

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**NITROGÊNIO NO SOLO E NA PLANTA E O  
MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CEVADA NO  
SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Naracelis Poletto  
Engenheira Agrônoma (UFSM)

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção  
do grau de Mestre em Fitotecnia,  
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Abril de 2004

***Dedico este trabalho aos meus pais Edy e Antonio pelo incentivo e apoio sempre presentes.***

***É muito melhor lançar-se à busca do triunfo, mesmo expondo-se ao insucesso, do que permanecer na fila com os pobres de espírito, que não sofrem muito, nem gozam muito, porque vivem numa penumbra cinzenta e não conhecem, o gosto da derrota, nem da vitória.***

***Franklin Delano Roosevelt***

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe Edy pela sua inteira dedicação, força, alegria, palavras de apoio e incentivo que me ajudam a encarar a vida e os seus problemas com alegria. É o meu exemplo de vida e de luta.

Ao meu pai Antonio e minha irmã Elis Rejane, pela confiança e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao Grande Professor Claudio Mario Mundstock, pela amizade e excelente orientação durante todo o curso, transmitindo muito mais do que ensinamentos científicos.

Ao Ricardo, pelo amor, COMPREENSÃO, dedicação e apoio sempre presentes.

Ao colega Walter pela grande amizade, ajuda e convívio e aos bolsistas de iniciação científica Alexandre pela amizade e ajuda e, principalmente, ao Daniel, pela amizade, disponibilidade e dedicação na condução dos experimentos e pela “alegria” em passar os dias inteiros no laboratório. Valeu galera!!

Aos professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura, em especial aos professores Paulo Regis Ferreira da Silva, Luís Carlos Federizzi, Carla Andréa Delatorre e José Antonio Costa pela amizade e ensinamentos durante o curso.

Aos amigos e colegas de curso, Mário Bianchi, Luís Saraiva, Fausto Ferreira, Karine Pinto, Paula Wiethölter, Lisandro Rambo, Ézio Gubiani, Daniel

Sperb, Gustavo Hernandez, Tatiana Terra, Éverton Forsthofer e Émerson Portes pelo agradável convívio e troca de experiências.

Às grandes amigas Fabiane Lamego, Cleusa Bianchi e Tatiana Fontoura e ao nobre colega Itamar Nava, pelas longas conversas, companheirismo e apoio em momentos difíceis.

À Franci, minha colega de apartamento, pela grande amizade, paciência e apoio.

Aos funcionários da EEA do Departamento de Plantas de Lavoura, Paulo, Adriano, Miguel, Arlindo e Hélio pela grande ajuda na execução dos experimentos.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À Deus por ter permitido que essas pessoas fizessem parte da minha vida.

## NITROGÊNIO NO SOLO E NA PLANTA E O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CEVADA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>

Autor: Naracelis Poletto

Orientador: Prof. Claudio Mario Mundstock

### RESUMO

As influências do suprimento de N pelo solo e pela adubação nitrogenada foram avaliadas sobre o crescimento, desenvolvimento e rendimento de grãos de cevada. A disponibilidade de N do solo foi estimada através do N mineral e do potencial de mineralização de N do solo, avaliando os efeitos sobre características de planta em três estádios de desenvolvimento da cultura. Para isso, foram conduzidos na EEA da UFRGS, em Eldorado do Sul – RS, quatro experimentos a campo, em sistema de plantio direto, sendo dois no ano agrícola de 2002 e dois em 2003. Em cada ano, um dos experimentos era conduzido sobre resteva de milho e o outro sobre resteva de soja. Em cada experimento, os tratamentos constituíram-se de doses de N aplicadas na semeadura (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), seguidas da aplicação das mesmas doses de N no afilhamento, por ocasião da emissão da sexta folha. O teor de N mineral no solo foi avaliado em pré-semeadura, na semeadura, no afilhamento e no espigamento das plantas e analisados o desenvolvimento foliar da comunidade, a massa seca, o N acumulado e a concentração de N na fitomassa, o rendimento e o teor de proteína dos grãos. A disponibilidade de N do solo foi baixa nos dois anos em todos os períodos de desenvolvimento das plantas, observando-se incremento no seu crescimento e desenvolvimento com a adição de adubo nitrogenado. Esse incremento foi distinto entre doses de N e entre anos e se refletiu em maiores rendimentos de grãos, principalmente em 2003. A suplementação com N no afilhamento foi essencial para obtenção das maiores respostas em rendimento de grãos e apresentou forte interação com o ambiente (anos). As influências das restevas foram detectadas somente nas características de planta no afilhamento. A utilização de características de plantas, principalmente a concentração de N pode ser útil para determinação da quantidade de N a adicionar no afilhamento.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (118p.) Abril, 2004.

## SOIL AND PLANT NITROGEN AND RELATION AND NITROGEN FERTILIZATION IN BARLEY AT THE NO-TILLAGE <sup>1</sup>

Author: Naracelis Poletto

Advisor: Prof. Claudio Mario Mundstock

### ABSTRACT

Soil N supply and N fertilization were evaluated on barley growth, development and grain yield. N soil availability was estimated through mineral N, and soil N mineralization potential and its effects evaluated on plant characteristics in three developmental stages. Four field experiments were carried out at EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, in no-tillage, two of them in 2002 and two in 2003. At each year, one of the experiments was established on soybeans straw residues and the other on corn straw. Treatments for each experiment consisted in N rates applied at plant sowing (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), followed by the same rates at tillering. Soil N mineral contents were determined at sowing, tillering and heading at the same time as leaf development, shoot dry matter, N content, and grain yield and protein. The soil N availability was low in both years in all stages of plant development. Growth and development increased with the addition of nitrogen fertilizer according to N rates depending on the year, mainly in 2003. N topdressing is essential for higher grain yields and showed strong interaction with environmental conditions. The differences among straw residues were only detected on plant characteristics at tillering. The use of plant characteristics, mainly N content, can be useful to determine the N needed at tillering.

---

<sup>1</sup>Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (118p.). April, 2004.

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>04</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1. Tratamentos e delineamento experimental.....	18
3.2. Manejo das áreas experimentais.....	20
3.3. Avaliações.....	21
3.3.1. Análises de solo.....	21
3.3.1.1. Potencial de mineralização de N no solo (2003).....	21
3.3.1.2. Teores de $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ .....	23
a) 1º grupo de amostras: pré-semeadura.....	23
b) 2º grupo de amostras: afilhamento.....	23
c) 3º grupo de amostras: espigamento.....	24
d) 4º grupo de amostras: durante o ciclo (semanais).....	24
e) 5º grupo de amostras: durante o ciclo (diárias).....	24
3.3.2. Análise de planta.....	25
3.3.2.1. Desenvolvimento foliar.....	25
3.3.2.2. Rendimento de massa seca da parte aérea.....	26
3.3.2.3. Concentração de N na parte aérea.....	26
3.3.2.4. Índice de acamamento de plantas.....	27
3.3.2.5. Índice de colheita e rendimento biológico aparentes e estatura de planta.....	27
3.3.2.6. Rendimento de grãos.....	28
3.3.2.7. Classificação e teor de proteína dos grãos e peso do grão.....	28
3.4. Análise estatística.....	29
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
4.1. Suprimento de N pelo solo durante o ciclo de desenvolvimento da cevada.....	30
4.1.1. Potencial de mineralização do N do solo.....	30
4.1.2. N mineral ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) disponível no solo.....	31
4.2. Avaliações da absorção de N e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta.....	38
4.2.2. Desenvolvimento da comunidade de planta no afilhamento..	38

4.2.2. Rendimento de massa seca da parte aérea.....	40
4.2.2.1. Avaliação no afilhamento.....	40
4.2.2.2. Avaliação no espigamento.....	42
4.2.3. N acumulado na parte aérea.....	47
4.2.3.1. Avaliação no afilhamento.....	47
4.2.3.2. Avaliação no espigamento.....	49
4.2.4. Concentração de N na parte aérea.....	51
4.2.4.1. Avaliação no afilhamento.....	51
4.2.4.2. Avaliação no espigamento.....	53
4.2.5. Acamamento de plantas.....	56
4.2.6. Índice de colheita e rendimento biológico aparentes e estatura de planta.....	56
4.2.7. Rendimento de grãos.....	58
4.2.8. Classificação, teor de proteína e peso do grão.....	61
4.3. Dados meteorológicos do local de execução dos experimentos.....	64
<b>5. DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
5.1. Sem adição de adubo nitrogenado.....	69
5.1.1. Disponibilidade de N pelo solo.....	69
5.1.2. Crescimento e desenvolvimento da planta.....	70
5.1.2.1. Resteva de milho.....	70
5.1.2.2. Resteva de soja.....	75
5.2. A adição de adubo nitrogenado na semeadura.....	78
5.2.1. Disponibilidade de N no solo.....	78
5.2.2. Crescimento e desenvolvimento da planta.....	80
5.2.2.1. Resteva de milho.....	80
5.2.2.2. Resteva de soja.....	83
5.3. A adição de adubo nitrogenado no afilhamento.....	84
5.3.1. Disponibilidade de N no solo.....	84
5.3.2. Crescimento e desenvolvimento da planta.....	85
5.3.2.1. Resteva de milho.....	85
5.3.2.2. Resteva de soja.....	87
5.4. A adição de adubo nitrogenado na semeadura e no afilhamento....	88
5.4.1. Disponibilidade de N no solo.....	88
5.4.2. Crescimento e desenvolvimento da planta.....	88
5.4.2.1. Resteva de milho.....	86
5.4.2.2. Resteva de soja.....	91
5.5. Considerações finais.....	93
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>96</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>8. APÊNDICES.....</b>	<b>109</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Características químicas de amostras de solo retiradas das áreas experimentais antes da instalação dos experimentos. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	18
2. Características químicas de amostras de solo retiradas das áreas experimentais antes da instalação dos experimentos. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	19
3. Tratamentos (testemunhas e doses de N na semeadura e em cobertura) utilizados nos experimentos com cevada em 2002 e 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	20
4. N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) avaliado em pré-semeadura, no afilhamento e no espigamento da cevada, em áreas sob resteva de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	32
5. N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) avaliado em pré-semeadura, no afilhamento e no espigamento da cevada, em áreas sob resteva de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	33
6. Características de plantas de cevada avaliadas no afilhamento em função de doses de N na semeadura, em áreas sob resteva de milho nos anos agrícolas de 2002 e 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	39
7. Características de plantas de cevada avaliadas no afilhamento em função de doses de N na semeadura, em áreas sob resteva de soja nos anos agrícolas de 2002 e 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	41
8. Características de plantas de cevada avaliadas no espigamento e na maturação sem aplicação de N, sob restevas de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	43

9. Características de plantas de cevada avaliadas no espigamento e na maturação com aplicação de doses de N na semeadura, sob restevas de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 45
10. Características de plantas de cevada avaliadas no espigamento e na maturação com aplicação de doses de N no afilhamento, sob restevas de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 46
11. Massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) acumulada na parte aérea da cevada no espigamento, em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 48
12. N acumulado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na massa seca da parte aérea da cevada no espigamento, em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 52
13. Concentração de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na massa seca da parte aérea da cevada no espigamento, em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 55
14. Acamamento (%) de planta de cevada com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 57
15. Estatura (cm) de planta de cevada em função de doses de N aplicadas na semeadura, em áreas sob restevas de soja e de milho, no ano agrícola de 2002. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 59
16. Rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de cevada com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 62

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. N mineral acumulado em 32 semanas de mineralização, nos solos das áreas 1 (sob resteva de soja em 2002 e sob resteva de milho em 2003) e 2 (sob resteva de milho em 2002 e sob resteva de soja em 2003). Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS - 2003.	31
2. N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) avaliado em área sob resteva de soja no período entre emergência e afilhamento das plantas de cevada, no ano agrícola de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	35
3. N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) avaliado em área sob resteva de soja, no período entre afilhamento e colheita das plantas de cevada, no ano agrícola de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	36
4. N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) avaliado semanalmente durante o ciclo da cevada, em 2002 em áreas com restevas de milho e de soja. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	37
5. N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) avaliado semanalmente durante o ciclo da cevada em área sob resteva de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	37
6. Massa seca da parte aérea da cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, avaliada na época da emissão das espigas, em áreas sob restevas de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	44
7. N acumulado na parte aérea da cevada em função de sob doses de N na semeadura e no afilhamento, avaliado na época da emissão das espigas, em áreas sob restevas de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.	50

8. Concentração de N na massa seca da parte aérea da cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, avaliado na época da emissão das espigas, em áreas sob restevas de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 54
9. Rendimento de grãos de cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 60
10. Teor de proteína nos grãos de cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 63
11. Temperaturas médias do ar ocorridas no período entre emergência e afilhamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. UFRGS. 65
12. Temperaturas médias do ar ocorridas no período entre afilhamento e espigamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 66
13. Precipitação pluvial e radiação solar global ocorridas no período entre emergência e afilhamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS. 67
14. Precipitação pluvial e radiação solar global ocorridas no período entre afilhamento e espigamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS 68

## 1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é considerado elemento essencial ao desenvolvimento das plantas e sua disponibilidade é, na maioria das vezes, fator limitante em muitos sistemas de cultivo, influenciando o desenvolvimento das plantas e, podendo reduzir a produtividade. A baixa disponibilidade é devida ao N se encontrar na forma orgânica, que não está prontamente disponível às culturas. Assim, somente pequena parte do N orgânico é mineralizada pela microbiota do solo durante o ciclo de determinada cultura. Desta forma, nem sempre uma elevada quantidade de N total no solo representa elevada disponibilidade deste nutriente às culturas, pois a liberação de N para a forma mineral vai depender do material orgânico presente e das condições ambientais do período.

A adição de N aos cultivos agrícolas geralmente é realizado através da aplicação de fertilizantes. Em muitos casos, não se conhecem exatamente as exigências da cultura e a dinâmica da disponibilidade desse nutriente no solo, optando-se por aplicar-se maior quantidade de fertilizantes para garantir elevados rendimentos. Entretanto, essa prática pode trazer conseqüências preocupantes, como a contaminação de mananciais de água pela lixiviação do excesso de nitrato, aumento desnecessário nos custos de produção e diminuição no rendimento de grãos por favorecer o acamamento de planta.

Por estas razões, é que o suprimento de N do solo para as plantas, avaliado somente através do teor de matéria orgânica, pode levar a erros, pois as condições ambientais como precipitação pluvial e temperatura podem influenciar a disponibilidade de N dentro da mesma estação de crescimento. De um modo geral, existem dificuldades em se avaliar as necessidades de adubação nitrogenada na maioria dos cultivos pois, além de ocorrerem variações na disponibilidade de N do solo, a absorção deste elemento pelas plantas também é influenciada por condições ambientais, de modo que a necessidade de adição de N via fertilizante pode variar entre lavouras e em diferentes anos.

Dentro deste contexto, surge o desafio no manejo do N que se traduz na forma de estimar a contribuição do solo no fornecimento de N e estabelecer as quantidades adequadas desse nutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas e, ao mesmo tempo reduzir as perdas de N do sistema solo-planta.

Com base nessas considerações, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

- estimar o suprimento de N pelo solo através da avaliação do N mineral ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) em pré-semeadura e ao longo do ciclo de desenvolvimento da cevada.
- determinar a capacidade máxima do solo em suprir N através do potencial de mineralização de N do solo.
- avaliar características da planta no afilhamento e no espigamento e associá-las aos teores de N mineral do solo e do N potencialmente mineralizado, determinados para áreas sob restevras de milho e de soja.

- caracterizar os efeitos das restegas de milho e de soja sobre a disponibilidade de N mineral e sua interação com a adubação nitrogenada.

- descrever as variações nas características da planta em dois estádios de desenvolvimento da cultura em resposta à adição de doses de N sob dois tipos de restegas.

- analisar a precisão da metodologia atualmente utilizada para a recomendação de adubação nitrogenada com as respostas obtidas em diferentes ambientes.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A quantificação precisa do N mineral disponibilizado pelo solo durante a estação de crescimento constitui a principal limitação para o estabelecimento de quantidades adequadas de N a aplicar na cultura da cevada. O manejo da adubação nitrogenada difere do manejo dos demais nutrientes porque a tomada de decisão envolve aspectos técnicos e econômicos e, mais recentemente, aspectos ambientais (Ceretta & Silveira, 2002), uma vez que este nutriente está sujeito à perdas por erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização (Amado et al., 2002). Neste manejo é fundamental definir produtividades esperadas em função das características do produtor, do nível de investimento, das condições nas áreas de produção e de previsões climáticas (Ceretta & Silveira, 2002). O amplo entendimento da dinâmica do N no solo é essencial para a racionalização no uso dos fertilizantes nitrogenados, tanto do ponto de vista da produtividade das culturas, como da qualidade ambiental (Aita, 1997).

A maioria dos solos apresenta limitada liberação de N ao longo do ciclo das culturas. Esta baixa disponibilidade é devido ao fato de que aproximadamente 95% do N do solo está na forma orgânica (não disponível), sendo uma pequena parte mineralizada pela microbiota do solo durante o ciclo de uma determinada cultura (Bremner, 1965a; Stevenson, 1982b). O N-orgânico, quando mineralizado, resulta na formação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , pelo processo de mineralização. A taxa na

qual o N-orgânico é convertido a  $\text{NH}_4^+$  e a  $\text{NO}_3^-$  é definida como taxa de mineralização, sendo representada pela quantidade de N inorgânico ( $\text{N}_i$ ) liberada pela ação da microbiota em um tempo determinado. Como o N-orgânico é constituído por formas prontamente mineralizáveis e por formas mais estáveis, de difícil mineralização, as taxas anuais de mineralização variam de 10% a menos de 0,6% (Hebert, 1982). Portanto, a quantidade de  $\text{N}_i$  é de difícil aferição na prática, pois o ganho líquido de N-inorgânico é governado pela relação  $\Delta\text{N}_i = \text{N orgânico mineralizado} - (\text{N}_a + \text{N}_p + \text{N}_i + \text{N}_d)$ , onde  $\text{N}_a$ ,  $\text{N}_p$ ,  $\text{N}_i$  e  $\text{N}_d$  representam o N assimilado pela microbiota, removido pelas plantas, perdido por lixiviação e desnitrificação, respectivamente (Paul & Clark, 1996).

