adubação NPK no estado nutricional da cevada cervejeira, sob plantio direto.

(Trabalho a ser enviado a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Efeitos da adubação NPK no estado nutricional da cevada cervejeira, sob plantio direto.

CORDEIRO, A. ²; OLIVEIRA, S. A. de^{2,2}; AMABILE, R.F.⁴; RIBEIRO JR, W. Q.³; RAMOS, M. L.G.²; ZIVIANI, A. C⁴

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram quantificar as doses de NPK mais adequadas em relação ao estado nutricional da cultura, e definir as interações entre os macro e micronutrientes, por intermédio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). O trabalho foi conduzido em condição de campo, na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, durante o período de junho a novembro. O experimento foi conduzido em área de primeiro ano de plantio direto e irrigado por aspersão, utilizando o cultivar BRS 195. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando a matriz experimental Plan Puebla II. Os tratamentos testados foram obtidos a partir da combinação dos quatro níveis de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e K₂O (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹). A parcela experimental constituiu-se de 9 linhas de 3,5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m (6,3 m²), onde a área útil eram as linhas centrais (4,9 m²). No perfilhamento e no enchimento dos grãos foram coletadas aproximadamente 50 folhas bandeira, de cada parcela, onde foram determinados os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu. Foi definida a melhor época de amostragem por meio da análise de regressão linear múltipla, entre a produtividade e os teores foliares dos nutrientes. Tendo sido realizados cálculos para definir os níveis de suficiência dos nutrientes. A avaliação dos estados nutricionais da cultura, obtida através da análise foliar, apresentaram divergências entre os métodos utilizados. É recomendado que faça a diagnose nutricional da cultura no perfilhamento, para que se tenha tempo hábil para possíveis correções na adubação. Os nutrientes com alta probabilidade de resposta a adubação, em ordem crescente em percentagem de tratamentos são: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%) > Mg (7,2%). O Índice de Balanço Nutricional (IBN) não apresentou correlação significativa com a produtividade.

Palavras-chave: Índice de balanço nutricional, diagnose foliar, DRIS, nitrogênio, potássio, fósforo.

⁽²⁾ (Aceito para publicação em...)

⁽²⁾ Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Caixa Postal 4508, CEP 70910-970, Brasília, DF. E-mail: andecor@gmail.com, oliveira@unb.br, lucrecia@unb.br.

⁽³⁾ Embrapa Trigo/Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF. E-mail: walter@cpac.embrapa.br

⁽⁴⁾ Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF. E-mail: renato@cpac.embrapa.br

⁽⁵⁾ União Pioneira de Integração Social, Caixa postal , CEP Planaltina, DF. E-mail adley@upis.br

The effect of NPK fertilisation on nutritional status in barley, under no till planting system.

CORDEIRO, A.; OLIVEIRA, S. A. de; AMABILE, R.F.; RIBEIRO JR, W. Q.; RAMOS, M. L.G.; ZIVIANI, A. C

ABSTRACT

The objective of this work was to quantify desirable doses of N, P₂O₅ e K₂O fertilisers, in relation to nutritional status in barley and define interactions between micro and macronutrients using Diagnosis for Recommendation in an Integrated System (DRIS). The work was carried out in field conditions located at Embrapa Cerrados (Planaltina, DF), in a clay textured Oxysol, during June to November, in a first year no till planting system, irrigated by sparkling system. The cultivar utilised was BRS 195. It was a random block design experiment, with 4 replicates, using experimental matrix Pan Puebla II. Tested treatments were a combination of four levels of N (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹), P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹) and K₂O (0, 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹). Each plot had 9 lines with 3,5m length, and distance between rows of 0,2 m and the area used to measure yield had 4,9 m². During tillering stage and grain filling approximately 50 leaves were collected from each plot and N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe Mn and Cu were determined. The best stage for leaf sampling were determined using multiple linear regression between yield and nutrient leaf content. Sufficiency level or nutrients were calculated. Divergences between utilised methods regarding nutritional status were obtained. Diagnosis during tillering stage is recommended because it is still possible corrections with fertiliser addition. Crescent order probability to get advantages in fertilisation were: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%) > Mg (7,2%). Nutritional balance index (NBI) did not show significant correlation with yield.

Key Words: DRIS, Nutritional balance index, leaf diagnosis, nitrogen, Potassium, phosphorus.

INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare L.*) é produzida comercialmente no Brasil desde 1930, e até meados de 1979 era cultivada somente na região sul do país. Mesmo com o lançamento do plano nacional de auto-suficiência de cevada e malte (Amabile et al., 2002), as importações continuaram devido à produção de cevada estar estrita a região Sul.

A auto-suficiência da cevada no Brasil pode ser favorecida pela viabilidade deste cereal no Cerrado que, cultivado no inverno, podem ser obtidas altas produtividades e boa qualidade de grãos, além do menor risco de ocorrência de chuva na colheita, o que causaria diminuição na qualidade dos grãos, e redução da incidência de doenças fungicas, devido à baixa umidade relativa do ar no plantio de inverno.

Há na região apenas um cultivar de cevada recomendado, a BRS 180 de seis fileiras, e a introdução de um novo cultivar requer estudos de manejo para se obter não apenas maior produtividade, mas também maior cobertura vegetal facilitando a implantação do sistema de plantio direto, para que se aumentem as chances de êxito da adoção do mesmo na região do cerrado.

O cultivar BRS 195, é um dos cultivares que melhor está se adaptando às condições do cerrado no período de inverno, devido a seu alto potencial produtivo e a resistência a doenças. O cultivar é resistente ao oídio, moderadamente resistente à ferrugem da folha, mancha reticular e VNAC, e suscetível à mancha marrom e a giberela. O seu cultivo pode se tornar rentável, devido à redução de custos com defensivos, juntamente com o alto potencial produtivo, permitindo assim o uso de sistemas de irrigação, que é oneroso, o que leva à necessidade de altos rendimentos e aprimoramento de técnicas de manejo.