A taxa de mineralização do N orgânico é altamente dependente de fatores relacionados ao solo e aos resíduos vegetais. Dentre os fatores de solo que interferem na taxa de mineralização citam-se o teor de matéria orgânica (Doran, 1980; Dick, 1983), pH, aeração (Aita, 1997), umidade e temperatura (Sawchik, 2001; Fisk & Schmidt, 1995; Espindola et al., 2001) e sistema de manejo (Salet, 1994; Sawchik, 2001). A matéria orgânica se constitui na principal fonte de carbono e energia para os microrganismos do solo (Pierzynski et al., 1994), sendo que o decréscimo no teor de matéria orgânica causa um declínio na população microbiana do solo. O pH próximo à neutralidade, a temperatura ao redor de  $30^\circ\text{C}$  e a umidade próxima à capacidade de campo contribuem para o aumento na taxa de mineralização (Sawchik, 2001; Fisk & Schmidt, 1995; Espindola et al., 2001). A utilização contínua do sistema plantio direto aumenta o “pool” de N orgânico e de N potencialmente mineralizável no solo pelo incremento no conteúdo de matéria orgânica (Salet, 1994; Sawchik, 2001). Dentre os fatores

relacionados aos resíduos, a sua composição química, principalmente a relação C/N exerce papel preponderante no processo de decomposição (Aita, 1997). A presença de resíduos com alta relação C/N e, em muitas situações, a reduzida disponibilidade de N mineral no solo diminuem a taxa de mineralização do N-orgânico (Amado et al., 2002). Esses fatores afetam a taxa de mineralização porque interagem com a biomassa microbiana, que é o principal agente dos processos de transformações do N-orgânico no solo. Pelo exposto, percebe-se que a disponibilidade de N no solo é determinada por uma série de processos microbianos (Aita, 1997), podendo variar de um local para outro (Sander et al, 1994) e de uma estação de crescimento para outra, dependendo das oscilações climáticas e do conjunto de fatores associados ao solo e aos resíduos orgânicos, alterando dessa forma, a resposta do rendimento de grãos à aplicação do fertilizante nitrogenado (Argenta & Silva, 1999).

Assim, uma elevada reserva de N orgânico do solo nem sempre representa alta disponibilidade de N às plantas, pois é necessário que o N seja liberado nas formas minerais ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) para que seja absorvido pelas plantas (Anghinoni, 1986). Porém, a liberação de N das formas orgânicas do solo é lenta (Stanford, 1973) e, muitas vezes, não atende à demanda das culturas, sendo necessária a utilização de outras fontes de suprimento de N além do solo (Hauck, 1984).

A quantidade adequada de N a adicionar ainda é a maior dúvida em várias regiões produtoras de grãos (Baethgen & Alley, 1989a). A recomendação de adubação nitrogenada que não tenha base precisa das necessidades da planta e do suprimento de N pelo solo, leva a problemas relacionados à super ou

subfertilização (Bredemeier, 1999). A sub ou superestimação da dose de N a ser utilizada ocorre rotineiramente no sistema tradicional de recomendação de adubação, pelo fato de serem adotados conjuntos de práticas culturais em lavouras sem considerar suas particularidades de desuniformidade (Argenta, 2001).

Quando a adição de fertilizantes é feita em quantidades que excedem a necessidade da cultura, além de aumentar os custos de produção, pode incrementar a lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ , o acamamento de plantas e o teor de proteína no grão. A lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  no solo é favorecida pela baixa energia de adsorção desse ânion com as partículas de solo, que torna o N extremamente móvel e liga seu movimento ao fluxo de água no solo (Nielsen et al., 1982), ao contrário do  $\text{NH}_4^+$ , que pode ser adsorvido ao complexo de troca do solo ou nitrificado. A superfertilização altera o crescimento vegetativo e incrementa a estatura de planta (Pinthus, 1953). A alteração no crescimento das plantas afeta a qualidade de luz recebida pelo dossel, o que promove a alongação dos colmos e reduz a espessura da parede celular, tornando as plantas mais suscetíveis ao acamamento (Mulder, 1954). Além disso, a menor incidência de luz nas folhas inferiores reduz a assimilação de carboidratos e interfere na lignificação e no desenvolvimento da parede celular das células (Mulder, 1954), contribuindo para ocorrência de acamamento. O teor de proteína pode ser mudado pela quantidade de N aplicada. A qualidade industrial da cevada cervejeira é avaliada pelos teores de proteína nos grãos e aqueles com mais de 12% tem baixo rendimento no malte cervejeiro, limitando a comercialização da cevada (Peruzzo et al., 1996). O manejo racional do N visa, portanto, a obtenção de maior

rendimento de grãos, para que ocorra a diluição do N da parte vegetativa entre essas estruturas (Wamser, 2002).

A subfertilização de N pode causar reduções consideráveis no rendimento de grãos (Scharf & Alley, 1993; Scharf et al., 1993). O rendimento é determinado pelo número de espigas  $\text{área}^{-1}$ , número de grãos  $\text{espiga}^{-1}$  e peso do grão (Mundstock, 1999; Wamser, 2002), sendo que o N afeta o valor de cada um destes componentes.

O número de espigas  $\text{área}^{-1}$  é dependente do processo de afilhamento, o que torna o desenvolvimento de afilhos evento importante no crescimento e desenvolvimento da cevada (Kirby & Faris, 1972; Simons, 1982). A falta de N no período do afilhamento ocasiona assincronia na emissão de folhas dos afilhos em relação à planta mãe (Mundstock, 1999). Se isto ocorrer neste período, os afilhos tem poucas chances de sobreviver, mesmo que a planta receba suplementação de N em períodos posteriores (Mundstock, 1999), afetando consideravelmente o rendimento de grãos.

O componente número de grãos  $\text{espiga}^{-1}$  é afetado pelo número de espiguetas produzidas e pela capacidade das flores em estabelecer grãos (Langer & Hanif, 1973). A diferenciação das espiguetas inicia-se quando as plantas apresentam de 2 a 4 folhas (período do afilhamento), terminando no início do alongamento do colmo (Kirby, 1985; McMaster, 1997; Rodrigues, 2000). O suprimento adequado de N nesse período incrementa o número de espiguetas  $\text{espiga}^{-1}$  (Single, 1964; Whingwiri & Kempt, 1980; Rodrigues, 2000). A diferenciação dos primórdios florais dentro de cada espiguetas ocorre no início do alongamento dos entrenós do colmo (Williams, 1966), cessando durante a

emergência da folha bandeira (Baker & Gallagher, 1983). Assim, a deficiência de N nesse período e em períodos anteriores a esse processo pode afetar a fertilidade das flores (Single, 1964; Langer & Liew, 1973; Whingwiri & Kempt., 1980) e incrementar o aborto floral (Kirby, 1988), reduzindo o número final de grãos espiga<sup>-1</sup>. O componente peso do grão é o último a ser definido e não representa grandes variações para o rendimento final (García Del Moral et al., 1991). O efeito do N no período de enchimento de grãos pode ser atribuído à manutenção da área foliar ativa por um período mais longo e contribuir para maior produção de fotoassimilados (McMaster, 1997), resultando em grãos mais pesados (Austin et al., 1977; Easson, 1984; Ayoub et al., 1994). Dessa forma, o inadequado manejo do N durante o desenvolvimento das plantas pode comprometer o potencial de rendimento final de grãos pela modificação nos seus componentes (Brocklehurst et al., 1978; Hooker et al., 1983).

Para otimizar a recomendação da adubação nitrogenada em sistemas de manejo conservacionistas sem riscos de cair em super ou subfertilização, é necessário considerar: (a) a estimativa do potencial de mineralização de N do solo; (b) a contribuição da cultura de cobertura antecedente (quantidade de N mineralizado ou imobilizado); (c) a exigência de N pela cultura econômica, para atingir o rendimento projetado; (d) a expectativa da eficiência de recuperação de N disponível de diferentes fontes (solo, cultura de cobertura e fertilizante mineral); (e) o histórico de cultivos anteriores na área (Amado et al., 2000).

A mineralização do N-orgânico, determinada através do potencial de mineralização de N do solo, pode ser utilizada, como um fator potencial da disponibilidade de N para as culturas (Camargo, 1996). Este potencial e a

respectiva taxa de mineralização podem ser utilizados na predição da disponibilidade de N às plantas em um determinado período de tempo (Camargo et al., 1999; Carriquiry et al., 1999).

O uso de leguminosas como cultura antecedente à cultura de interesse pode aumentar a disponibilidade de N a curto prazo, reduzindo a necessidade de outras fontes de N para maximizar o rendimento de grãos (Evanylo, 1990). Porém, a produção de fitomassa e a quantidade de N acumulado pelas plantas podem variar de acordo com as condições de clima e solo (Da Ros, 1993; Santi, 2001) o que poderia determinar variações no suprimento de N para uma mesma espécie, quando cultivada em distintos locais. Além disso, a decomposição de resíduos orgânicos e a liberação de N desses resíduos dependem do teor de N mineral do solo (Mary, 1996). A grande variabilidade de alguns resultados encontrados em trabalhos realizados em condições climáticas semelhantes pode ser devida à variação no teor de N mineral (Da Ros, 1993).

A exigência de N pela cultura de interesse para atingir o rendimento esperado tem sido utilizada na determinação de doses ótimas de N (Wilson et al., 1996). A sua desvantagem consiste na baixa precisão com a qual os rendimentos esperados são estimados, devido principalmente à variação entre tipos de solo, locais e anos (Baethgen & Alley, 1989b).

A taxa de recuperação de N proveniente de distintas fontes apresenta como desvantagem a variabilidade decorrente das oscilações nos teores de N mineral do solo e das variações ambientais (Ladd & Amato, 1986; Harris & Hesterman, 1990), dificultando o estabelecimento de valores médios para a eficiência de recuperação do N.

O histórico das culturas, especialmente leguminosas, e das adubações utilizadas determina o tamanho do estoque de N no solo (Teixeira et al., 1994). O aumento desse estoque está relacionado com a fixação biológica do N atmosférico e com a ciclagem do N disponível no solo (Bayer & Mielniczuk, 1997), sendo também influenciado por condições de solo e de clima (Amado et al., 2002).

O manejo ideal da adubação nitrogenada deve satisfazer a necessidade da cultura com o mínimo de risco ambiental (Stanford, 1973; Keeney, 1982). Para tanto, é importante que a quantidade de N a aplicar nas culturas seja a mais exata possível para cada situação, (Scharf & Alley, 1993; Wilson et al., 1996), minimizando tanto os excessos, que prejudicam a qualidade ambiental e oneram o produtor, quanto as deficiências, que comprometem o rendimento projetado (Amado et al., 2002).

O uso isolado da matéria orgânica (M.O.) do solo como indicativo da liberação de N para as plantas durante a estação de cultivo não é suficiente para estimar com precisão o N suprido pelo solo (Anghinoni, 1986), uma vez que a mineralização é influenciada por fatores como sistema de manejo do solo, natureza dos resíduos culturais e condições meteorológicas. Além do uso da matéria orgânica, atualmente a recomendação de adubação nitrogenada para algumas culturas vem sendo feita com base na produtividade esperada, histórico da lavoura e sucessão de culturas (Ceretta & Silveira, 2002). Entretanto, umas das principais limitações no que diz respeito ao manejo do N é a falta de indicativos suficientemente confiáveis para estabelecer as quantidades de N a aplicar em cada situação (Ceretta & Silveira, 2002). Por estas razões, o manejo do N, além de ser polêmico, continua sendo o foco principal de várias pesquisas

que buscam a utilização de indicadores de solo e de planta que possibilitem melhorar a eficiência da adubação nitrogenada em cereais. O indicador, seja ele de solo ou de planta, deve ser capaz de prever tanto a deficiência quanto o excesso de N no sistema solo-planta e ser de rápida execução para que a correção possa ser feita na mesma estação de crescimento da cultura (Schröder, 2000).

A avaliação dos **teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  do solo** tem sido utilizada na tentativa de estimar com maior precisão o N mineral disponível em uma determinada situação específica (Ris et al., 1981). A concentração de  $\text{NO}_3^-$  no solo em determinado momento e para diferentes cultivos é um dos indicadores empregado para estimar a necessidade de N (Bredemeier, 1999) e a probabilidade de resposta a adições de N (Sawchick, 2001), especialmente em ambientes semi-áridos, onde não se perde  $\text{NO}_3^-$  por lixiviação (Campbell et al., 1997). Esse indicador é importante, pois mostra o balanço dos processos de mineralização – imobilização que estão ocorrendo no campo (Sawchick, 2001).

Em algumas situações o nível inicial de  $\text{NO}_3^-$  no solo apresenta boa relação com o rendimento de grãos de trigo (Lamothe, 1994). Diante de condições climáticas normais, a concentração de  $\text{NO}_3^-$  no solo entre as camadas de 0 - 40 cm inferior a  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo reflete baixo poder de suprimento de N pelo solo, sendo necessária a adição de N através de fertilizantes (Lamothe, 1994). A análise de  $\text{NO}_3^-$  no solo no início do afilhamento do trigo é uma ferramenta válida para decidir a quantidade de N a aplicar, já que a absorção de N pelo cultivo e a acumulação de  $\text{NO}_3^-$  passam a ser importantes depois de iniciado o período do afilhamento (Lamothe, 1994). A desvantagem da utilização dos teores de N mineral,

principalmente  $\text{NO}_3^-$ , é a sua variabilidade em regiões com precipitações freqüentes e de alta intensidade (Fox & Piekielek, 1978).

Outro indicador de liberação de N pelo solo é o **potencial de mineralização de N**. O N potencialmente mineralizável pelo solo é determinado através de incubações e fornece a liberação do N mineral da reserva orgânica, em um determinado tempo, em condições ótimas de temperatura e umidade. O potencial de mineralização do N do solo é definido como a fração presente no N orgânico suscetível à mineralização (Stanford & Smith, 1972). O uso de indicadores que buscam estimar a disponibilidade de N em condições de laboratório é observado em vários trabalhos (Stanford et al., 1973; Hossain et al., 1996; Carriquiry et al., 1999) ) e pode complementar e ajudar a interpretar o significado de um determinado valor de  $\text{NO}_3^-$  no solo (Sawchick, 2001). A quantidade de N mineralizado em determinado período de tempo depende de fatores como temperatura, umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico presente (Mary et al., 1996; Gonçalves et al., 2001) estando associado ao conteúdo de matéria orgânica e ao N – total do solo (Camargo, 1996).

O inconveniente do uso do potencial de mineralização de N é que o N mineralizado é estimado a partir do N orgânico presente no momento em que a amostra foi coletada, não representando a mineralização em condições de campo. A reserva de N orgânico a campo é variável devido a alterações na atividade microbiana, provocada pela presença de resíduos culturais e por flutuações na umidade e temperatura do solo. As avaliações de mineralização em condições de laboratório, especialmente com solos alterados, podem representar um índice impreciso do processo (Lamb, 1980; Raison et al., 1987).

Dessa forma, a utilização única do N mineral do solo pode não representar a real disponibilidade de N, devido a sua variabilidade a campo (Fox & Piekielek, 1978), o que torna a análise de características de planta como a concentração de N e o N acumulado em determinados períodos do ciclo de desenvolvimento da cultura, um evento importante para otimizar o manejo da adubação nitrogenada em sistemas produtivos (Galantini et al., 2000). Para Baethgen & Alley (1989b), a alta eficiência no uso do N é conseguida quando o fornecimento se assemelha à necessidade da cultura ao longo da estação de crescimento.

A **concentração de N na planta** reflete como foi o fornecimento de N pelo solo, sendo, portanto, um indicador da capacidade que o solo teve em suprir N até um determinado momento. Inadequado suprimento de N pelo solo se reflete em baixas concentrações de N na planta (Larsson, 1994). A diagnose foliar mede o estado nutricional da planta e se baseia na associação entre concentração de N nos tecidos vegetais e rendimento de grãos, para estabelecer a deficiência do nutriente (Lamothe, 1994). O monitoramento da concentração de N na planta, através do estabelecimento de níveis críticos em alguns estádios específicos do desenvolvimento vegetativo, pode contribuir para o seu manejo sob o enfoque de agricultura de precisão (Argenta, 2001). Em trigo e cevada foram determinados níveis críticos para concentração de N na planta na época do afilhamento (Lamothe, 1994). Estes níveis podem ser utilizados para diagnosticar a suficiência ou deficiência de N na planta (Bredemeier, 1999) e propiciar melhor sincronismo entre as necessidades deste nutriente pela cultura e a sua disponibilidade no solo (Argenta, 2001).

Os valores críticos para concentração de N na planta, ao final do afilhamento, situam-se entre 40 e 50 g kg<sup>-1</sup> (g de N/ kg de massa seca) (Donohue & Brann, 1984). Para trigo foram estabelecidos valores críticos para rendimentos de grãos entre 1,5 e 4,5 t ha<sup>-1</sup>. O nível crítico para 1,5 t ha<sup>-1</sup> é de 15 g kg<sup>-1</sup>, sendo que este valor aumenta com o potencial de rendimento em aproximadamente 1% para cada tonelada de grãos (Lamothe, 1994). Para o início do alongamento dos entrenós os valores críticos encontrados foram de 36 g kg<sup>-1</sup> (Fox et al., 1994), 35 g kg<sup>-1</sup> (Roth et al., 1989) e 39,5 g kg<sup>-1</sup> (Baethgen & Alley, 1989). As diferenças encontradas podem ser devidas a diferentes locais de condução dos experimentos e a distintas cultivares (Bredemeier, 1999).

A utilização da concentração de N na planta como indicador da necessidade de N é recomendada por alguns autores (Roth et al., 1989; Binford et al., 1992; Lamothe, 1994), pois ela foi a responsável pela maior variação nos rendimentos de grãos e apresentou a menor variação espacial e temporal (Roth et al., 1989). Mas, para outros autores (Sander et al., 1994; Argenta, 2002) não é considerado um bom parâmetro, pelo fato da concentração de N na planta ser influenciada pelo consumo de luxo de N, dificultando o estabelecimento de verdadeiros níveis críticos. Além disso, envolve determinação laboratorial, impossibilitando a correção de sua deficiência na planta no mesmo ano agrícola, devido ao tempo despendido entre coleta e resultado final (Argenta, 2002).

A **quantidade de N acumulado** pela comunidade de plantas também pode ser um indicador da necessidade ou não da aplicação de N em determinado período. Este método estabelece que, para cada estágio de desenvolvimento, há uma quantidade mínima de N (“nível crítico”) que a comunidade deve extrair do

solo. Valores de N acumulado pelas plantas abaixo desse nível crítico indicam a necessidade de incremento de N através de fertilizantes (Bredemeier, 1999). Variações no consumo de N pela cultura do trigo nos diferentes estádios de desenvolvimento são atribuídas a distintas situações de manejo da adubação nitrogenada (Baethgen & Alley, 1989). Devido às freqüentes variações nos resultados encontrados, Beringer e Hess (1979) concluíram que o N absorvido não deveria ser utilizado como indicador da deficiência de N. Entretanto, Baethgen & Alley (1989) observaram que o N acumulado foi mais eficiente do que a concentração de N no tecido vegetal para estimar a quantidade de N a ser aplicado na cultura do trigo. Essa metodologia apresenta a vantagem de incluir a produção de massa seca no cálculo do consumo de N, sendo este, provavelmente, o fator mais importante em relação a melhor capacidade deste indicador em estimar a necessidade de N, em comparação à concentração de N na planta (Bredemeier, 1999).

A precisão no manejo do N, além de considerar a disponibilidade de N pelo solo, deve prever as necessidades de N pela planta, sendo necessária para isso, a análise conjunta de indicadores de solo e de características de planta para estabelecimento de recomendações mais precisas, que permitam a obtenção de rendimentos de grãos satisfatórios para o produtor, com o mínimo de investimento em adubos nitrogenados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de campo foram realizados com base em experimentos conduzidos na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/ UFRGS), nos anos agrícolas de 2002 e 2003. A EEA está localizada no município de Eldorado do Sul (RS), na região ecoclimática da Depressão Central do Estado, com altitude média de 46m acima do nível do mar e coordenadas de 30°50'32" de latitude sul e 51°38'08" de longitude oeste.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico pertencente à Unidade de Mapeamento São Jerônimo, segundo a classificação da Embrapa (1999).

O clima da região é do tipo Cfa, de acordo com a classificação climática de Köppen, correspondente ao “subtropical de verão úmido quente” (Ipagro, 1979). A média anual de precipitação pluvial é de 1440 mm e as temperaturas do ar médias mensais variam entre 13,9 e 24,9°C nos meses mais frio e mais quente, respectivamente (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

Os trabalhos de laboratório foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre (RS).

### 3.1. Tratamentos e delineamento experimental

No ano agrícola de 2002, os experimentos foram instalados em áreas experimentais que apresentavam restevas de milho (pós-milho) e de soja (pós-soja). Antes da instalação dos experimentos foram retiradas amostras de solo das áreas “pós-milho” e “pós-soja” na camada entre as profundidades de 0-20 cm. Elas foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo da UFRGS e os resultados da análise do solo das duas áreas estão descritos na Tabela 1.

**TABELA 1** – Características químicas de amostras de solo retiradas das áreas experimentais antes da instalação dos experimentos. Eldorado do Sul – EEA/ UFRGS - 2002.

Área	pH (H <sub>2</sub> O)	P ----- mg L <sup>-1</sup> -----	K	MO <sup>1</sup> mg kg <sup>-1</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----	Mg <sup>2+</sup>	V <sup>2</sup> %
Pós-milho	6,0	3,1	164	24	0	3,3	1,9	84
Pós-soja	5,8	17,0	152	20	0	3,3	1,9	78

<sup>1</sup> MO = matéria orgânica

<sup>2</sup> V = saturação de bases

Os experimentos em 2003 foram instalados nas mesmas áreas utilizadas em 2002 sob restevas de milho (pós-milho) e de soja (pós-soja). No verão 2002/2003, que antecedeu a instalação dos experimentos, foi feita rotação com as culturas de milho e soja nestas áreas experimentais, com a diferença de que, onde foi semeada soja no verão de 2002, semeou-se milho em 2003 e vice-versa. Antes da instalação dos experimentos foram retiradas amostras de solo dessas áreas na camada entre as

profundidade de 0-20 cm para fins de análise. Os resultados das amostras das duas áreas estão descritos na Tabela 2.

**TABELA 2** – Características químicas de amostras de solo retiradas das áreas experimentais antes da instalação dos experimentos. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS - 2003.

Área	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	MO <sup>1</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	V <sup>2</sup>
		---- mg L <sup>-1</sup> ----		mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----			%
Pós-milho	6,1	14,0	178	20	0	4,3	2,5	76
Pós-soja	6,5	5,1	158	25	0	5,3	2,6	83

<sup>1</sup> MO = matéria orgânica

<sup>2</sup> V = saturação de bases

A cultivar de cevada utilizada nas áreas experimentais foi a MN 698 que apresenta ciclo médio de 146 dias (90 dias até o espigamento) e estatura média de 98 cm.

Os tratamentos utilizados constaram da aplicação das doses de 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, no momento da semeadura, além da testemunha sem N. Sobre estas parcelas foram feitas aplicações das mesmas doses em cobertura, deixando-se também uma testemunha sem N (Tabela 3). O adubo foi colocado quando as plantas apresentavam cinco folhas completamente expandidas e início de expansão da sexta folha, no estágio 5.1 da escala de Haun (Haun, 1973).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e as unidades experimentais constituíram-se de parcelas de campo com área de 11,05 m<sup>2</sup>, compostas de 13 linhas espaçadas 0,17 m entre si e com 5,0 m de comprimento.

**TABELA 3** – Tratamentos (testemunhas e doses de N na semeadura e em cobertura) utilizados nos experimentos com cevada em 2002 e 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N na semeadura (kg ha <sup>-1</sup> )	Doses de N em cobertura (kg ha <sup>-1</sup> )
0	0 – 20 – 40 – 60 - 80
20	0 – 20 – 40 – 60 - 80
40	0 – 20 – 40 – 60 - 80
60	0 – 20 – 40 – 60 - 80
80	0 – 20 – 40 – 60 - 80

### 3.2. Manejo das áreas experimentais

Nos anos agrícolas de 2002 e 2003, antecedendo a semeadura, foram aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo superfosfato triplo + cloreto de potássio com fórmula 0-21-30. A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto no dia 27 de maio, nos dois anos agrícolas, a uma profundidade de ± 3 cm, utilizando-se a semeadora da marca Semeato SHM de 13 linhas. As sementes utilizadas foram tratadas com a mistura difeconazole (Spectro) + iprodione (Rovral), na dose de 200 ml + 80 ml do produto comercial. A densidade de semeadura utilizada foi de 320 sementes m<sup>-2</sup>.

Para controle de plantas daninhas nas áreas sob resteva de milho e soja foi aplicado sobre a vegetação existente (no ano de 2002) o herbicida glifosate (Roundup) na dose de 2,5 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial. Já no ano agrícola de 2003

as ervas daninhas foram controladas com a aplicação de metsulfuron-metil (Ally), na dose de 2 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial. O controle do azevém foi realizado apenas em 2002 após a implantação da cultura com a aplicação do herbicida diclofop-metil (Iloxan), na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial no dia 05 de junho. As manchas foliares foram controladas com a aplicação do fungicida tebuconazole (Folicur), na dose de 0,8 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial no dia 16 de julho de 2002 e do fungicida pyraclostrobin + epoxiconazole (Ópera), na dose de 1L ha<sup>-1</sup> do produto comercial, nos dias 01 de agosto de 2002. Este último fungicida foi utilizado em 2003 na mesma dose, em aplicação nos dias 01 e 30 de julho e 04 de setembro. O controle de pulgão foi feito em 2003 com o inseticida dimetoato (Agritoato), na dose de 0,7L ha<sup>-1</sup> do produto comercial no dia 30 de julho e no dia 04 de setembro.

A colheita da cevada nos experimentos em 2002 ocorreu no dia 18 de outubro na área “pós-milho” e no dia 24 de outubro na área “pós-soja”. No ano agrícola de 2003, fez-se a colheita nas áreas experimentais, tanto em resteva de soja como de milho, no dia 24 de outubro.

### **3.3 Avaliações**

Durante a condução dos experimentos em 2002 e 2003, da semeadura até a colheita, foram realizadas avaliações de solo e planta, que são descritas a seguir.

### **3.3.1. Análises de solo**

As variáveis de solo, avaliadas no início e durante a execução do experimento, foram: potencial de mineralização de N do solo e os teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  disponíveis no solo.

#### **3.3.1.1 Potencial de mineralização de N no solo (2003)**

O potencial de mineralização de N-orgânico do solo foi determinado pelo método de incubação proposto por Stanford & Smith (1972), em que o N-mineralizado é obtido após períodos de incubação que variam de 12 a 32 semanas.

Oito amostras de solo foram retiradas no dia 02 de maio de 2003, na camada entre 0-6 cm de profundidade, sendo quatro na área 1 (área experimental sob restevas de soja em 2002 e de milho em 2003) e quatro na área 2 (área experimental sob restevas de milho em 2002 e de soja em 2003). As amostras foram obtidas com a introdução no solo de um tubo de PVC com 25 cm de comprimento e diâmetro de 45 mm, conseguindo-se com isso amostras indeformadas, que melhor representam as condições de solo em plantio direto onde foram implantados os experimentos. Em média, as amostras apresentavam cerca de 170 g de solo.

Após a retirada das amostras, os tubos de PVC foram fechados com filme plástico na parte superior e, na parte inferior, com um pano de algodão, para sustentar a coluna de solo, de forma a manter a condição aeróbica. A incubação foi feita em uma câmara BOD com temperatura constante de 35°C. As lixiviações foram realizadas no tempo zero (depois da coleta das amostras a campo e antes

da primeira incubação) e ao final da 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 16<sup>a</sup>, e 32<sup>a</sup> semanas de incubação. Em cada lixiviação adicionou-se, sobre cada tubo, 500 ml de uma solução extratora de N ( $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>). Após, eram adicionados 100 ml de uma solução nutritiva sem N, constituída de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,0025 mol L<sup>-1</sup>),  $\text{MgSO}_4$  (0,002 mol L<sup>-1</sup>) e  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ , (0,005 mol L<sup>-1</sup>). Após cada lixiviação, os tubos eram retornados para a câmara de incubação. A quantidade de solução extratora utilizada para todas as lixiviações foi de 500 ml. Essa quantia foi determinada com o solo antes da primeira incubação (tempo zero), testando-se o N residual após uma seqüência de lixiviação com pequenas quantidades de solução extratora até que a determinação da quantidade de N mineral do extrato percolado se igualasse à da amostra em branco. Somando-se as quantidades da solução extratora utilizadas para lixiviar até zerar o N mineral na solução, obteve-se o total de 500 ml de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>. A determinação dos teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  na solução lixiviada foi feita separadamente conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

O processo de mineralização foi demonstrado através da equação exponencial negativa de crescimento.  $N_m = N_0 (1 - \exp^{-kt})$  proposta por Stanford & Smith (1972). Nesta equação,  $N_0$  é o parâmetro definido como potencial de mineralização do N quando  $t = 0$  (mg kg<sup>-1</sup>);  $t$  é o tempo (semanas);  $k$  é a constante de mineralização (semana<sup>-1</sup>); e  $N_m$  é o N mineralizado. O N potencialmente mineralizável ( $N_0$ ) e a constante de mineralização de N ( $k$ ) foram estimados de acordo com a equação exponencial  $N_t = N_0 (1 - e^{-kt})$ .

### 3.3.1.2 Teores de $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$

#### a) 1º grupo de amostras: pré-semeadura

Os teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  foram determinados antes da aplicação das doses de N na semeadura (31 de maio de 2002 e 05 de junho de 2003) com base a uma amostragem de solo composta de quatro subamostras retiradas com trado holandês nas áreas experimentais.

#### b) 2º grupo de amostras: afilhamento

A amostragem de solo, composta de três subamostras, em todas as parcelas que receberam tratamento diferencial de N na semeadura, foi feita antes da adubação de N em cobertura (10 de julho de 2002 e 01 de julho de 2003), quando as plantas estavam com cinco folhas completamente expandidas e início da expansão da sexta folha (Estádio 5.1 da escala de Haun).

#### c) 3º grupo de amostras: espigamento

A amostragem de solo para determinação do N mineral no período de emissão das espigas (03 de setembro de 2002 e 02 de setembro de 2003) foi composta de uma subamostra, feita nas parcelas de todos os tratamentos.

#### d) 4º grupo de amostras: durante o ciclo (semanais)

As amostragens de solo para acompanhamento dos níveis de N mineral ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) ocorreram durante o ciclo da cultura (03 de junho a 24 de outubro de 2002 e de 04 de junho a 24 de outubro de 2003) em que foram retiradas, semanalmente, amostras de solo nas áreas “pós-soja” e “pós-milho” nos tratamentos que não receberam nitrogênio na semeadura ou em cobertura.

e) 5º grupo de amostras: durante o ciclo (diárias)

O acompanhamento diário do N mineral no solo foi determinado no experimento “pós-soja”, conduzido em 2003, através de coletas diárias de solo em áreas que não receberam adubação nitrogenada, no período entre 21 de maio e 24 de outubro (data da colheita).

A metodologia de amostragem utilizada em todos os casos consistiu na retirada de amostras de solo na camada entre as profundidades de 0-20 cm. Logo após a retirada do solo, separaram-se duas subamostras. Uma para avaliação do N mineral, contendo entre 30 e 40 g de solo, foi colocada em contato com o extrator de N (no caso, foi utilizado 150 ml de KCl (2 mol L<sup>-1</sup>). Com isso, evitou-se um possível acréscimo nos teores de N mineral em função do aumento da atividade microbiana ocasionada pelo revolvimento do solo. A outra subamostra de ± 40 g foi coletada para determinação da umidade do solo.

A determinação de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi feita em laboratório, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A determinação da umidade foi realizada após secagem em estufa a ± 60°C.

### **3.3.2. Análise de planta**

As variáveis de plantas analisadas durante a condução do experimento foram: desenvolvimento foliar; massa seca da parte aérea; concentração de N na parte aérea; estatura; índice de colheita; índice de acamamento; rendimento de grãos; peso do grão; classificação dos grãos e teor de proteína no grão.

### **3.3.2.1. Desenvolvimento foliar**

A coleta de plantas para avaliação do estágio de desenvolvimento foliar foi realizada no estágio 5.1 da escala Haun, em plantas com aproximadamente dois afilhos, pouco antes da adubação de cobertura (10 de julho de 2002 e 01 de julho de 2003). As plantas foram arrancadas do solo em área de 0,25 m<sup>2</sup> (3 linhas de plantas de 0,5 m de comprimento). Sobre as plantas coletadas foi determinado o desenvolvimento foliar do colmo principal e dos afilhos primários (A1 ao A3) originados na base das três primeiras folhas do colmo principal. Para isso, utilizou-se a escala proposta por Haun (1973) e ampliada por Klepper et al. (1982) para descrição dos afilhos. Nesta escala, as folhas são numeradas em ordem acrópeta. O número de folhas totalmente expandidas, mais as unidades decimais da última folha que está em expansão, fornecem o valor do estágio fenológico. Assim, uma planta no estágio Haun 5.1 tem a quinta folha completamente expandida e a sexta folha com um décimo do comprimento da quinta. O desenvolvimento foliar da comunidade (soma das unidades Haun m<sup>-2</sup>) foi obtido através da avaliação do desenvolvimento de plantas individuais, em que se somou as leituras dos estágios de desenvolvimento do colmo principal e dos afilhos de todas as plantas amostradas por unidade de área.

### **3.3.2.2. Rendimento de massa seca da parte aérea**

As mesmas plantas amostradas para determinação do estágio de desenvolvimento foram, após, colocadas em estufa de aeração forçada e secadas a uma temperatura de  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ , até peso constante. Outra coleta da parte aérea das

plantas, em área de 0,25 m<sup>2</sup>, foi feita em todos os tratamentos no período da emissão das espigas (06 de setembro de 2002 e 02 de setembro de 2003). Após a secagem das amostras, procedeu-se a pesagem da massa seca acumulada na parte aérea.

### **3.3.2.3. Concentração de N na parte aérea**

A determinação do N na parte aérea foi feita em amostras coletadas antes da adubação de cobertura (10 de julho de 2002 e 01 de julho de 2003). Elas foram coletadas, ao acaso, nas parcelas com a mesma adubação de N na semeadura, num total de 25 plantas (5 plantas por parcela). A análise de N no tecido vegetal também foi feita por ocasião da emissão das espigas, utilizando-se as mesmas amostras coletadas para determinação do rendimento de massa seca. Nas duas épocas de coleta as plantas foram moídas em moinho do tipo centrífuga e homogêneas, após terem sido secadas e pesadas. O teor de N no tecido vegetal foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A quantidade de N acumulado pelas plantas foi obtida multiplicando-se o teor de N do tecido pelo rendimento de massa seca acumulada pelas plantas em cada uma das duas coletas.

### **3.3.2.4. Índice de acamamento de plantas**

O índice de acamamento foi avaliado através da atribuição de notas de 0 (zero) a 100, variando em 10 unidades. As notas extremas (0 e 100) corresponderam às parcelas com ausência de acamamento e totalmente acamadas, respectivamente. A determinação do índice de acamamento nas

parcelas teve início quando se observou a presença das primeiras plantas acamadas (01 de outubro de 2002 e 23 de setembro de 2003).

#### **3.3.2.5. Índice de colheita e rendimento biológico aparentes e estatura de planta**

O índice de colheita (IC) foi determinado em 2003 na maturação (estádio de grão maduro) uma semana anterior à colheita final. Coletou-se a parte aérea de uma linha de plantas com 50 cm de comprimento, em todas as parcelas. Após secagem das plantas em estufa a  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ , procedeu-se a pesagem da massa seca total obtendo-se o rendimento biológico aparente. Logo após, procedeu-se a trilha do material, separando-se os grãos da palha e realizou-se a pesagem dos grãos. O IC foi obtido através da relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca total da parte aérea.

A estatura de planta foi determinada em todas as parcelas, medindo-se o comprimento de três grupos de plantas (cada grupo composto por cinco plantas) amostrados aleatoriamente, dentro da parcela. A medição foi feita do colo das plantas até o ápice das espigas.