Esta cultivar apresenta um ciclo de 102 dias do plantio ao espigamento e 148 dias do plantio à maturação, com altura baixa, 0,71 m, com alto potencial produtivo, atingindo até

5000 kg ha⁻¹ e apresenta resistência ao acamamento, ao oídio, é moderadamente resistente à ferrugem da folha, a mancha reticular e a VNAC, sendo suscetível à mancha marrom e a giberela. O cultivar apresenta boa qualidade de grãos, 85% na classe 1, e com padrão malte cervejeiro (Minella et al., 2001).

São importantes também as reduções de custos com insumos e defensivos, e a obtenção de grãos com melhor qualidade, que é de suma importância para a comercialização dos grãos.

Os fatores a serem alcançados em relação à qualidade dos grãos são: a qualidade de grãos inteiros e tamanhos dos grãos, que classificam o tipo de cevada, em tipo 1, 2 e 3 que influem diretamente no preço a ser pago pela tonelada da cevada; umidade, no máximo 13%; poder germinativo, no mínimo 95%; teor de proteína no grão de no máximo 12%; pureza varietal com no mínimo 95%; e sementes de outras espécies de cereais, no máximo 2%.

A diagnose foliar é outra técnica recomendada para a obtenção de altas produtividades, racionalização e redução de custos com insumos.

Esta diagnose visa a avaliação do estado nutricional das culturas, já que é sabido da existência da relação entre o teor de nutrientes na planta e sua produção (Black, 1993; Martinez et al., 1999).

A análise nutricional das culturas é importante para confirmar a deficiência, toxidez ou desequilíbrio entre os nutrientes, possibilitando assim o estudo das interações entre os nutrientes, complementando as análises químicas do solo e da planta e permitindo que se faça uma recomendação de adubação mais equilibrada e ajustada economicamente (Schulte & Kelling, 2005; Teixeira et al., 2003).

Com base nesta diagnose, diversos métodos têm sido propostos e utilizados. Dentre esses o método clássico, baseado na comparação dos resultados analíticos com tabelas de recomendação de nutrientes às culturas. Todavia tal método permite apenas a interpretação

individual de cada nutriente, e não a interação entre os nutrientes, e com isso não é possível determinar, quando mais de dois nutrientes encontram-se abaixo dos níveis críticos, e qual destes nutrientes foi o mais limitante à cultura (Malavolta et al., 1998).

Beaufils (1973) com base na diagnose fisiológica, publicada desde 1957, propôs o método DRIS Diagnosis And Recommendation Integrated System (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), que foi desenvolvido como mais um instrumento para a diagnose nutricional, com base em estudos com seringueiras (*Hevea brasiliensis*), nas décadas de 50 e 60, e segundo Santos (2004), sua utilização tem sido feita em muitas espécies vegetais de importância agrícola.

O sistema DRIS, vem sendo popularizado como método de diagnose do estado nutricional da planta, e aplicado com sucesso em diversas culturas como a seringueira (Beaufils, 1971), cana-de-açúcar (Zambello Jr. & Orlando Filho, 1980; Zambello Jr. et al., 1981; Reis Jr., 1999), trigo (Summer, 1977), pinus (Svenson & Kimberlev, 1988), café (Arboleda et al., 1988), milho (Escano et al., 1981) e pimenta-do-reino (Oliveira et al., 1998).

Malavolta et al. (1998) definem o método DRIS como uma metodologia para a interpretação de análise foliar que utiliza interpretações entre os nutrientes, indicando os mais limitantes e a ordem de limitação. O método DRIS utiliza relações binárias entre os macros e micronutrientes, introduzindo o conceito de índice primário, diferenciando-o dos métodos tradicionais (Costa, 1999).

A primeira etapa para utilizar o método DRIS é o estabelecimento de normas DRIS (Walwort & Summer, 1987; Bailey et al., 1997). De acordo com Beaufils (1973); Raij (1991); Malavolta et al. (1998), para a determinação destas normas tornam-se necessárias a utilização de um banco de dados contendo informações que relacionem teores foliares e a produtividade, e com base neste banco de dados as variâncias das relações entre os teores dos nutrientes, média e coeficientes de variação são calculados.

Para a obtenção das normas é necessário que haja um procedimento criterioso, onde a seleção das lavouras seja de forma aleatória, buscando a variabilidade (Malavolta et al., 1998). As populações devem ser divididas em duas categorias, a população de referência, que não sofre influências adversas e que apresente produtividade superior ao nível estabelecido, e a população não referência, que sofre influência de outros fatores e com a produtividade menor que a estabelecida (Beaufils, 1973; Walworth & Summer, 1987; Beverly, 1991;).

Após a obtenção das normas são calculados os índices DRIS, que irão possibilitar a determinação das interações entre os nutrientes, e a ordem de limitação entre estes.

A determinação da dose econômica é outro fator que possibilita um melhor manejo da cultura e uma melhor recomendação de adubação, reduzindo os custos com insumos.

Os objetivos deste trabalho foram: Avaliar o efeito das doses de NPK com relação ao estado nutricional da cultura, e calcular os níveis de suficiência de macro e micronutrientes para a cevada, por intermédio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condição de campo, na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF, em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, com altitude de 720m, nas coordenadas geográficas 15° 35' 42'' S e 47° 43' 27'' W, em área de cerrado, durante o período de junho a novembro.

O experimento foi conduzido em área de primeiro ano de plantio direto, sobre a resteva de soja e brachiaria, onde a gramínea foi dessecada com glifosate, na dosagem de 3,0 l ha⁻¹ do produto comercial, pós-emergente.