#### **3.3.2.6. Rendimento de grãos**

A colheita de grãos, no ano agrícola de 2002, foi realizada dentro da área útil ( $4,59 \text{ m}^2$ ) composta pelas linhas 3 a 11, de 3 m de comprimento. As plantas da área útil foram cortadas manualmente rentes ao solo e, posteriormente, trilhadas em máquina estacionária. Os grãos foram, então, pesados e a massa

obtida foi corrigida para a umidade de 13%. Já no ano agrícola de 2003, a colheita foi mecanizada, utilizando-se máquina de fluxo axial. A área útil constituiu-se das linhas 3 a 10, de 5 m de comprimento, totalizando 6,8 m<sup>2</sup>.

### **3.3.2.7. Classificação e teor de proteína dos grãos e peso do grão**

A classificação de grãos e a determinação do teor de proteína em 2002 foi feita sobre amostra de 200 g da massa de grãos colhidas. A análise foi realizada no laboratório da Maltaria Navegantes (Companhia Brasileira de Bebidas). Em 2003, a determinação do teor de proteína e a classificação dos grãos foi realizada no laboratório de Fisiologia Vegetal da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em amostras de 200 g de grãos. O teor de N nos grãos foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme descrito por Tedesco et al. (1995). O teor de proteína nos grãos foi obtido através da utilização do fator de correção de 6,25 (1% de N corresponde a 6,25% de proteína). O peso do grão foi obtido a partir da contagem e pesagem de 400 grãos, dividindo-se por 400.

### **3.4. Análise estatística**

Os dados experimentais foram submetidos à análise de regressão e de variância pelo F-teste. Foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, quando se observou diferença significativa entre tratamentos. Para o efeito interação, na análise de variância, considerou-se o F-teste significativo a 15% de probabilidade. Os coeficientes (b) das regressões lineares e quadráticas foram testadas pelo t –teste, ao nível de significância de 5%. A comparação dos coeficientes das regressões foi feita através de intervalos de confiança (95%). As

médias de cada variável analisada no espigamento para o tratamento testemunha foram testadas pelo t-teste, ao nível de 5% de significância.

## 4. RESULTADOS

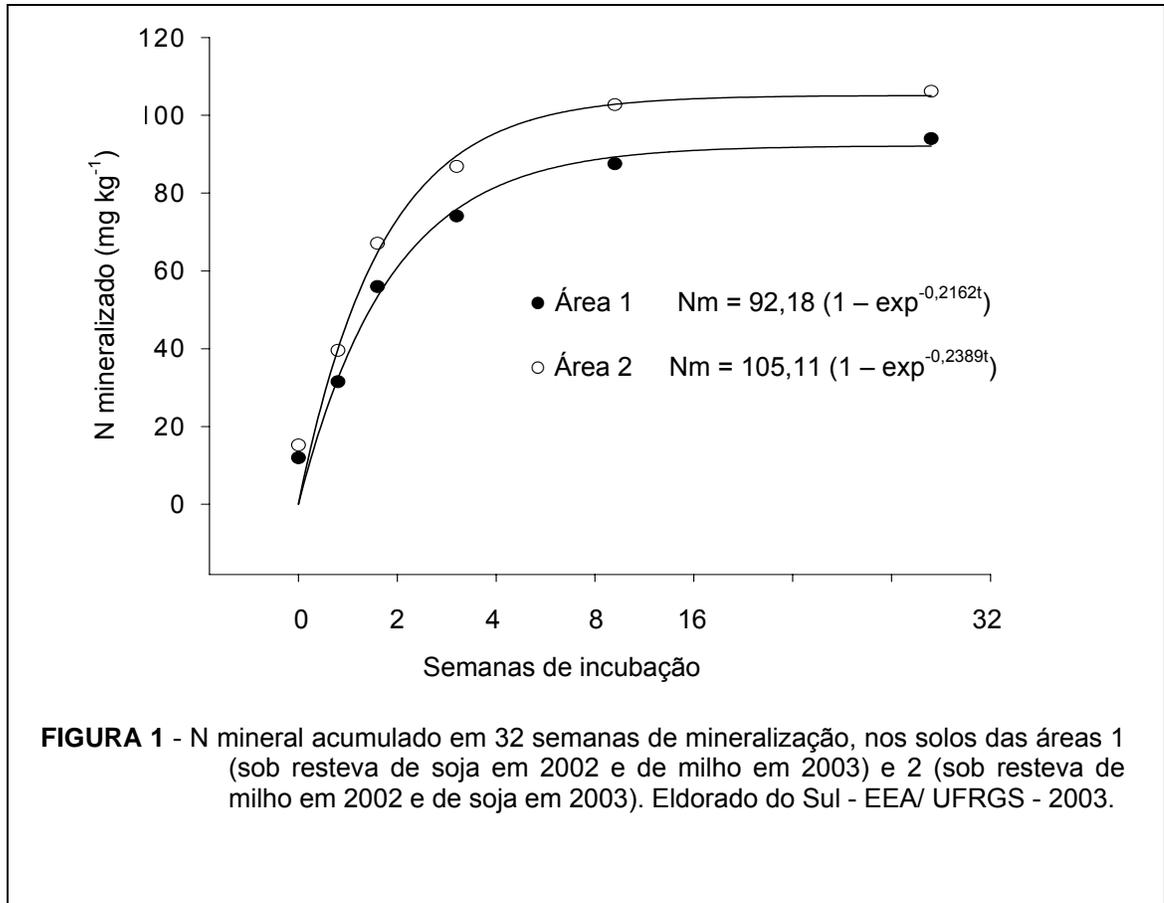
Inicialmente serão apresentados os resultados da disponibilidade de N do solo e, posteriormente, as variações no crescimento e desenvolvimento em função dos tratamentos.

### 4.1. Suprimento de N pelo solo durante o ciclo de desenvolvimento da cevada

As estimativas de suprimento de N pelo solo foram feitas através de: 1º) determinação do potencial de mineralização de N pelo solo; 2º) determinações do N mineral ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) disponível no solo na semeadura, no período do afilhamento (Haun 5.1) e no espigamento da cevada e 3º) avaliações dos teores de N mineral durante o ciclo, semanalmente (no ano de 2002) e em intervalos de um a três dias (no ano de 2003).

#### 4.1.1. Potencial de mineralização do N do solo

O N disponibilizado pelo processo de mineralização em laboratório, para as amostras de solo retiradas nas áreas 1 e 2 (Figura 1), atingiu valores médios de  $92,18 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $105,11 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente. A velocidade de mineralização do N foi maior no período entre o início (tempo zero) e a 4ª semana de incubação em relação ao período posterior à 8ª semana. Do N mineralizado até a 32ª semana de incubação, em média, 60% foi obtido até a 4ª semana e 80% até a 8ª semana de incubação. Da 8ª semana até o final do



período de incubação, os valores de N mineralizado se estabilizaram, com pequenos acréscimos com o aumento do tempo de incubação.

#### 4.1.2. N mineral ( $\text{NH}_4^+$ + $\text{NO}_3^-$ ) disponível no solo

Os valores médios de N mineral detectados nas amostragens realizadas na pré-semeadura da cevada no ano agrícola de 2002 foram de 11,22  $\text{mg kg}^{-1}$  e 8,25  $\text{mg kg}^{-1}$ , em áreas sob resteva de soja e de milho, respectivamente (Tabelas 4 e 5). No ano agrícola de 2003, os valores se mantiveram próximos aos do ano de 2002, sendo de 10,09  $\text{mg kg}^{-1}$  para a área com resteva de soja e 8,12  $\text{mg kg}^{-1}$  para a área sob resteva de milho.

**TABELA 4** – N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+$  +  $\text{NO}_3^-$ ) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) avaliado em pré-semeadura, no afilhamento e no espigamento da cevada, em função de doses de N em áreas sob resteva de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

		N mineral em pré semeadura		Ano			
				2002	2003		
Médias				11,22	10,09		
N mineral no afilhamento							
Doses de N na semeadura ( $\text{kg ha}^{-1}$ )							
Sem N				6,09 <sup>ns</sup>	5,90 <sup>ns</sup>		
20				10,80	6,87		
40				9,90	7,69		
60				7,42	5,97		
80				9,89	8,36		
<b>Média geral</b>				<b>8,81</b>	<b>7,00</b>		
<b>CV (%)</b>				<b>60</b>	<b>34</b>		
N mineral no espigamento							
Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
Semeadura		Afilhamento		Semeadura		Afilhamento	
		2002	2003			2002	2003
Sem N		3,69 <sup>ns</sup>	12,26 <sup>ns</sup>	Sem N		5,00	8,14
20		5,31	10,07	20		6,08	11,16
Sem N	40	2,61	10,58	60	40	5,00	11,67
	60	3,69	11,42		60	5,54	10,60
80		5,92	11,16	80		5,77	11,25
Sem N		4,38	9,48	Sem N		4,61	7,22
20		4,84	7,72	20		8,70	9,74
20	40	2,3	7,05	80	40	3,69	9,40
	60	4,46	9,74		60	8,08	11,50
80		3,69	13,26	80		5,07	12,84
Sem N		4,69	8,06	Sem N		4,61	7,22
20		6,31	11,16	20		8,70	9,74
40	40	7,93	9,82	40		3,69	9,40
	60	6,08	11,58	60		8,08	11,50
80		5,38	8,81	80		5,07	12,84
<b>Média geral</b>						<b>5,15</b>	<b>10,21</b>
<b>CV (%)</b>						<b>51</b>	<b>26</b>

<sup>ns</sup> Análise de variância não significativa para os fatores ano e dose de N, pelo F – teste a 5% de probabilidade.

**TABELA 5** – N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+$  +  $\text{NO}_3^-$ ) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) avaliado em pré-semeadura, no afilhamento e no espigamento da cevada, em função de doses de N em áreas sob resteva de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

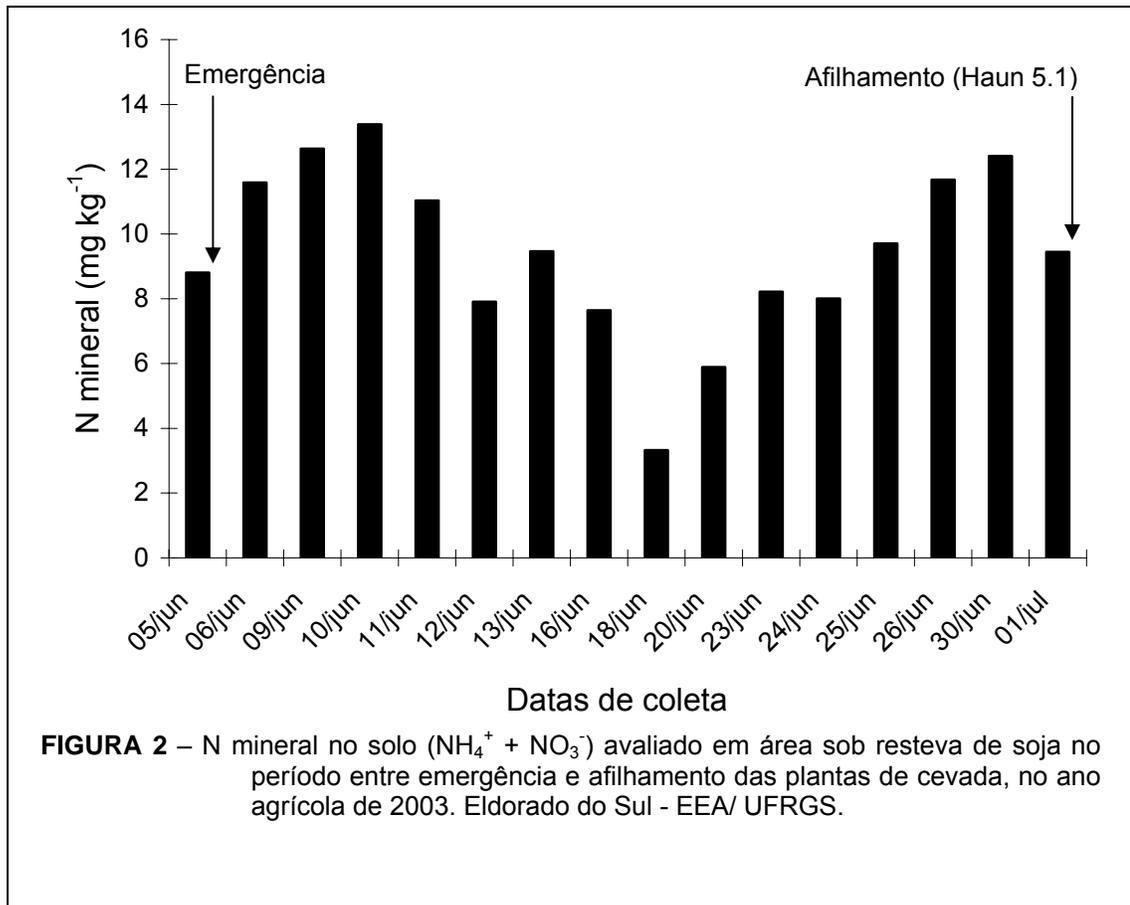
<b>N mineral em pré-semeadura</b>		<b>Ano</b>					
		2002	2003				
Médias		8,25	8,12				
<b>N mineral no afilhamento</b>							
Doses de N na semeadura ( $\text{kg ha}^{-1}$ )							
Sem N		7,10 <sup>ns</sup>	7,32 <sup>ns</sup>				
20		8,98	7,85				
40		10,22	5,74				
60		7,71	6,49				
80		7,14	7,02				
<b>Média geral</b>		<b>8,22</b>	<b>6,88</b>				
<b>CV (%)</b>		<b>22</b>	<b>40</b>				
<b>N mineral no solo no espigamento</b>							
Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Ano		Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Ano	
Semeadura	Afilhamento	2002	2003	Semeadura	Afilhamento	2002	2003
	Sem N	2,41 <sup>ns</sup>	9,34 <sup>ns</sup>		Sem N	3,90	20,01
	20	6,89	9,81		20	5,77	8,25
Sem N	40	5,12	8,87	60	40	4,56	8,48
	60	2,41	10,35		60	5,49	8,64
	80	6,98	10,43		80	3,25	10,35
	Sem N	4,93	8,48		Sem N	5,58	9,89
	20	5,30	10,35		20	5,58	8,09
20	40	3,62	8,09	80	40	5,86	9,42
	60	5,77	10,59		60	4,46	11,60
	80	6,05	9,57		80	7,54	12,69
	Sem N	4,65	10,43				
	20	5,40	9,26				
40	40	3,53	9,42				
	60	4,74	7,78				
	80	3,53	17,75				
<b>Média geral</b>						<b>4,90</b>	<b>10,32</b>
<b>CV (%)</b>						<b>49</b>	<b>53</b>

<sup>ns</sup>Análise de variância para os fatores ano e doses de N não significativa, pelo F – teste a 5% de probabilidade.

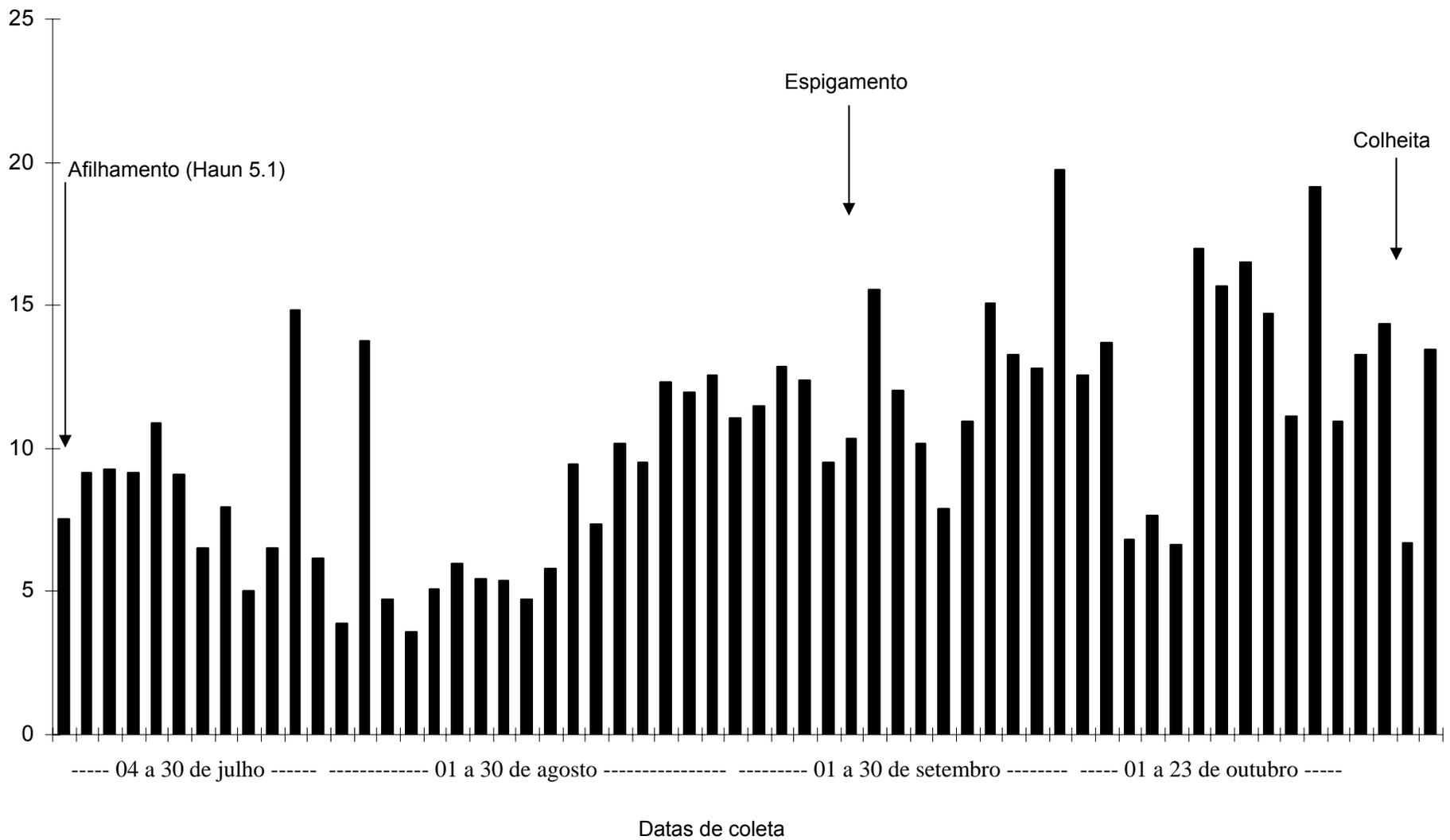
As amostragens de solo também foram realizadas no afilhamento (escala Haun de 5.1) nas parcelas que receberam doses de N na semeadura. Os valores de N mineral não diferiram entre as doses de N aplicadas na semeadura, nas duas áreas e nos dois anos de execução dos experimentos (Tabelas 4 e 5).