A análise química do solo foi realizada anteriormente à implantação do experimento, os resultados podem ser observados na Tabela 2.1.

As plantas foram irrigadas por sistema de irrigação por aspersão, em função da tensão de água no solo, quando blocos de gesso, instalados a 15 cm de profundidade no solo, acusavam valores médios de 100 kPa. Foram aplicados 400 mm de água durante o ciclo da cultura.

A adubação foi feita toda em cobertura, devido às dificuldades na diferenciação das parcelas, ocasionadas pela grande quantidade de matéria seca existente no local, decorrente da dessecação da gramínea. Os teores de N, P₂O₅ e K₂O aplicados, foram determinados de acordo com as tabelas de recomendação de adubação proposta por Minella (2003). Os tratamentos testados foram obtidos através da combinação dos quatro níveis de N, P₂O₅ e K₂O. As doses e fontes dos fertilizantes utilizados foram:

N: 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N, via sulfato de amônio;

P: 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via super fosfato simples;

K: 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, via cloreto de potássio.

O plantio foi realizado com semeadora de plantio direto, com nove linhas, regulada para a profundidade de 0,05 m, com espaçamento entre linhas de 0,20m, e uma população de 250 sementes viáveis m⁻². O plantio foi realizado no dia 10 de junho de 2004.

Foi utilizado o cultivar BRS 195, resultante da linhagem CEV 95076, origem PFC 95011, selecionada no programa da Embrapa trigo em 1995. Esta apresenta a seguinte genealogia: F 9228-OG-1FSS-1FSS-1FSS-2OF.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando a matriz experimental Plan Puebla II (Tabela 2.2 e Figura 2.1), segundo Fernandez & Laird (1978).

A parcela experimental constituiu-se de 9 linhas de 3,5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m (6,3 m²), onde a área útil eram as linhas centrais totalizando uma área útil de 4,9 m².

No perfilhamento e no enchimento dos grãos foram coletadas aproximadamente 50 folhas bandeira de cada parcela, de forma aleatória, de acordo com a recomendação de Oliveira (2004). No laboratório de análise foliar da Embrapa Cerrados (CPAC), as folhas foram secas em estufa regulada a 65°C com ventilação de ar forçado por 72 horas, moídas e retirados 20 g para análise foliar de macro e micronutrientes, que foram realizadas segundo a metodologia proposta por Embrapa (1999).

Foram determinados os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu, sendo as concentrações dos macronutrientes expressos em g kg^{-1} , e os micronutrientes expressos em mg kg^{-1} . As análises dos tecidos foliares foram realizadas de acordo com a metodologia utilizada pelo laboratório de análise vegetal da Embrapa Cerrados.

A colheita das plantas para a quantificação da produtividade foi realizada manualmente; o material foi ensacado e posteriormente trilhado em uma colhedora experimental. Após a trilhagem, foi determinada a umidade dos grãos em cada parcela, e corrigida posteriormente para 13%, e pesada para a obtenção da produtividade (kg ha^{-1}).

Com os resultados das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu nas folhas e das produtividades, foi constituído o banco de dados necessário para a aplicação do método DRIS (Beaufils, 1973; Creste et al., 1999; Costa, 2005).

O melhor período de amostragem foi definido por meio da análise de regressão linear múltipla, entre a produtividade e os teores foliares dos nutrientes. Para o cálculo dos índices DRIS utilizou-se como critério de diferenciação entre as populações, a média de todas as produtividades mais o desvio padrão, que foi de 3264 kg ha^{-1} .

Os cálculos dos índices DRIS foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Malavolta (1997).

A obtenção da ordem de limitação dos nutrientes nos diferentes tratamentos, assim como a determinação do nível de interação entre os macro e os micronutrientes, foram obtidos por intermédio dos valores dos índices DRIS.

Os cálculos dos níveis de suficiência dos nutrientes da primeira aproximação, foram realizados de acordo com a metodologia de Oliveira & Souza (1993), entre os índices DRIS e os teores foliares.

Foi calculado o Índice de Balanço Nutricional (IBN), para determinar estado nutricional da cultura, através da soma dos módulos do índice DRIS de cada tratamento nos diferentes macro e micronutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises foliares, de macro e micronutrientes, e da produtividade, nos diferentes tratamentos são apresentados na tabela 2.3.

A análise de regressão múltipla determinou que a primeira época de amostragem (perfilhamento) apresentou maior correlação com a produtividade, com o valor de R^2 de 0,649 quando comparado com a segunda época de amostragem (enchimento de grãos), que apresentou o valor de R^2 igual a 0,636. Devido a essa variação e que se tenha tempo para possíveis correções na adubação, optou-se em realizar a análise DRIS apenas na primeira época de amostragem.

Após o cálculo dos índices DRIS, os nutrientes foram classificados por ordem de limitação, utilizando-se a ordenação crescente, ou seja, quanto mais negativos foram os valores, maior foi a sua limitação, e quanto maior o valor positivo, menor foi a sua limitação, e os valores próximos a zero representaram a existência de equilíbrio do nutriente na planta (Tabela 2.4).

Os teores foliares dos macro e micronutrientes (Tabela 2.3) estão adequados para a cultura da cevada, com exceção do Fe nos tratamentos 4 (30-80-30), que se encontrava acima dos teores adequados (Oliveira, 2004).

O excesso de K pode afetar a germinação das sementes e a arquitetura das raízes, em virtude de possíveis efeitos salinos (Chueiri *et al.*, 2004); causa ainda a diminuição dos níveis foliares de Mg (Reis Jr., 1995; Rhue *et al.*, 1986) e de Ca (Reis Jr., 1995; Locascio *et al.*, 1992), pois estes elementos competem por sítios de absorção pela planta e o potássio reduz a concentração de Mg na parte aérea, através da redução da sua translocação das raízes para a parte aérea e reduz a absorção de Mg pelas raízes (Claassen & Wilcox, 1974). A alteração dessas concentrações de nutrientes pode trazer problemas ao crescimento vegetal, à morfologia da planta e afetar sua produção.

Pode-se verificar pela Tabela 2.3, que o teor de Fe encontra-se em concordância com os níveis tabelados, devido à sua disponibilidade natural nos solos de cerrado. O fósforo mesmo sendo aplicado a lanço sem incorporação, também se encontra em níveis adequados, de acordo com a tabela de valores de referência citada por Oliveira (2004). Os valores de Ca e Mg estão nos níveis ideais, mesmo com o grande quantidade de potássio existente no solo (146 mg l^{-1}).

Em relação à ordem de limitação obtida pelo índice DRIS (Tabela 2.4), o boro foi o nutriente mais limitante para 28,6% dos tratamentos, sendo que deste, 50% se encontram dentro da população de referência (3.264 kg ha^{-1}). O segundo mais limitante foi o K apresentando índice negativo em 21,5% dos tratamentos. Destes, 66,7% estão acima da população de referência. Em seguida, os mais limitantes foram P, Ca, Mn e Mg com valores percentuais em relação à ordem de limitação de 14,3%, 14,3%, 14,3%, 7,2 % respectivamente. Os nutrientes N, S, Cu, Fe e Zn não apresentaram limitação em nenhum tratamento.

Com estes resultados, é possível visualizar as contradições existentes entre os métodos de avaliação nutricional, valores de referência (níveis críticos) e o DRIS. Nos níveis críticos, foi observado que todos os nutrientes encontravam-se dentro dos teores adequados para a cultura. Já através do método DRIS, os nutrientes P, Ca, Mn e Mn encontram-se limitantes. Além destas divergências, o uso dos níveis críticos não permite a identificação das possíveis causas das limitações dos nutrientes (Malavolta et al., 1998).

A limitação do B, observada através do método DRIS, nos tratamentos 2 (30-40-30) e 6 (60-40-30) foi devido ao Ca ser menos limitante, já que de acordo com Kabata Pendias & Pendias (1984), o Ca, pode causar à adsorção do B, podendo causar a limitação deste nutriente. No tratamento 14 (30-00-30) o B apresentou menos limitante, provavelmente devido à maior limitação de Ca (Olsen et al., 1972). Contudo, as produtividades de metade dos tratamentos estavam abaixo da população de referência, (Tabela 2.4), demonstrando que a deficiência de B neste experimento pode ter afetado a produtividade. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por Fontoura & Morais (2001), que afirmaram que a deficiência de B pode causa esterilidade, e conseqüentemente queda da produtividade.

A limitação por escassez do B, nos tratamentos 3 (30-40-60) e 5 (30-80-60), pode ser devido ao N apresentar-se menos limitante no tratamento 3 (30-40-60), e o segundo mais limitante no tratamento 5, causando o efeito diluição de massa, a menor limitação de N proporcionando um crescimento da planta mais rápido do que a translocação do B na planta, já que este nutriente não é móvel na planta.

Nos tratamentos 13 (00-40-30) e 8 (60-80-30), a limitação de Ca e Mg pode ter sido causada pelo seu antagonismo com o K, que apresentou-se menos limitante nestes tratamentos (Tabela 2.4), já que Castro & Menenguele (1989) afirmam que o excesso de K pode causar deficiência de Ca e Mg, e o excesso de Ca e Mg podem causar a limitação de K. O mesmo efeito de antagonismo foi observado nos tratamentos 7 (60-40-60), 9 (60-80-60) e

10 (60-120-60), onde a maior limitação do K, foi decorrente da menor limitação de Mg e Ca. A deficiência do Ca, segundo nutriente mais limitante no tratamento 1 (30-40-00), foi causado provavelmente pelo menor limitação de Zn, já que a interação entre estes nutrientes gera a inibição competitiva, ou seja, diminuição na absorção de um nutriente pela combinação de outro por um sítio ativo carregador (Malavolta, 1997).

A limitação de P, nos tratamentos 1 (30-40-00) e 12 (90-80-60), ocorreu devido a seu antagonismo com os nutrientes Fe e Zn (Malavolta et al., 1998). O mesmo foi observado no tratamento 11 (60-80-90), onde o Mn foi mais limitante, devido a menor limitação de P.

A matriz de correlação entre os índices DRIS (Tabela 2.5), possibilita estimar as futuras interações entre os nutrientes, balanceando de forma adequada os macro e micronutrientes. As maiores correlações positivas foram: K x N (0,953); Zn x Mn (0,953); S x K (0,938); Zn x S (0,915); Zn x Cu (0,910); N x S (0,904); Cu x N (0,850) Zn x K (0,850). As maiores correlações negativas foram: B x Ca (-0,823); Fe x P (-0,732); Mg x K (-0,708); P x N (-0,700); P x Zn (-0,690); Mg x S (-0,688); Mn x P (-0,663); Cu x P (-0,658).

A interação negativa entre Ca e B foi devido ao Ca em excesso promover a adsorção do B nos colóides do solo (Kabata Pendias & Pendias, 1984). O mesmo ocorre na interação negativa entre K e Mg, pois segundo Castro & Menenguele (1989), estes nutrientes são antagônicos.

A interação P x Fe ocorre tanto no metabolismo da planta quanto no solo (Bataglia, 1991), sendo que aqui se observou a ocorrência de interação negativa entre estes nutrientes. A interação entre Fe x Mn é bastante comum nos solos brasileiros (Bataglia, 1991), neste experimento ocorreu interação positiva entre estes nutrientes.

Ao determinar os índices de suficiência dos nutrientes entre os índices DRIS (Tabela 2.6), observou-se a ocorrência de pouca variação entre a primeira e segunda aproximação, isto devido aos bons coeficientes de correlações encontrados.