Os valores de N mineral também foram determinados no estágio de espigamento da cevada nas parcelas em que foram combinadas doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura (Tabelas 4 e 5). Eles foram similares entre si, sendo de  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  no ano agrícola de 2002 e em torno de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  no ano agrícola de 2003, nos dois tipos de resteva. Em média, os teores de N mineral no solo no período do florescimento sob as restevas de milho e de soja no ano agrícola de 2003, foram o dobro dos valores observados em 2002.

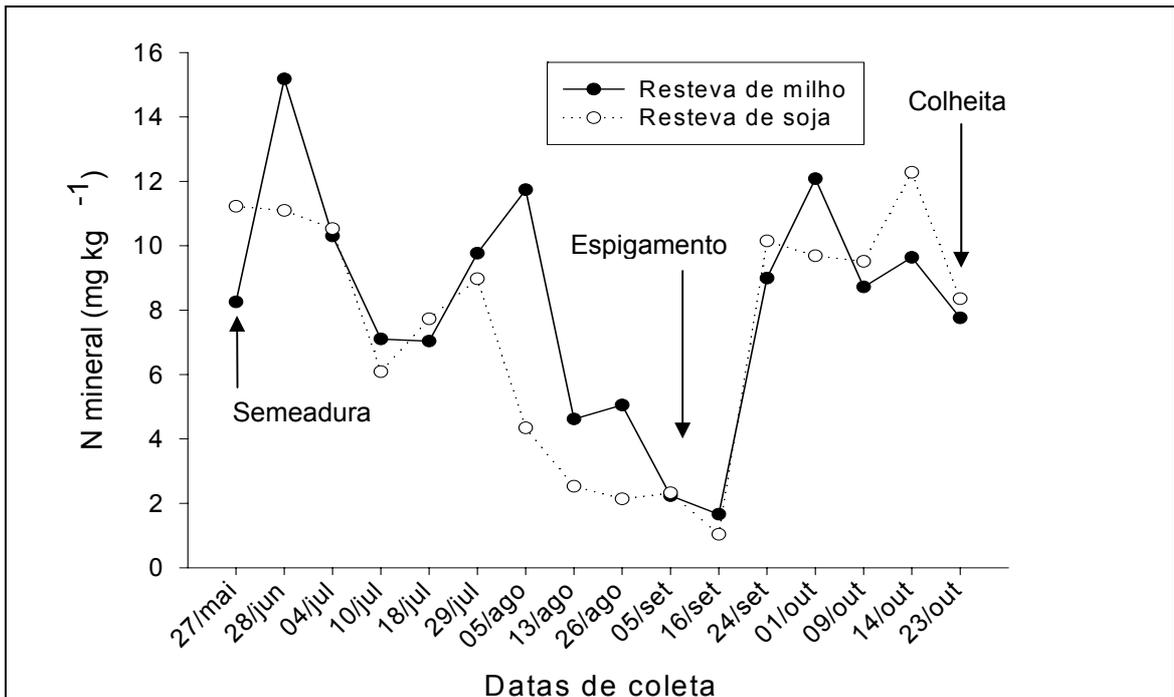
As coletas de solo durante o ciclo da cevada em área sob resteva de soja, no ano agrícola de 2003, em intervalos de um a três dias, mostraram valores variando de  $19,76 \text{ mg kg}^{-1}$  (setembro) a  $3,32 \text{ mg kg}^{-1}$  (junho), sendo que, na maioria dos dias, os valores foram inferiores a  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  (Figura 2 para o período entre emergência e afilhamento e Figura 3 para o período entre afilhamento e colheita). Já em 2002, as coletas semanais durante o ciclo mostraram valores de N mineral de  $1,65 \text{ mg kg}^{-1}$  (setembro) a  $15,17 \text{ mg kg}^{-1}$  (junho) para a área com resteva de milho e de  $1,03 \text{ mg kg}^{-1}$  (setembro) a  $12,28 \text{ mg kg}^{-1}$  (outubro) para a área com resteva de soja (Figura 4).



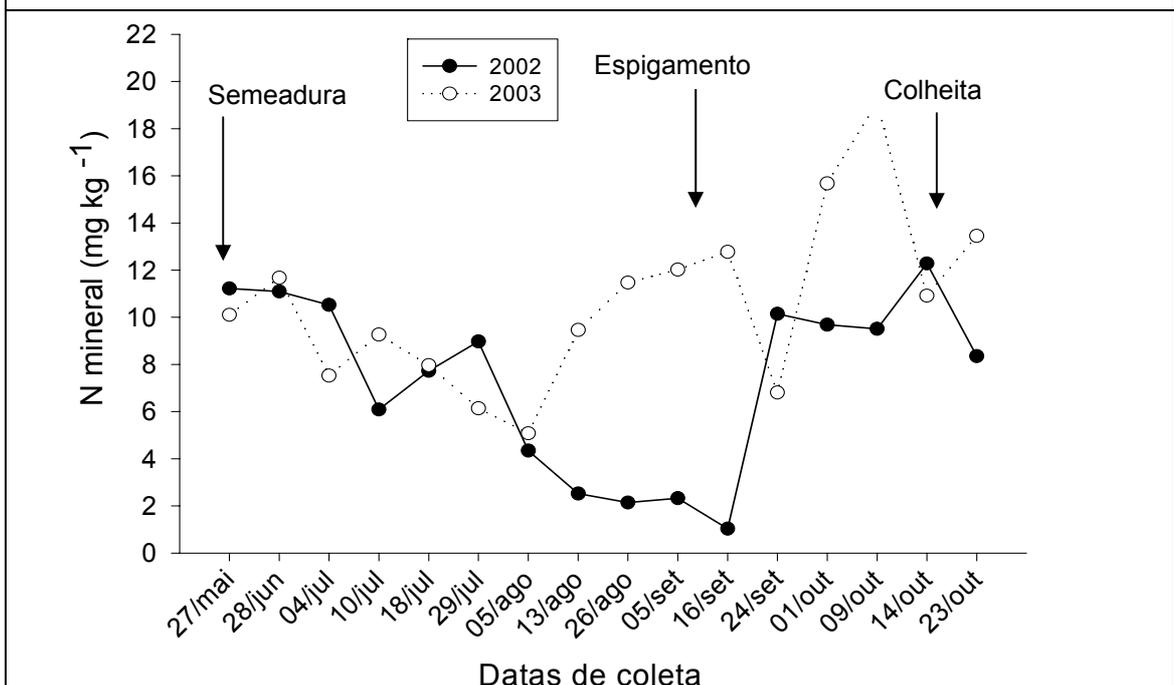
Os dados de N mineral tomando por base as amostragens semanais de solo em resteva de soja, para os anos agrícolas de 2002 e de 2003 foram sobrepostos na Figura 5. Eles mostraram que, na maioria das datas de coleta, os valores estavam acima de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  no ano de 2003, enquanto que em 2002 foram geralmente inferiores a este valor principalmente no período entre 13 de agosto a 16 de setembro, que coincidiu com o período de alongamento dos entrenós até o final do enchimento de grãos.



**FIGURA 3** – N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+$  +  $\text{NO}_3^-$ ) avaliado em área sob resteva de soja, no período entre afilhamento e colheita das plantas, no ano agrícola de 2003. EEA/ UFRGS – 2003.



**FIGURA 4** - N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) avaliado semanalmente durante o ciclo da cevada, em 2002 em áreas com restevas de milho e de soja. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.



**FIGURA 5** - N mineral no solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) avaliado semanalmente durante o ciclo da cevada em área sob resteva de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

## **4.2. Avaliações da absorção de N e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta**

As plantas foram avaliadas em duas fases críticas do ciclo de desenvolvimento da cultura. A primeira avaliação foi realizada na fase inicial do desenvolvimento dos afilhos, quando da aplicação das doses de N em cobertura. Nesta fase, as variáveis analisadas foram o desenvolvimento da comunidade, a massa seca e o N acumulado na parte aérea e o teor de N na parte aérea. A segunda avaliação foi no momento do aparecimento das inflorescências (espigamento). Nessa ocasião analisou-se a massa seca e o N acumulado na parte aérea e a concentração de N na massa seca da parte aérea.

No período compreendido entre espigamento e colheita de grãos avaliou-se a ocorrência do acamamento nos dois anos agrícolas.

### **4.2.1. Desenvolvimento da comunidade de planta no afilhamento**

O desenvolvimento da comunidade foi avaliado utilizando-se a escala de Haun (Haun, 1973) sobre plantas individuais existentes em área pré-determinada, seguido pela soma dos estádios de desenvolvimento destas plantas obtendo-se um valor expresso em unidades Haun m<sup>-2</sup>.

O tratamento sem aplicação de N nas áreas com resteva de milho apresentou valor de 1358 unidades Haun m<sup>-2</sup> para o ano de 2002, superior às 993 unidades Haun m<sup>-2</sup> do ano de 2003 (Tabela 6). Já em áreas sob resteva de soja, os valores de 151 unidades de Haun m<sup>-2</sup> em 2002 e de 1469 unidades de

**TABELA 6** – Características de plantas de cevada avaliadas no afilhamento em função de doses de N na semeadura em áreas sob resteva de milho nos anos agrícolas de 2002 e 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Características de planta	Anos			
	2002		2003	
<b>Desenvolvimento foliar (unidades Haun m<sup>-2</sup>)</b>				
Sem N	1358 b <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	100%	993 b <sup>1</sup> B <sup>2</sup>	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2102 ab A	155%	1231 b B	124%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2104 ab A	155%	1401 b B	141%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2148 ab A	158%	1951 a A	196%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2615 a A	192%	2083 a B	209%
<b>Média geral</b>	<b>2065</b>		<b>1531</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>22</b>		<b>13</b>	
<b>Massa seca da parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
Sem N	320 b A	100%	190 d B	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	358 b A	112%	302 c A	159%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	485 a A	150%	344 c B	181%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	556 a A	174%	530 b A	279%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	573 a A	180%	690 a A	363%
<b>Média geral</b>	<b>449</b>		<b>411</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>10</b>		<b>12</b>	
<b>N acumulado na parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
Sem N	9 c A	100%	3 c B	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	11 c A	137%	6 c B	200%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	14 b A	175%	5 c B	167%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	16 ab A	200%	11 b B	367%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	18 a A	225%	19 a A	633%
<b>Média geral</b>	<b>13</b>		<b>9</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>11</b>		<b>24</b>	
<b>Concentração de N na parte aérea (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Sem N	29 <sup>ns</sup> A	100%	13 b B	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	30 A	103%	18 b B	138%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	29 A	100%	16 b B	123%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	29 A	100%	20 ab B	154%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	31 A	107%	27 a A	208%
<b>Média geral</b>	<b>30</b>		<b>19</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>6</b>		<b>20</b>	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra (minúscula) na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula) na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>ns</sup> Análise de variância para doses de N não significativa, pelo F – teste a 5% de probabilidade.

Haun  $m^{-2}$  em 2003 não diferiram entre si para o tratamento sem aplicação de N (Tabela 7).

A adubação com  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura aumentou o desenvolvimento foilar das comunidades em 92% no ano de 2002 e em 109% no ano de 2003 nas áreas experimentais sob resteva de milho (Tabela 6). Sob resteva de soja, os aumentos foram de 89 e 70% para os anos de 2002 e de 2003, respectivamente (Tabela 7). Os maiores valores para as unidades Haun  $m^{-2}$  foram encontrados com a aplicação da dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura e no ano agrícola de 2002, para ambas as restevas.

A diferença de desenvolvimento entre anos agrícolas foi significativa apenas em áreas sob resteva de milho, para todos os tratamentos, com exceção para a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Tabela 6).

#### **4.2.2. Rendimento de massa seca da parte aérea**

##### **4.2.2.1. Avaliação no afilhamento**

O tratamento sem aplicação de N na semeadura resultou no menor acúmulo de massa seca da parte aérea entre os tratamentos testados nos anos agrícolas de 2002 e de 2003 (Tabelas 6 e 7). A massa seca da parte aérea mostrou acréscimos com o aumento das doses de N na semeadura, tanto nas áreas sob resteva de soja e de milho como nos dois anos agrícolas (Tabelas 6 e 7). No comparativo entre o tratamento sem utilização de N na semeadura e o tratamento com aplicação de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em áreas sob resteva de soja, os aumentos na massa seca, foram de 81% e 162%, respectivamente para os anos de 2002 e 2003 (Tabela 7). Já em áreas sob resteva de milho, na mesma

**TABELA 7** – Características de plantas de cevada avaliadas no afilhamento em função de doses de N na semeadura, em áreas sob resteva de soja nos anos agrícolas 2002 e 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Características de planta	Ano			
	2002		2003	
<b>Desenvolvimento foliar (unidades Haun m<sup>-2</sup>)</b>				
Sem N	1510 c <sup>1</sup> (ns)	100%	1469 b <sup>ns</sup>	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	1492 c	99%	1722 b	117%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2076 b	139%	1745 b	112%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2025 bc	136%	2020 ab	137%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	2819 a	189%	2490 a	170%
<b>Média geral</b>	<b>1984</b>		<b>1869</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>12</b>		<b>15</b>	
<b>Massa seca da parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
Sem N	349 d <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	100%	302 d A	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	323 cd A	92%	447 c A	148%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	454 bc A	140%	454 c A	150%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	470 ab B	145%	647 b A	214%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	584 a B	181%	793 a A	262%
<b>Média geral</b>	<b>436</b>		<b>529</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>12</b>		<b>10</b>	
<b>N acumulado na parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
Sem N	9 c A	100%	6 c A	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	9 c A	100%	10 c A	167%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	13 b A	144%	12 bc A	200%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	14 ab A	155%	17 b A	283%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	17 a B	189%	24 a A	400%
<b>Média geral</b>	<b>13</b>		<b>14</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>12</b>		<b>22</b>	
<b>Concentração de N na parte aérea (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Sem N	27 <sup>ns</sup>	100%	19 b <sup>ns</sup>	100%
20 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	29	107%	22 ab	116%
40 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	29	107%	27 ab	142%
60 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	30	111%	26 ab	137%
80 kg ha <sup>-1</sup> de N na semeadura	30	111%	31 a	163%
<b>Média geral</b>	<b>29</b>		<b>25</b>	
<b>C.V. (%)</b>	<b>7</b>		<b>20</b>	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula) na linha, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>ns</sup>Análise de variância, para doses de N e/ou para anos não significativa, pelo F – teste a 5% de probabilidade.

comparação de tratamentos, os aumentos foram de 80% para o ano de 2002 e 263% para o ano de 2003 (Tabela 6).

A análise conjunta nos dois anos agrícolas em áreas sob resteva de milho mostra que houve superioridade em 2002 em relação a 2003 para o tratamento sem N e a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> N (Tabela 6). Para as demais doses, o suprimento de N permitiu que as plantas cultivadas sob a resteva de milho acumulassem quantidades de massa seca similares entre os anos estudados.

A análise conjunta dos dados obtidos para a área com resteva de soja mostra diferença entre anos apenas nos tratamentos com aplicação das doses de 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Diferentemente da análise sob resteva de milho, as maiores médias para essas duas doses foram obtidas no ano de 2003 (Tabela 7).

#### **4.2.2.2. Avaliação no espigamento**

A massa seca obtida no espigamento foi baixa quando não se adicionou N (Tabela 8) e mostrou resposta diferenciada quando a aplicação de N foi feita na semeadura (resposta linear) ou no afilhamento (resposta quadrática), tanto em resteva de milho quanto em soja, com valores máximos próximos a 4500 kg ha<sup>-1</sup>, para o ano agrícola de 2002 (Figuras 6A e 6B). A resposta quadrática mostra que a aplicação de doses de N no afilhamento resultou em aumentos na massa seca até à dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, para a área com resteva de milho, e até 40 kg ha<sup>-1</sup> de N para a área sob resteva de soja (Tabela 9). Em 2002, a análise estatística na comparação dos coeficientes (b) das duas retas (Figuras 6A e 6B) mostrou que os rendimentos de massa

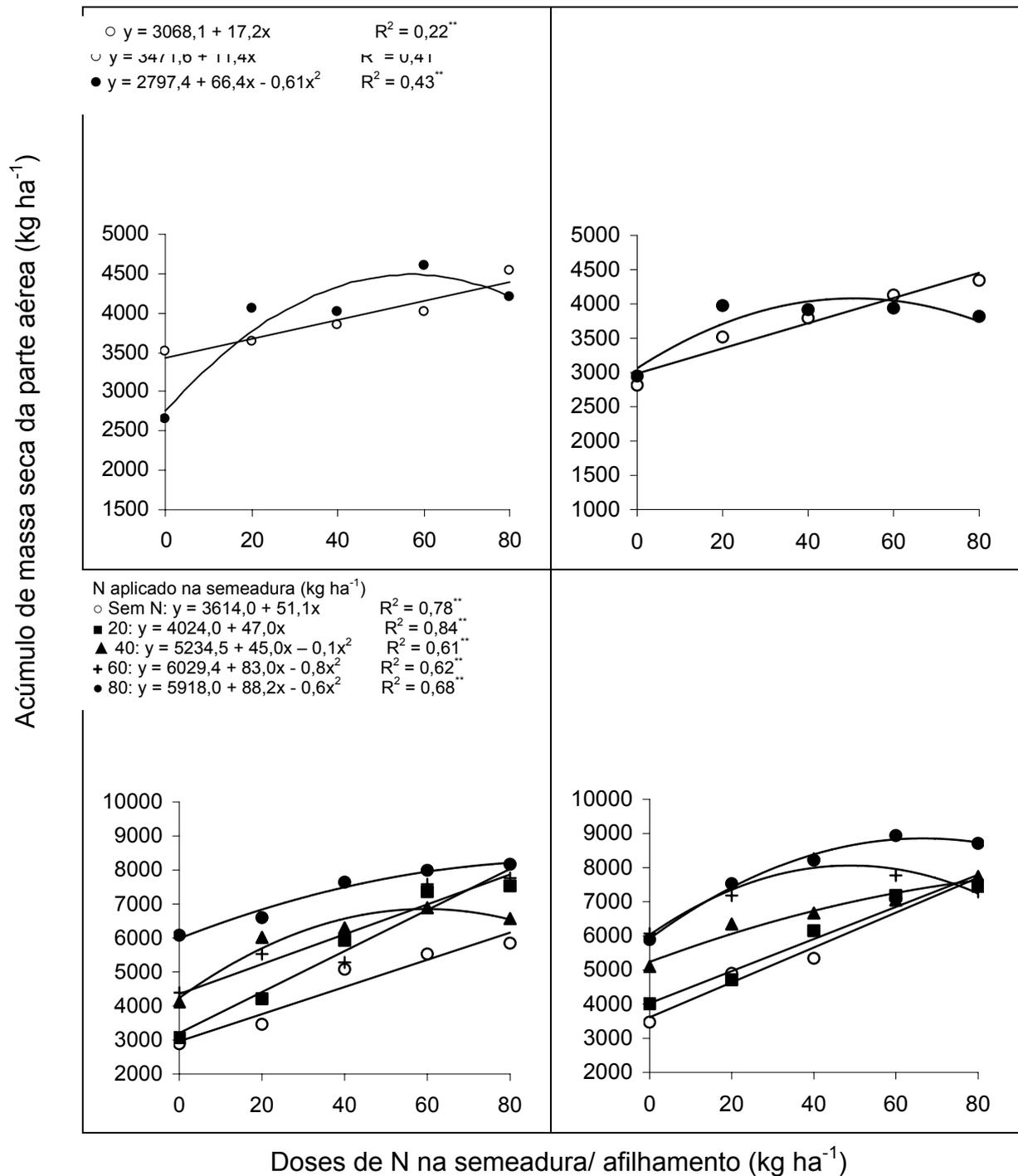
seca foram similares nas duas restevas com aumento das doses de N na semeadura.