Os valores do Índice de Balanço Nutricional (IBN), obtidos pela soma em módulo dos índices DRIS de cada tratamento, variaram de 213 a 929, mostrando a existência do desequilíbrio nutricional entre os diferentes tratamentos, contudo na Figura 2.2, foi observada a falta de correlação entre as produtividades e o IBN, mostrando que se deve ter cautela quando for utilizar este índice como critério para estimar resposta à adubação.

CONCLUSÕES

1. A avaliação do estado nutricional da cultura, obtida por meio da análise foliar, apresentou concordância entre os níveis tabelados e o DRIS.
2. É recomendado que se faça a diagnose nutricional da cultura no perfilhamento, para que se tenha tempo para possíveis correções na adubação.
3. Os nutrientes com maior probabilidade de resposta à adubação, tendo como base a análise foliar, são: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%) > Mg (7,2%).
4. O Índice de Balanço Nutricional (IBN) não apresentou correlação significativa com a produtividade.

Tabela 2.1. Resultados da análise química do solo, antes da implantação do experimento.

Profundidade	pH	Al	Ca+Mg	H + Al	CTC	P	K	MO	Argila
-----m-----	H2O	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		cmol _c	1dm ⁻³			mg dm ⁻³		g kg ⁻¹	
0,20	6,0	0,02	6,0	4,5	10,9	20,4	146,0	25,5	510,0

Tabela 2.2. Tratamentos definidos a partir da matriz experimental Plan Puebla II.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg ha ⁻¹		
1	30	40	00
2	30	40	30
3	30	40	60
4	30	80	30
5	30	80	60
6	60	40	30
7	60	40	60
8	60	80	30
9	60	80	60
10	60	120	60
11	60	80	90
12	90	80	60
13	00	40	30
14	30	00	30

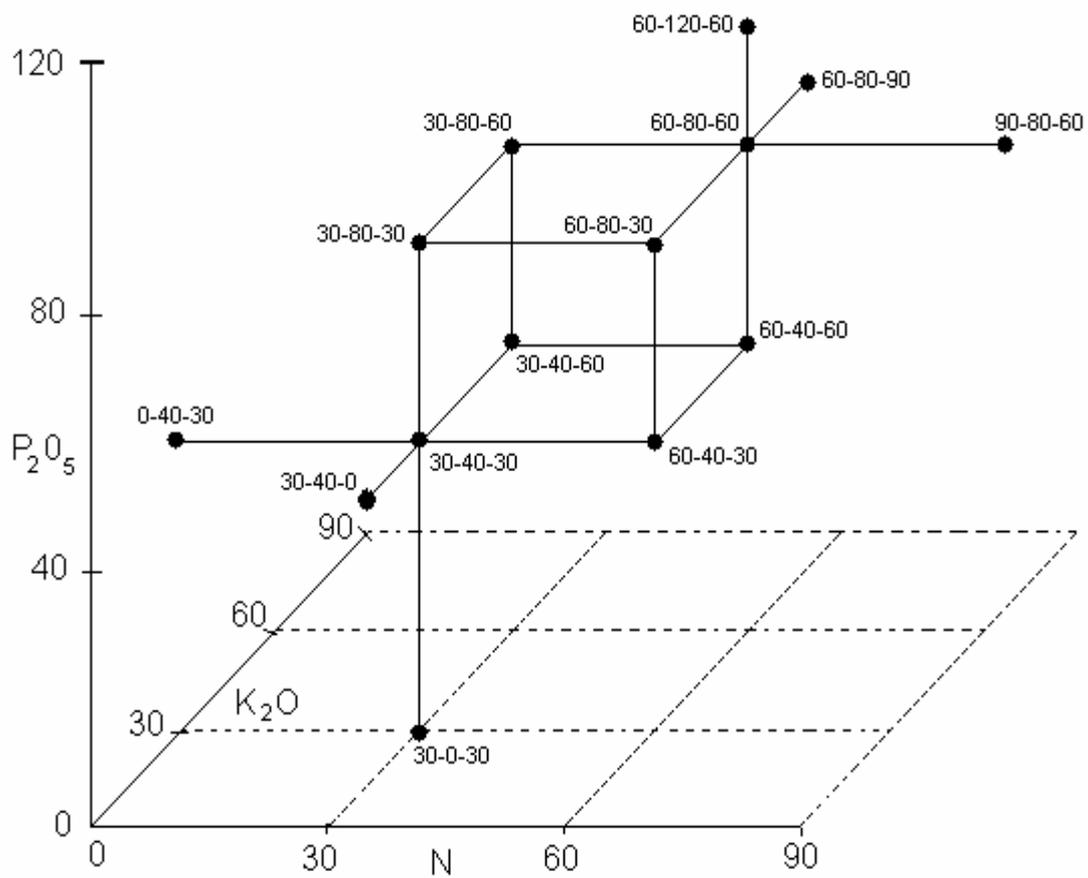


Figura 2.1. Representação gráfica da matriz experimental Plan Puebla II.

Tabela 2.3. Resultados da análise foliar e produtividade nos diferentes tratamentos, no início do perfilhamento na cevada, cultivar BRS 195.