A análise conjunta nos dois anos agrícolas em áreas sob resteva de milho mostra que houve superioridade em 2002 em relação a 2003 para o tratamento sem N e a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> N (Tabela 6). Para as demais doses, o suprimento de N permitiu que as plantas cultivadas sob a resteva de milho acumulassem quantidades de massa seca similares entre os anos estudados.

A análise conjunta dos dados obtidos para a área com resteva de soja mostra diferença entre anos apenas nos tratamentos com aplicação das doses de 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Diferentemente da análise sob resteva de milho, as maiores médias para essas duas doses foram obtidas no ano de 2003 (Tabela 7).

#### **4.2.2.2. Avaliação no espigamento**

A massa seca obtida no espigamento foi baixa quando não se adicionou N (Tabela 8) e mostrou resposta diferenciada quando a aplicação de N foi feita na semeadura (resposta linear) ou no afilhamento (resposta quadrática), tanto em resteva de milho quanto em soja, com valores máximos próximos a 4500 kg ha<sup>-1</sup>, para o ano agrícola de 2002 (Figuras 6A e 6B). A resposta quadrática mostra que a aplicação de doses de N no afilhamento resultou em aumentos na massa seca até à dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, para a área com resteva de milho, e até 40 kg ha<sup>-1</sup> de N para a área sob resteva de soja (Tabela 9). Em 2002, a análise estatística na comparação dos coeficientes (b) das duas retas (Figuras 6A e 6B) mostrou que os rendimentos de massa



**FIGURA 6** – Massa seca da parte aérea da cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, avaliada na época da emissão das espigas, em áreas sob restevras de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul -EEA/ UFRGS.

\*\* Ajuste dos dados a uma equação linear ou quadrática significativa a 0,01%, pelo F-teste.

**TABELA 9** - Características de plantas de cevada avaliadas no espigamento e na maturação com aplicação de doses de N na sementeira, sob restegas de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

<b>Época de avaliação</b>	<b>Resteva</b>			
<b>Espigamento</b>	<b>Soja</b>		<b>Milho</b>	
<b>Concentração de N (g kg<sup>-1</sup>)</b>				
Doses de N na sementeira kg ha <sup>-1</sup>	2002	2003	2002	2003
Sem N	8,15 <sup>ns</sup>	8,29 <sup>ns</sup>	8,00 <sup>ns</sup>	8,57 <sup>ns</sup>
20	14,16	12,90	14,80	10,85
40	16,09	10,58	12,30	12,73
60	15,12	11,83	12,70	13,10
80	14,78	11,83	16,71	9,90
<b>N acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Soja</b>		<b>Milho</b>	
Doses de N na sementeira kg ha <sup>-1</sup>	2002	2003	2002	2003
Sem N	12 b <sup>1</sup>	29 c <sup>1</sup>	23 b <sup>1</sup>	25 b <sup>1</sup>
20	30 a	40 cb	34 ba	33 ba
40	54 a	54 cba	30 ba	52 ba
60	56 a	62 ba	35 ba	59 a
80	54 a	69 a	50 a	60 a
<b>Massa seca (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Soja</b>		<b>Milho</b>	
Doses de N na sementeira kg ha <sup>-1</sup>	2002	2003	2002	2003
Sem N	2000 b <sup>1</sup>	3470 b <sup>1</sup>	2670 <sup>ns</sup>	2890 b <sup>1</sup>
20	2070 b	4010 ba	2410	3070 b
40	3420 a	5100 a	2400	4120 ba
60	3780 a	6070 a	2870	4390 ba
80	3870 a	5890 a	3190	6080 a
<b>Maturação</b>	<b>Soja</b>		<b>Milho</b>	
<b>Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
Doses de N na sementeira kg ha <sup>-1</sup>	2002	2003	2002	2003
Sem N	1510 c <sup>1</sup>	2250 c <sup>1</sup>	1570 <sup>ns</sup>	2060 b <sup>1</sup>
20	1420 c	2890 b	1710	2170 b
40	1750 cb	3090 b	1820	2560 b
60	1880 ba	3620 a	1940	2540 b
80	2120 a	3470 a	1960	3430 a

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>ns</sup> Diferença entre doses de N não significativa

seca foram similares nas duas restevas com aumento das doses de N na semeadura.

A resposta das plantas à adição de N foi similar nas duas restevas quando se procedeu a comparação dos coeficientes (b) das regressões lineares e quadráticas das Figuras 6C e 6D.

A análise conjunta dos dados mostra diferenças para acúmulo de massa seca para doses de N na semeadura (médias das doses de N no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N na semeadura) entre os anos 2002 e 2003, sendo os maiores valores obtidos em 2003 para ambas as restevas (Tabela 11).

#### **4.2.3. N acumulado na parte aérea**

##### **4.2.3.1. Avaliação no afilhamento**

As plantas acumularam pouco N na parte aérea no tratamento sem N, em especial na área sob resteva de milho (Tabelas 6 e 7). A aplicação de doses crescentes de N na semeadura resultou em acréscimos sucessivos no N acumulado, especialmente em 2003, quando os incrementos, em relação ao tratamento sem N atingiram 533% na área sob resteva de milho e 300% na área sob resteva de soja (Tabelas 6 e 7).

A comparação entre anos na área sob resteva de milho (Tabela 6) mostra que mais N foi acumulado no ano agrícola de 2002, com exceção do tratamento com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup>. Na área sob resteva de soja (Tabela 7), não ocorreram diferenças entre anos para o N acumulado, com uma única exceção (80 kg ha<sup>-1</sup> de N), em que a média foi maior no ano de 2003.

**TABELA 11** – Massa seca (kg ha<sup>-1</sup>) acumulada na parte aérea da cevada no espigamento, em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

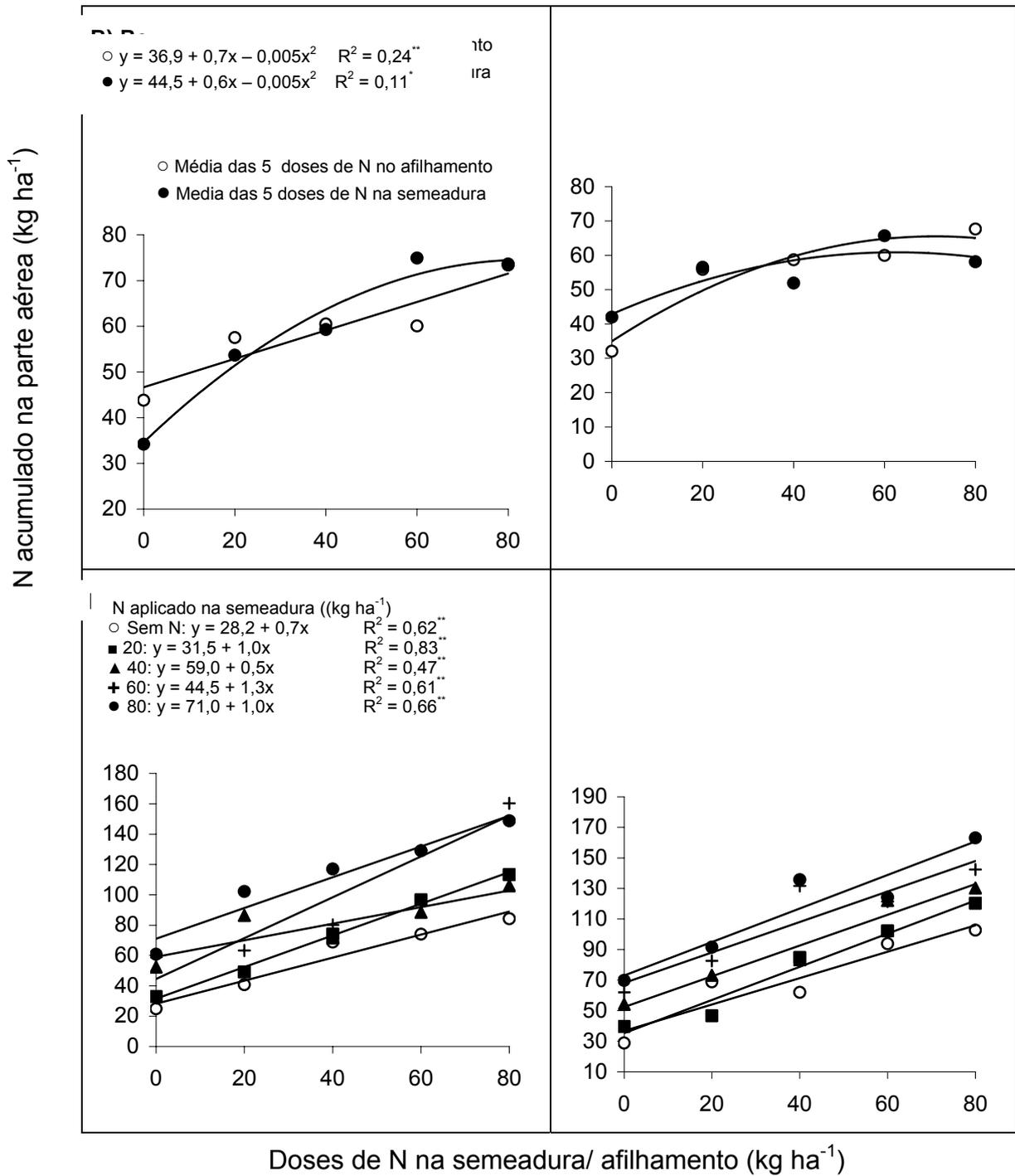
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Restevas				
	Aplicadas na semeadura	Soja		Milho	
		2002	2003	2002	2003
Sem N		3100 B <sup>1</sup>	5660 A	3620 B	4560 A
20		3480 B	5710 A	3500 B	5620 A
40		3800 B	6580 A	3830 B	5980 A
60		4180 B	7310 A	4020 B	6110 A
80		4370 B	7860 A	4530 B	7300 A
	Aplicadas no afilhamento	2002	2003	2002	2003
Sem N		3040 B	4710 A	2690 B	4110 A
20		3960 B	6130 A	4020 B	4560 A
40		3860 B	6930 A	4070 B	6050 A
60		4010 B	7070 A	4580 B	7070 A
80		3870 B	7740 A	4160 B	7180 A
<b>Média geral</b>		<b>3790</b>	<b>6620</b>	<b>3960</b>	<b>5910</b>
<b>CV (%)</b>		<b>10</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>13</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha, dentro de cada resteva, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

#### 4.2.3.2. Avaliação no espigamento

A avaliação de N no espigamento mostra que o efeito simples do N no afilhamento ocasionou acréscimos no N acumulado até  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , para a área sob resteva de milho (Figura 7A). Os efeitos simples das aplicações de doses de N na semeadura mostraram resposta linear (Figura 7A). Com a aplicação de doses de N na semeadura ou no afilhamento, as plantas absorveram ao redor de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  e de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  para as respectivas áreas de milho e de soja (Figuras 7A e 7B).

Em resteva de soja, os efeitos simples da adição de doses de N na semeadura ou no afilhamento não foram lineares, constatando-se aumentos somente até à aplicação da dose de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 7B). No ano agrícola de 2003, com adição de N somente na semeadura as plantas absorveram, até o período da emissão das espigas, aproximadamente  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  para a área sob resteva de milho e  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  para a área sob resteva de soja (Figuras 7C e 7D). A adição de doses de N no afilhamento determinou aumentos lineares no N acumulado em todas as doses de N aplicadas na semeadura, nas duas áreas. Os maiores valores de N acumulado situaram-se ao redor de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  e foram obtidos com a aplicação de  $80 + 80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (semeadura + afilhamento) nas duas áreas. No ano de 2003, os incrementos obtidos com o aumento das doses de N no afilhamento foram similares nas duas restevas, analisado pela comparação dos coeficientes (b) das retas das Figuras 7C e 7D. Em 2002, a comparação entre os coeficientes (b) das retas das Figuras 7A e 7B mostrou que o acréscimo no N acumulado com a aplicação de N na semeadura (média das doses de N no afilhamento) também foi similar entre as restevas.



**FIGURA 7** – N acumulado na parte aérea da cevada em função de doses de N na sementeira e no afilhamento, avaliado na época da emissão das espigas, em áreas sob resteevas de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul – EEA UFRGS.

A análise comparativa do N aplicado no afilhamento entre os dois anos agrícolas não mostrou diferenças, até à dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, para as duas restevas (Tabela 12). Para as outras doses, o incremento foi maior em 2003 (Tabela 12). O N aplicado na semeadura ocasionou maior acúmulo de N na parte aérea em 2003 em relação a 2002, nas duas restevas, com exceção da aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup>, que não diferiu entre os anos para a resteva de milho (Tabela 12).

#### **4.2.4. Concentração de N na parte aérea**

##### **4.2.4.1. Avaliação no afilhamento**

Das características de planta avaliadas no afilhamento, a concentração de N na parte aérea foi a única que não diferiu entre as doses de N aplicadas na semeadura no ano agrícola de 2002 sob as restevas de milho e de soja (Tabelas 6 e 7). Isso indica que a planta atingiu níveis de suprimento de N adequados para seu desenvolvimento, no período entre emergência e adubação de N no afilhamento, mesmo sem suplementação externa de N. Já no ano agrícola de 2003, o tratamento sem aplicação de N na semeadura resultou nas menores concentrações de N na parte aérea, observando-se valores de 13 g kg<sup>-1</sup> e 19 g kg<sup>-1</sup>, para as áreas sob resteva de milho e soja, respectivamente. Em 2003 houve aumentos significativos na concentração de N na parte aérea com aplicação de doses crescentes de N na semeadura (Tabelas 6 e 7).

Para esta característica, os anos agrícolas de 2002 e de 2003 diferiram entre si, somente na área sob resteva de milho (Tabela 6), ocorrendo similaridade entre anos sob resteva de soja (Tabela 7). As maiores médias foram

**TABELA 12** – N acumulado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na massa seca da parte aérea da cevada no espigamento, em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Restevas			
	Soja		Milho	
Aplicação na semeadura	2002	2003	2002	2003
Sem N	30 B <sup>1</sup>	70 A	40 B	60 B
20	50 B	80 A	50 B	70 B
40	60 B	90 A	60 B	80 A
60	60 B	110 A	60 B	90 A
80	70 B	120 A	70 B	110 A
Aplicação no afilhamento	2002	2003	2002	2003
Sem N	40 B	50 B	30 B	50 B
20	60 B	70 B	50 B	70 B
40	50 B	100 A	60 B	80 A
60	70 B	110 A	70 B	100A
80	60 B	130 A	70 B	120 A
<b>Média geral</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>60</b>	<b>80</b>
<b>CV (%)</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>20</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha, dentro de cada resteva, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

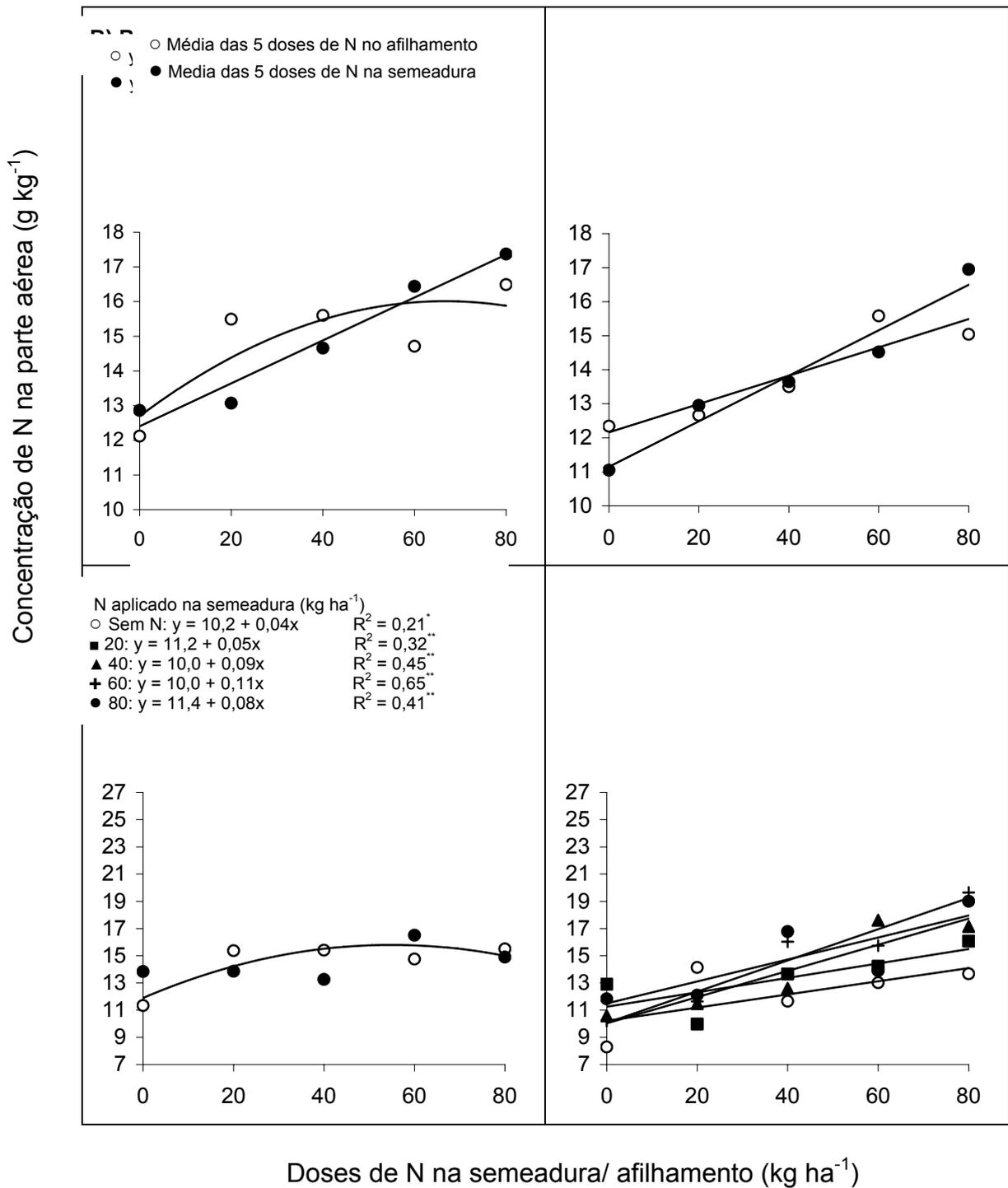
obtidas no ano de 2002, não havendo diferença entre anos apenas com a aplicação de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura (Tabela 6).