Tratament os	N, P ₂ O ₅ e												Produtividade	
	K ₂ O	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	kg ha ⁻¹					
1	30-40-00	29,09	2,33	34,53	4,74	1,80	3,32	8,30	9,88	88,55	62,75	57,83	2.964	
2	30-40-30	27,88	2,63	28,41	5,22	1,85	2,76	7,25	10,33	78,33	45,63	44,78	3.187	
3	30-40-60	29,34	2,64	31,75	4,93	1,85	3,16	7,35	10,03	88,25	36,95	46,08	2.905	
4	30-80-30	27,43	2,80	34,32	4,69	1,74	2,86	7,85	8,78	138,73	35,58	36,08	2.681	
5	30-80-60	28,61	2,93	30,49	4,75	1,66	2,81	7,80	9,73	97,03	44,30	44,75	4.328	
6	60-40-30	29,62	2,81	30,83	5,20	1,78	2,79	8,05	10,38	86,85	45,35	43,70	3.506	
7	60-40-60	26,39	2,44	25,76	4,94	1,84	2,72	8,03	9,23	75,93	50,68	40,80	3.462	
8	60-80-30	27,59	3,03	31,16	4,10	1,63	3,25	7,75	10,03	85,28	41,90	43,85	3.237	
9	60-80-60	26,46	3,12	27,39	4,53	1,90	2,95	8,08	9,68	81,85	42,20	42,75	3.617	
10	60-120-60	25,99	3,06	27,14	4,63	1,63	2,79	8,03	9,93	80,78	43,83	40,95	3.216	
11	60-80-90	26,43	2,84	28,20	4,52	1,59	2,88	7,93	9,78	96,30	36,80	38,03	4.290	
12	90-80-60	25,72	2,41	27,01	4,46	1,53	2,47	8,50	9,88	107,65	44,08	39,55	3.377	
13	00-40-30	26,81	2,88	33,53	4,33	1,56	2,91	8,83	9,63	92,63	44,08	42,63	3.012	
14	30-00-30	25,07	2,73	26,56	3,86	1,64	2,73	8,68	9,78	82,75	43,48	37,60	3.286	
Níveis críticos ideais ⁽¹⁾		17-30	2-5	15-30	2,5-6	1,5-5	1,5-4	5-20	5-25	25-100	20-100	15-70		

⁽¹⁾Fonte: Oliveira (2004)

Tabela 2.4. Índice DRIS e ordem de limitação dos nutrientes para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	N, P ₂ O ₅ e K ₂ O	Índice DRIS											Ordem de limitação
	kg ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	30-40-00	97	-87	112	2	6	103	43	66	63	175	175	P>Ca>Mg>B>Fe>Cu>N>S>K>Mn=Zn
2	30-40-30	15	-32	-20	56	51	-28	-51	15	-18	1	3	B>P>S>K>Fe>Mn>Zn>N=Cu>Mg>Ca
3	30-40-60	58	-16	38	47	36	17	-66	12	25	-52	-1	B>Mn>P>Zn>Cu>S>Fe>Mg>K>Ca>N
4	30-80-30	44	-9	75	37	-18	-19	-85	-49	171	-155	-96	Mn>Zn>B>Cu>S>Mg>P>Ca>N>K>Fe
5	30-80-60	33	-9	32	10	-10	5	-24	15	52	2	21	B>Mg>P>Mn>S>Ca>Cu>Zn>K>N>Fe
6	60-40-30	7	-17	-8	37	22	-34	-38	-2	-1	-27	-21	B>S>Mn>Zn>P>K>Cu>Fe>N>Mg>Ca
7	60-40-60	-26	-37	-48	40	48	-39	-3	-19	-36	32	-7	K>S>P>Fe>N>Cu>Zn>B>Mn>Ca>Mg
8	60-80-30	32	39	48	-34	-30	46	-4	21	17	-17	17	Ca>Mg>Mn>B>Fe=Zn>Cu>N>P>S>K
9	60-80-60	-35	33	-47	3	23	-37	-19	-25	-42	-43	-44	K>Zn>Mn>Fe>S>N>Cu>B>Ca>Mg>P
10	60-120-60	-26	30	-31	-6	-6	-28	-8	-7	-24	-24	-29	K>Zn>S>N>Fe=Mn>B>Cu>Ca=Mg>P
11	60-80-90	-2	17	1	3	-18	-22	-34	-7	42	-74	-51	Mn>Zn>B>S>Mg>Cu>N>K>Ca>P>Fe
12	90-80-60	9	-53	19	-1	-31	-21	2	24	106	25	18	P>Mg>S>Ca>B>N>Zn>K>Cu>Mn>Fe
13	00-40-30	15	10	57	-36	-44	21	28	1	40	0	15	Mg>Ca>Mn>Cu>P>N=Zn>S>B>Fe>K
14	30-00-30	-43	22	-22	-45	-24	-25	30	-8	-13	-15	-29	Ca>N>Zn>S>Mg>K>Mn>Fe>Cu>P>B

Tabela 2.5. Matriz de correlação entre os nutrientes, através do índice DRIS utilizando todos os tratamentos.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N	1,000	-0,700	0,953	-0,127	-0,536	0,904	0,036	0,850	0,835	0,658	0,840
P		1,000	-0,601	-0,230	0,155	-0,500	0,026	-0,658	-0,732	-0,663	-0,690
K			1,000	-0,360	-0,708	0,938	0,241	0,810	0,820	0,678	0,850
Ca				1,000	0,789	-0,475	-0,823	-0,350	-0,081	-0,445	-0,433
Mg					1,000	-0,688	-0,493	-0,619	-0,634	-0,508	-0,603
S						1,000	0,402	0,842	0,671	0,783	0,915
B							1,000	0,237	-0,089	0,621	0,494
Cu								1,000	0,720	0,815	0,910
Fe									1,000	0,506	0,649
Mn										1,000	0,953
Zn											1,000

R> 0,55 significativo a 5%; R>0,68 significativo a 1%

Tabela 2.6. Níveis de suficiência e correlações entre os teores foliares e os índices DRIS dos nutrientes.

Nutriente	1ª aproximação	R ²	2ª aproximação
N - g kg ⁻¹	31,89	0,77	32,18
P - g kg ⁻¹	2,60	0,80	2,59
K - g kg ⁻¹	14,63	0,86	14,70
Ca - g kg ⁻¹	7,54	0,83	7,77
Mg - g kg ⁻¹	2,35	0,74	2,34
S - g kg ⁻¹	4,14	0,86	4,17
B - mg kg ⁻¹	24,36	0,80	24,40
Cu - mg kg ⁻¹	11,37	0,71	11,21
Fe - mg kg ⁻¹	92,70	0,99	91,83
Mn - mg kg ⁻¹	61,11	0,94	61,27
Zn - mg kg ⁻¹	37,20	0,91	37,02

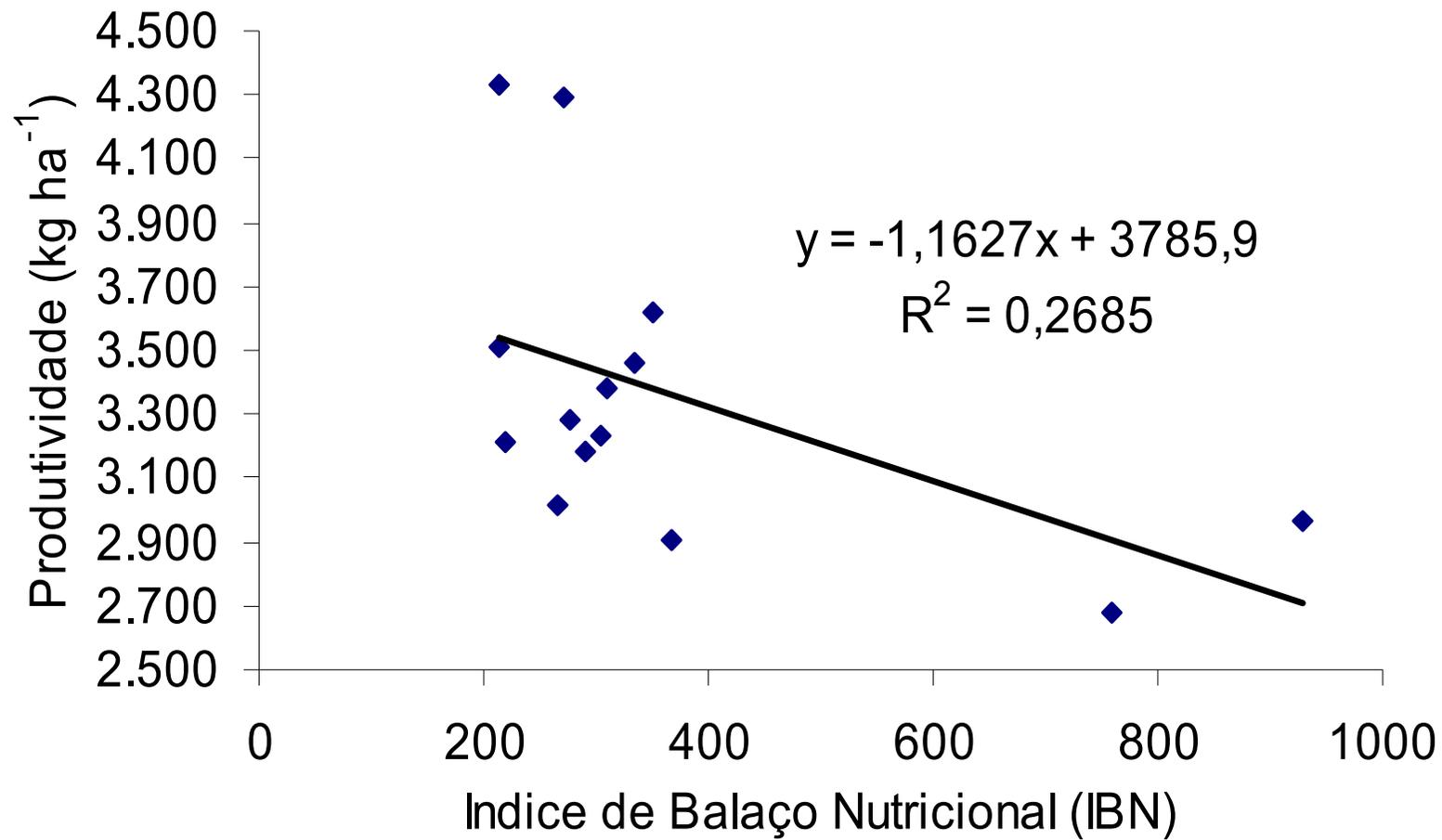


Figura 2.2. Produtividade de grãos de cevada, em kg ha⁻¹, dos 14 tratamentos em função do Índice de Balaço Nutricional (IBN).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABILE, R.F.; MINELLA, E.; CIULLA, C.; CARVALHO, F.H.; IORA, C.(2) Avaliação da safra de cevada cervejeira no Cerrado em 2001. **XXII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 79-83. 2002.
- ARBOLEDA, C.V.; ARCILA, J.P.; MARTINEZ, R.B. Sistema integrado de recomendación y diagnosis: una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. **Agronomía Colombiana**, Bogota, v.5, n.1, p.17-30. 1988.
- BAILEY, J.S.; BEATTIE, J.A.M.; KILPATRICK, D.J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. **Plant and Soil, Dordrecht**, v.197, n.1, p.127-135. 1997.
- BATAGLIA, O.C. Ferro. In FERREIA , M.E.; CRUZ, M. C. P da. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba. Potafos. p.159-172. 1991.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**. Pietermaritzburg: University of Natal. 132p. 1973.
- BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis, a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, v.1 p.1-30. 1971.
- BEVERLY, R. B. A practical guide to the diagnosis and recommendation integrate system (DRIS). Athens: Micro-Macro. 87p. 1991.
- BLACK, C.A. Soil fertility evaluation and control. Florida, **Boca Raton Lewis Publishers**. 746p. 1993.