#### **4.2.4.2. Avaliação no espigamento**

A concentração de N na massa seca no espigamento teve aumento linear (Figuras 8A e 8B) e de similar magnitude (coeficientes (b) das retas da Figura 8B, quando comparados estatisticamente, não diferiram entre si) com o aumento das doses de N no afilhamento, em área sob resteva de milho, no ano de 2002 e 2003. A resposta à aplicação de doses de N na semeadura foi linear em 2003 e quadrática em 2002 (Figuras 8A e 8B). Os valores de concentração de N observados em áreas sob resteva de milho variaram de 12 a  $18 \text{ g kg}^{-1}$  no ano de 2002 e de 11 a  $17 \text{ g kg}^{-1}$  no ano de 2003 (Figuras 8A e 8B e Tabelas 8, 9 e 10).

A área sob resteva de soja, no ano de 2002, não apresentou aumentos na concentração de N no tecido, com a aplicação de doses de N no afilhamento (Figura 8C). Com o N aplicado na semeadura, os incrementos ocorreram com a aplicação de até  $40 \text{ kg}$  de N na semeadura. Os valores para o ano de 2002 permaneceram ao redor de  $15 \text{ g kg}^{-1}$  e para o ano de 2003 até  $20 \text{ g kg}^{-1}$ . Em 2003, a concentração de N aumentou linearmente com a aplicação de N no afilhamento para cada tratamento de N aplicado na semeadura (Figura 8D).

A concentração de N no tecido foi similar entre anos, para a área sob resteva de soja, com exceção apenas para o tratamento sem aplicação de N no afilhamento (Tabela 13). Em áreas sob resteva de milho, na média dos anos, a concentração de N foi superior em 2002 (Tabela 13).



**FIGURA 8** – Concentração de N na massa seca da parte aérea da cevada em função de doses de N na sementeira e no afilhamento, avaliada na época da emissão das espigas, em áreas sob restevras de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado

\* Ajuste dos dados a uma equação linear significativa a 0,05%, pelo F-teste.

\*\* Ajuste dos dados a uma equação linear ou quadrática significativa a 0,01%, pelo F-teste.

**TABELA 13** – Concentração de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na massa seca da parte aérea da cevada no espigamento, em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Restevas			
	Soja		Milho	
Aplicação na semeadura	2002	2003	2002	2003
0	11,4 <sup>ns</sup>	12,1 <sup>ns</sup>	12,0 <sup>ns</sup>	12,3 <sup>ns</sup>
20	15,3	13,3	15,2	12,6
40	15,4	13,8	15,6	13,5
60	14,5	14,6	14,6	15,5
80	15,5	14,7	16,6	15,1
Aplicação no afilhamento	2002	2003	2002	2003
0	14,0 A <sup>1</sup>	10,7 B <sup>1</sup>	12,9 <sup>2</sup>	11,1 <sup>2</sup>
20	13,9 B	11,8 B	12,8	12,9
40	13,2 B	14,1 B	14,5	13,6
60	16,4 B	14,8 B	16,4	14,5
80	15,0 B	17,1 B	17,4	16,9
<b>Média geral</b>	<b>14,60</b>	<b>13,76</b>	<b>14,90 A<sup>3</sup></b>	<b>13,8 B</b>
<b>CV (%)</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>21</b>

<sup>ns</sup> Análise de variância para a interação (ano x dose de N na semeadura) não significativa pelo F – teste.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>2</sup> Análise de variância para a interação (ano x dose de N no afilhamento) não significativa pelo F – teste.

<sup>3</sup> Médias na linha, dentro da resteva de milho, comparam anos pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

#### **4.2.5. Acamamento de plantas**

No ano agrícola de 2002, para ambas as restevas, o início do acamamento foi observado quando os grãos das plantas se encontravam no estágio de massa mole. Já no ano de 2003, o acamamento iniciou quando os grãos das plantas ainda estavam no estágio de grão leitoso na área sob resteva de soja, e no estágio de massa dura, na área sob resteva de milho. Em geral, as plantas cultivadas sob resteva de soja acamaram mais no ano agrícola de 2003 (Tabela 14) e as plantas cultivadas em resteva de milho tiveram maior acamamento no ano de 2002 (Tabela 14).

O percentual de plantas acamadas aumentou com o aumento das doses de N na semeadura e no afilhamento para a área sob resteva de soja no ano de 2003, atingindo os maiores valores (até 65%) nos tratamentos com altas doses de N (Tabela 14). O percentual máximo de acamamento (até 40%) observado na área sob resteva de milho foi no ano agrícola de 2002 com altas doses de N (Tabela 14).

#### **4.2.6. Índice de colheita e rendimento biológico aparentes e estatura de planta**

O índice de colheita não foi afetado pelas doses de N aplicadas tanto na semeadura como no afilhamento (Apêndice 1). Os índices de colheita médios obtidos foram de 36% e de 35%, respectivamente nas áreas sob resteva de milho e de soja.

**TABELA 14** – Acamamento (%) de planta de cevada com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevras de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Restevas			
Semeadura	Afilhamento	Soja		Milho	
		2002	2003	2002	2003
Sem N	Sem N	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	0 a <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	0 <sup>3</sup> A
	20	0	0	0 a A	0 A
	40	0	0	0 a A	0 A
	60	0	0	15 b B	0 A
	80	0	0	20 b B	0 A
20	Sem N	0 a A	0 A	10 ab A	0 A
	20	0 a A	0 A	0 a A	0 A
	40	0 a A	15 B	0 a A	0 A
	60	5 b B	0 A	20 b B	0 A
	80	20 b B	0 A	25 c B	0 A
40	Sem N	0 a A	0 a A	0 a A	0 A
	20	0 a A	0 a A	0 a A	0 A
	40	0 a A	0 a A	0 a A	0 A
	60	0 a A	45 b B	0 a A	0 A
	80	15 b A	30 b B	20 b B	0 A
60	Sem N	0 a A	0 a A	0 a A	0 a A
	20	0 a A	0 a A	0 a A	0 a A
	40	0 a A	20 b B	0 a A	0 a A
	60	20 b A	45 c B	0 a A	5 b B
	80	20 b A	65 d B	40 b B	20 b A
80	Sem N	0 a A	0 a A	0 a A	0 a A
	20	0 a A	0 a A	0 a A	0 a A
	40	0 a A	45 c B	0 a A	0 a A
	60	20 b A	25 b A	25 b B	0 a A
	80	20 b A	50 c B	25 b B	20 b B
<b>Média</b>		<b>5</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
<b>CV (%)</b>		<b>54</b>	<b>44</b>	<b>53</b>	<b>57</b>

<sup>ns</sup> Não houve diferença significativa entre anos.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si para cada resteva, dentro de cada nível de N na semeadura .

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si para cada resteva, dentro dos níveis de N na semeadura e no afilhamento para os dois anos.

<sup>3</sup> Não houve diferença significativa entre os níveis de N no afilhamento.

O rendimento biológico aparente (massa seca da parte aérea na colheita) aumentou com o aumento das doses de N no afilhamento, para as duas restevas (Apêndice 2). Os rendimentos médios obtidos foram de 6590 kg ha<sup>-1</sup> para a área sob resteva de soja e de 6310 kg ha<sup>-1</sup> para a área sob resteva de milho. Os incrementos nas doses de N na semeadura aumentaram o rendimento biológico somente na área sob resteva de milho (Apêndice 2).

Na área sob resteva de milho a estatura de plantas aumentou, à medida que aumentaram as doses de N, tanto na semeadura como no afilhamento (Tabela 15), atingindo em média, 84 cm. Na área sob resteva de soja, observou-se interação entre as doses de N na semeadura e no afilhamento e houve acréscimos na estatura à medida que se incrementou as doses de N no afilhamento dentro de cada dose de N na semeadura (Tabela 15).

#### **4.2.7. Rendimento de grãos**

Na área sob resteva de milho em 2002, o rendimento de grãos mostrou resposta quadrática à aplicação de N no afilhamento (Figura 9A), mas não foi alterado pela aplicação de N na semeadura (Tabela 9), atingindo valores máximos de rendimento de grãos ao redor de 3000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 9A e Tabela 9). Neste mesmo ano, sob resteva de soja, o rendimento de grãos aumentou linearmente com o aumento das doses de N no afilhamento (dentro de cada dose de N na semeadura) chegando a valores próximos a 3500 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 9B).

Em 2003, sob as duas restevas, houve interação entre doses de N aplicadas na semeadura e no afilhamento (Figuras 9C e 9D). Observaram-se

**TABELA 15** – Estatura (cm) de planta de cevada em função de doses de N aplicadas na sementeira e no afileamento, em áreas sob restevras de soja e de milho, no ano agrícola de 2002. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

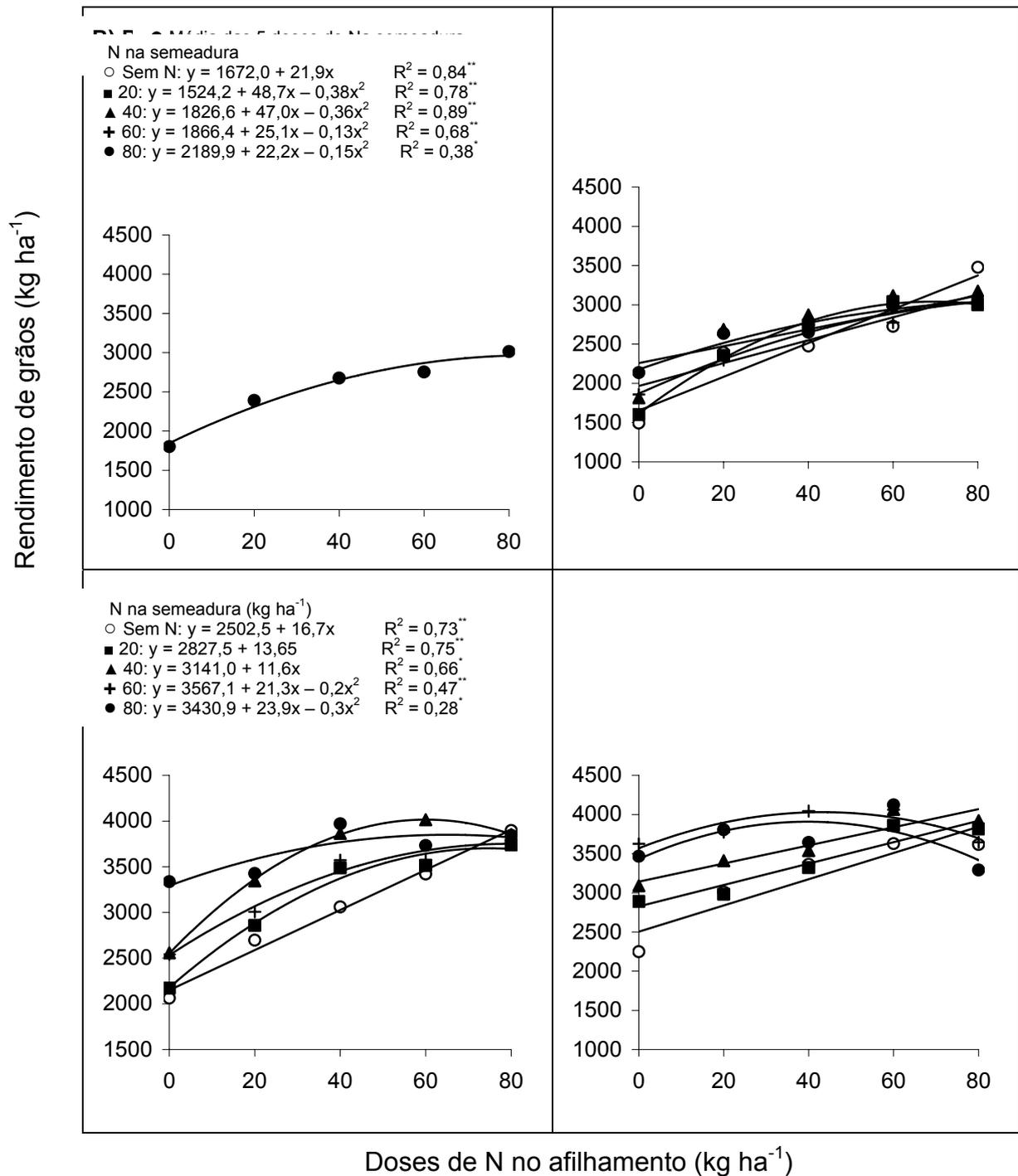
<b>Estatura de planta sob resteva de milho</b>					
Doses de N no afileamento (kg ha <sup>-1</sup> )		Médias	Doses de N na sementeira (kg ha <sup>-1</sup> )		Médias
Sem N		74 c <sup>(1) (2)</sup>	Sem N		80 b <sup>(2) (3)</sup>
20		82 b	20		82 b
40		84 b	40		85 a
60		89 a	60		87 a
80		92 a	80		87 a
<b>Média geral</b>		<b>84</b>			
<b>CV (%)</b>		<b>4</b>			
<b>Estatura de planta sob resteva de soja</b>					
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Médias	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Médias
Sementeira	Afileamento		Sementeira	Afileamento	
Sem N		65 c <sup>4</sup>	Sem N		91 b
20		76 b	20		81 b
Sem N	40	77 b	60	40	86 a
	60	83 a		60	88 a
	80	86 a		80	89 a
20		71 b	Sem N		78 b
20		75 b	20		83 b
20	40	82 a	80	40	89 a
	60	85 a		60	91 a
	80	86 a		80	92 a
40		71 c	Sem N		78 b
40		80 b	20		83 b
40	40	80 b	40		89 a
	60	85 a	60		91 a
	80	89 a	80		92 a
<b>Média geral</b>		<b>82</b>			
<b>CV (%)</b>		<b>2</b>			

<sup>1</sup> Médias das doses de N na sementeira.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada dose de N, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>3</sup> Médias das doses de N no afileamento.

<sup>4</sup> Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada dose de N na sementeira, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.



**FIGURA 9** – Rendimento de grãos de cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevras de milho e de soja nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

\* Ajuste dos dados a uma equação linear ou quadrática significativa a 0,05%, pelo F-teste.

\*\* Ajuste dos dados a uma equação linear ou quadrática significativa a 0,01%, pelo F-teste.

aumentos no rendimento de grãos, com o aumento das doses de N no afilhamento de até  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  nas respostas quadráticas. No tratamento sem adição de N na semeadura ocorreu resposta linear (Figuras 9C e 9D). Em 2003, os valores de rendimento de grãos ultrapassaram  $4000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O rendimento de grãos obtido em 2003 sob resteva de milho foi superior ao de 2002, tanto para as doses de N aplicadas na semeadura, como para aquelas aplicadas no afilhamento (Tabela 16). Na área sob resteva de soja o rendimento de grãos também foi superior em 2003 para a maioria dos tratamentos, incluindo o tratamento sem aplicação de N (Tabelas 8 e 17). A aplicação das doses de 40, 60 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na semeadura, combinadas com a dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no afilhamento, proporcionou rendimentos similares entre os dois anos estudados. Isso ocorreu porque em 2003, sob resteva de soja, houve redução no rendimento de grãos quando essas doses foram aplicadas.

#### **4.2.8. Classificação, teor de proteína e peso do grão**

A percentagem de grãos classificados como de primeira qualidade, na área sob resteva de soja e de milho, diminuiu à medida que se aumentaram as doses de N no afilhamento, nos dois anos agrícolas (Apêndice 3). As doses de N aplicadas na semeadura não influenciaram a percentagem de grãos de primeira qualidade na área sob resteva de soja, nos dois anos agrícolas, e na área sob resteva de milho no ano de 2003 (Apêndice 3).