- CASTRO, A. F. MENEGHELLI, N. A. As relações $K^+/(Ca^{++} + Mg^{++})^{1/2}$ e $K^+/(Ca^{++} + Mg^{++})$ no Solo e as Respostas a Adubação Potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF. v.24. p. 751-760. 1989.
- CHUEIRI, W.A.; CARDOSO JUNIOR, O.; REIS JUNIOR, R.A. Manejo do potássio na adubação de semeadura. Divulgação técnica. Ano XXII. n 167. 2p. 2004.
- CLAASSEN, N.; WILCOX, G.E. Comparative reduction of calcium and magnesium composition of corn tissue by NH_4-N and a K fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, n.66, p.521-522. 1974.
- COSTA, A.N. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS, na recomendação de adubação do feijoeiro). Embrapa –CNPAP, 2002. Disponível em <http://www.cnpaf.embrapa.br/negocios/sr_doc/anais/palestras/conf3.pdf> .Acessado em 24 abr. 2005.
- COSTA, A.N. Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, SP, v.24, n.1. p.13-15. 1999.
- CRESTE, J.E.; NAKAGAWA, J.; GRASSI FILHO, H. Uso do DRIS no manejo da adubação em pomares cítricos. In **SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS**. Piracicaba, SP. Anais. Potafos. CD-ROM. 1999.
- EMBRAPA, Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa solos. Embrapa informática agropecuária. Brasília, DF. 370p. 1999.
- ESCANO, C.R.; JONES, C.A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn on Hydric Dystrandeps: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.45, n.6, p.1140-1144. 1981.

FERNANDEZ, A.T.; LAIRD, R.J. Rama de suelos. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre practicas de produccion de cultivos. **Revista agrociencia**, n. 19, 3^a ed México, 28p. 1978.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, P.R Efeito do boro aplicado no solo na cultura da cevada.XXI reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata. Passo Fundo, RS.Vol. II. p. 659-662. 2001.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press Inc. **Boca Raton**. 315p. 1984.

LOCASCIO, S.J.; BARTZ, J.A.; WEIGARTNER, D.D. Calcium and potassium fertilization of potato grown in North Florida I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentration. **American Potato Journal**, Orono, v.69, n.2, p.95-104. 1992.

MALAVOLTA, E. Nutrição Mineral das Plantas. in **Curso de Atualização em Fertilidade do Solo**. Fundação Cargill. Campinas, p.33-101.1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: Princípios e aplicações. Piracicaba, SP. Potafos. 201p. 1998.

MARTINEZ, H.E.O.; DE CARVALHO, J.G.; DE SOUZA, R.B. Diagnose Foliar. In **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5^a aproximação**. Viçosa. MG. p. 141-168. 1999.

MINELLA, E.; SÓ e SILVA, M.; ARIAS,G. Cultivar BRS 195 de cevada. **XXI reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. V 1. p. 421-424. 2001.

MINELLA, E. Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004. **XVIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Passo Fundo. 32p. 2003.

OLIVEIRA, S.A. de. Análise Foliar. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. p. 245-256. 2004.

OLIVEIRA, R.F.; CRUS, E. S.; COSTA, A.N. Utilização do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na determinação do estado nutricional da pimenta-do-reino em Paragominas, PA. Belém. Embrapa-CPATU. 28p. 1998.

OLIVEIRA, S. A. de. Obtenção dos níveis ótimos de nutrientes na planta e no solo por meio do DRIS. In: **SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDACÃO DE ADUBACÃO DE CULTURAS**, 1999. Piracicaba, SP. Anais...Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD.

OLIVEIRA, S. A. de; SOUZA, D. M. G. de Uso do DRIS modificado na interpretação de análise de solo para a soja no leste de Mato Grosso. Cerrados: Fronteira agrícola no século XXI. In: **XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. Resumos volume II. Goiânia, GO. p.83-84. 1993.

OLSEN, S. R. MONTVERDT, J.J. GIORDANO, P.M. LINDSAY, W.L. Micronutrients Interactions. Micronutrients in agriculture. **Soil Science of America Monographs**. Madison (Wisconsin), p. 243-288.1972.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos. 343p. 1991.

REIS Jr, R.A. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 141p. 1999. **Tese de doutorado**.

REIS Jr., R. A. Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 180p. 1995. **Dissertação de mestrado**.

RHUE, R.D.; HENSEL, D.R.; KIDDER, G. Effect of K fertilization on yield and leaf nutrient concentrations of potatoes grown on a sandy soil. **American Potato Journal**, Orono, n. 63, p. 665-81. 1986.

SANTOS, A. L. dos.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol.26, no.2, p.330-334. ISSN 0100-2945. 2004.

SCHULTE, E.E.; KELLING, K.A. Plantanalysis: a Diagnostic tool. Purdue University, 2002. Disponível em:<<http://www.agcom.purdue.edu/agcom/pubs/NCH/NCH-46.htm>>, Acesso em 21 mar. 2005.

SUMNER, M.E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norm for wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, n.2, p.149-167. 1977.

SVENSON, G.A.; KIMBERLEY, M.O. Can DRIS improve diagnosis nutrient deficiency in *Pinus radiata*. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v.18, n.1, p.33-42. 1988.

TEIXEIRA, M.C.C.; RODRIGUES, O.; WOLF, W.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio no acamamento e em características de cevada. **XXIII reunião anual de pesquisa de cevada**. Anais e Ata. Passo Fundo, RS. p. 359-365. 2003.

ZAMBELLO Jr, E.; HAAG, H.P.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.3, n.10, p. 5-32. 1981.

ZAMBELLO Jr., E.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em três soqueiras de cana-de-açúcar. **Saccharum STAB**, Piracicaba, v.3, n.4, p.23-28. 1980.

WALWORTH, J.L.; SUMMER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances in soil Sciences**, v. 6, p. 149-188. 1987.