Em 2002, o teor de proteína permaneceu abaixo do teor máximo tolerado para o processo de malteação da cevada, nas duas restevas (Figuras

**TABELA 16** – Rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de cevada com doses de N na semeadura e no aphilamento, em áreas sob restevas de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

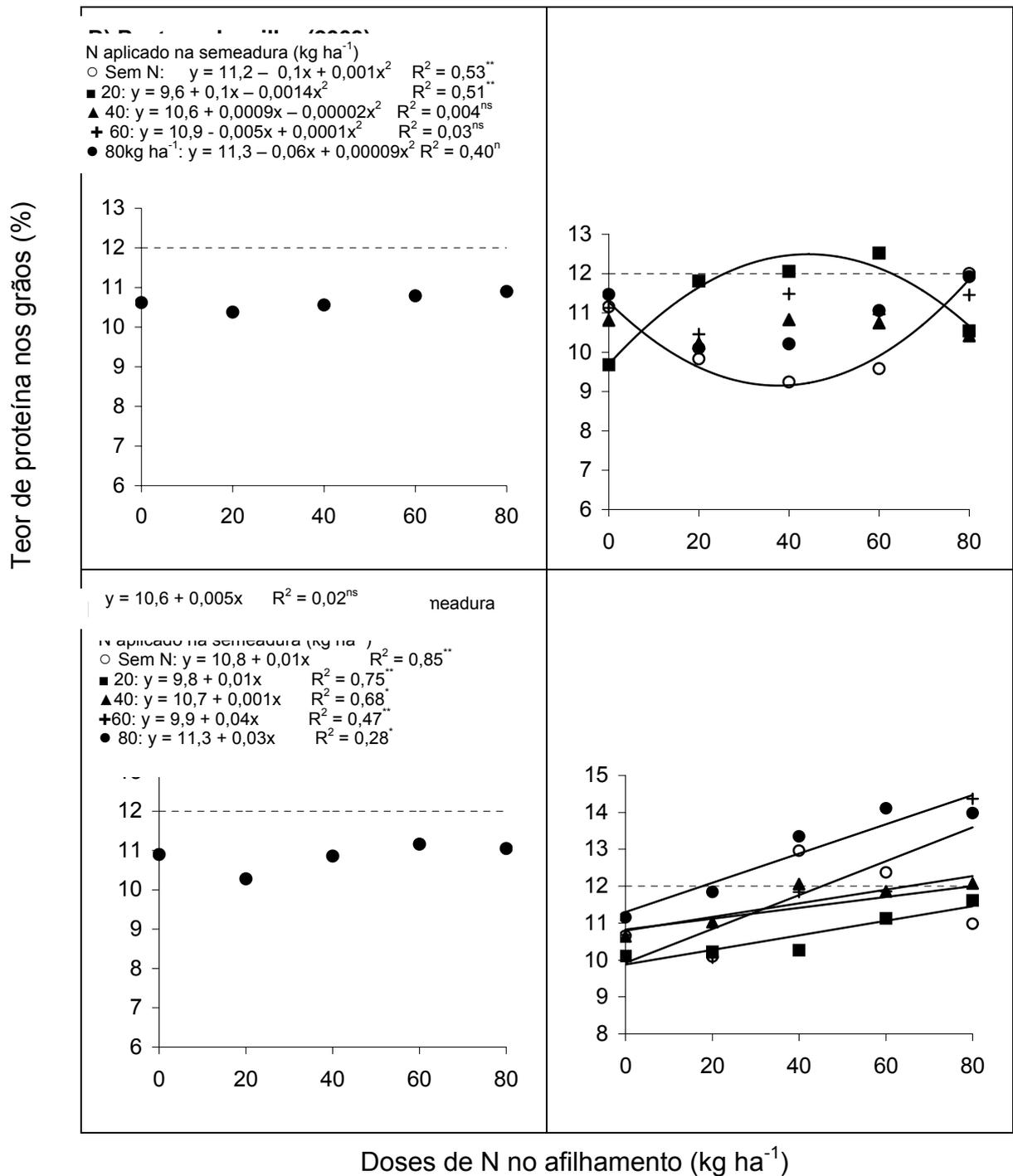
Rendimento de grãos sob resteva de milho							
Doses de N no aphilamento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Anos		Doses de N na semeadura ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Anos	
		2002	2003			2002	2003
Sem N		2510 B <sup>(1)(2)</sup>	2990 A	Sem N		1800 B <sup>(2)(3)</sup>	2530 A
20		2410 B	3150 A	20		2390 B	3060 A
40		2540 B	3530 A	40		2680 B	3590 A
60		2550 B	3290 A	60		2750 B	3620 A
80		2620 B	3660 A	80		3010 B	3820 A
<b>Média geral</b>						<b>2530</b>	<b>3330</b>
<b>CV (%)</b>						<b>12</b>	<b>5</b>
Rendimento de grãos sob resteva de soja							
Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Anos		Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Anos	
Semeadura	Aphilamento	2002	2003	Semeadura	Aphilamento	2002	2003
	Sem N	1510 B <sup>4</sup>	2250 A		Sem N	1880 B	3620 A
	20	2390 B	3010 B		20	2300 B	3770 A
Sem N	40	2520 B	3090 B	60	40	2630 B	4040 A
	60	2840 B	3630 A		60	2980 B	4060 A
	80	3480 B	3610 B		80	3030 B	3640 B
	Sem N	1420 B	2890 A		Sem N	2120 B	3470 A
	20	2420 B	2980 B		20	2760 B	3800 A
20	40	2940 B	3320 B	80	40	2640 B	3640 A
	60	2880 B	3860 A		60	3010 B	4120 A
	80	3040 B	3810 A		80	2950 B	3290 B
	Sem N	1750 B	3090 A				
	20	2810 B	3410 B				
40	40	3020 B	3540 B				
	60	3290 B	4060 A				
	80	3310 B	3920 B				
<b>Média geral</b>						<b>2640</b>	<b>3530</b>
<b>CV (%)</b>						<b>10</b>	<b>5</b>

<sup>1</sup> Média das doses de N na semeadura.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra, na linha (comparam anos na média das doses de N) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>3</sup> Média das doses de N no aphilamento.

<sup>4</sup> Médias seguidas da mesma letra na linha (comparam anos dentro dos níveis de N na semeadura e no aphilamento) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.



**FIGURA 10** – Teor de proteína nos grãos de cevada em função de doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevras de milho e de soja, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

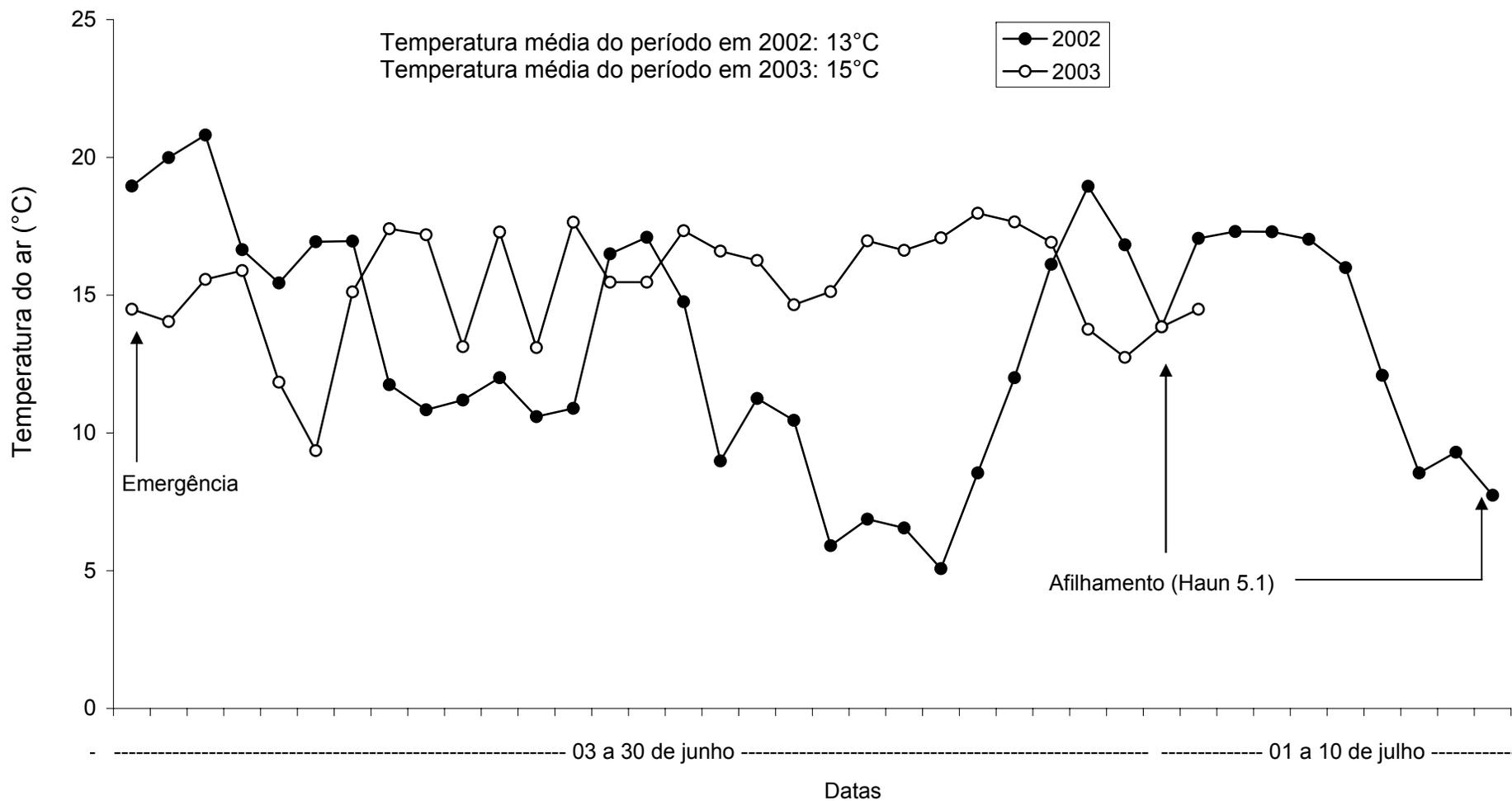
\*\* Ajuste dos dados a uma equação linear ou quadrática significativa a 0,01%, pelo F-teste.

10A e 10B). Já no ano de 2003 houve acréscimo do teor de proteína com o aumento das doses de N no afilhamento, para a área sob resteva de soja (Figura 10D). Em 2003, na área sob resteva de milho, houve pequeno acréscimo com a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura combinado com a aplicação de 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> no afilhamento (Figura 10D).

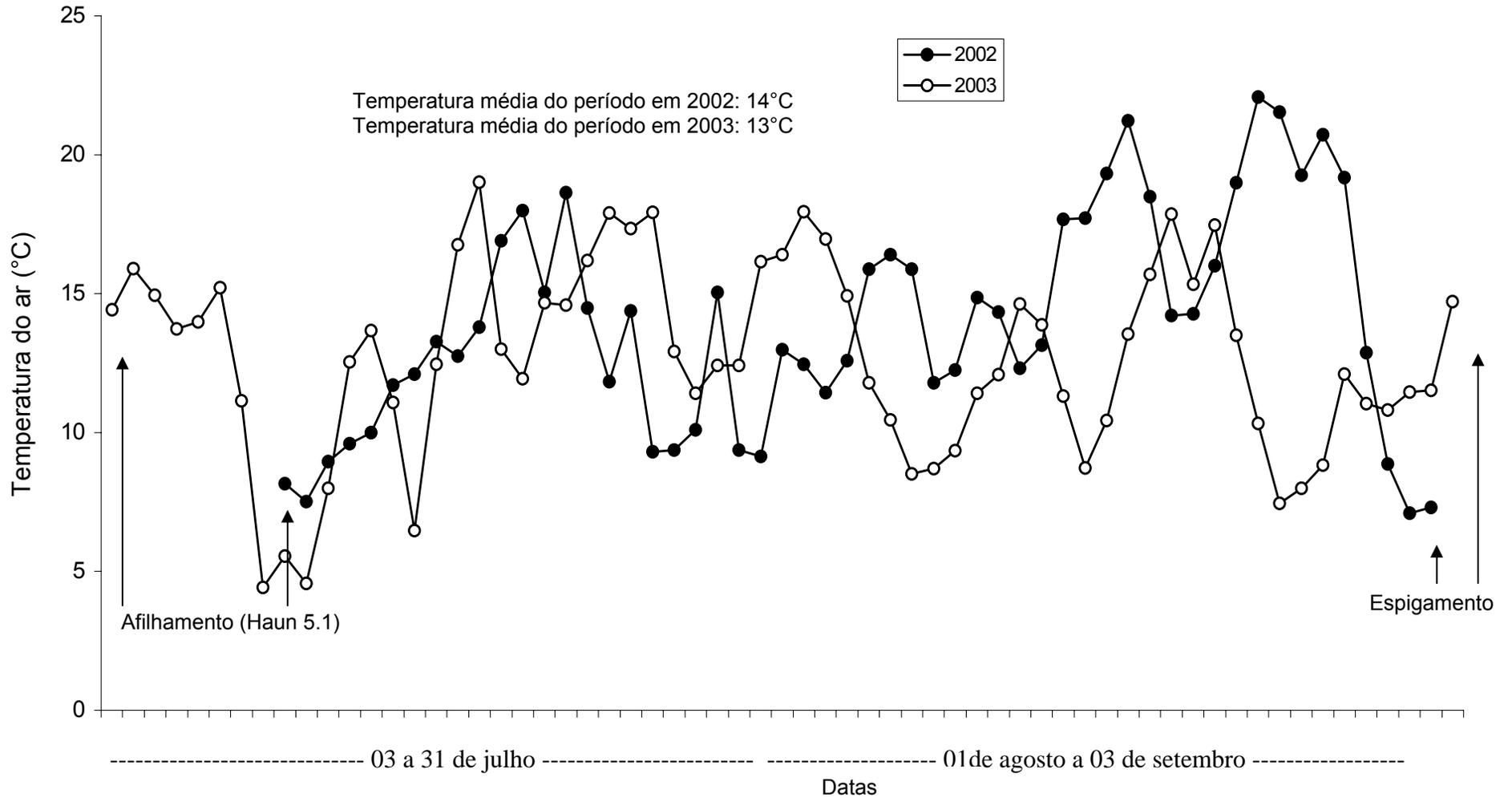
O peso do grão, para ambas as restevas, não apresentou diferenças entre as doses de N aplicadas na semeadura e no afilhamento. Apenas os tratamentos sem aplicação de N na semeadura interagiram com as doses no afilhamento (Apêndice 4).

#### **4.3. Dados meteorológicos do local de execução dos experimentos**

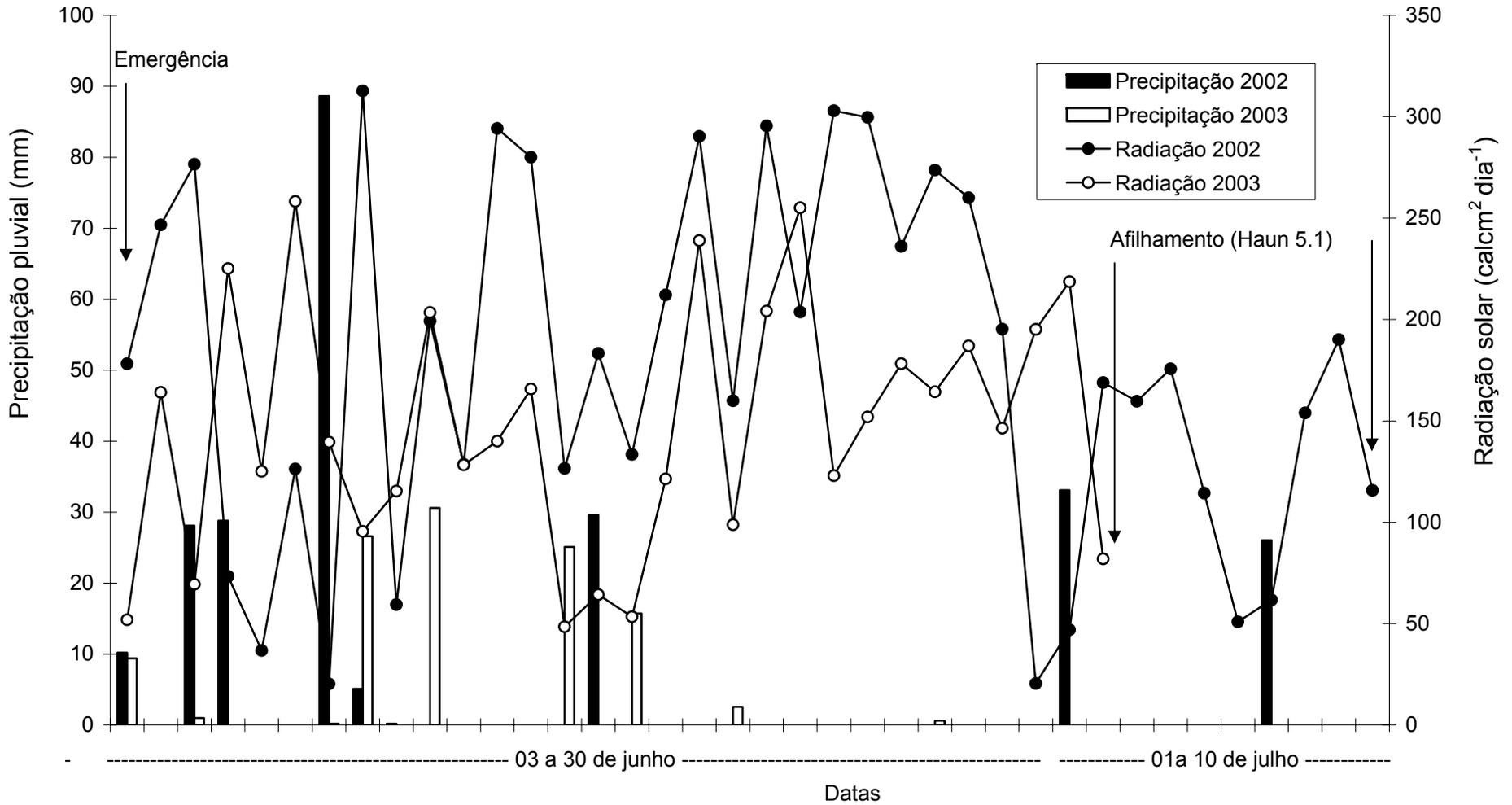
Os dados meteorológicos nos anos de 2002 e de 2003 foram obtidos da base física do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia na EEA/ UFRGS, distante ± 2 km da área experimental. Utilizou-se a temperatura média do ar (°C) (Figuras 11 e 12), a radiação solar global (calcm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) e a precipitação pluvial (mm) (Figuras 13 e 14) relativas a estação de crescimento da cultura.



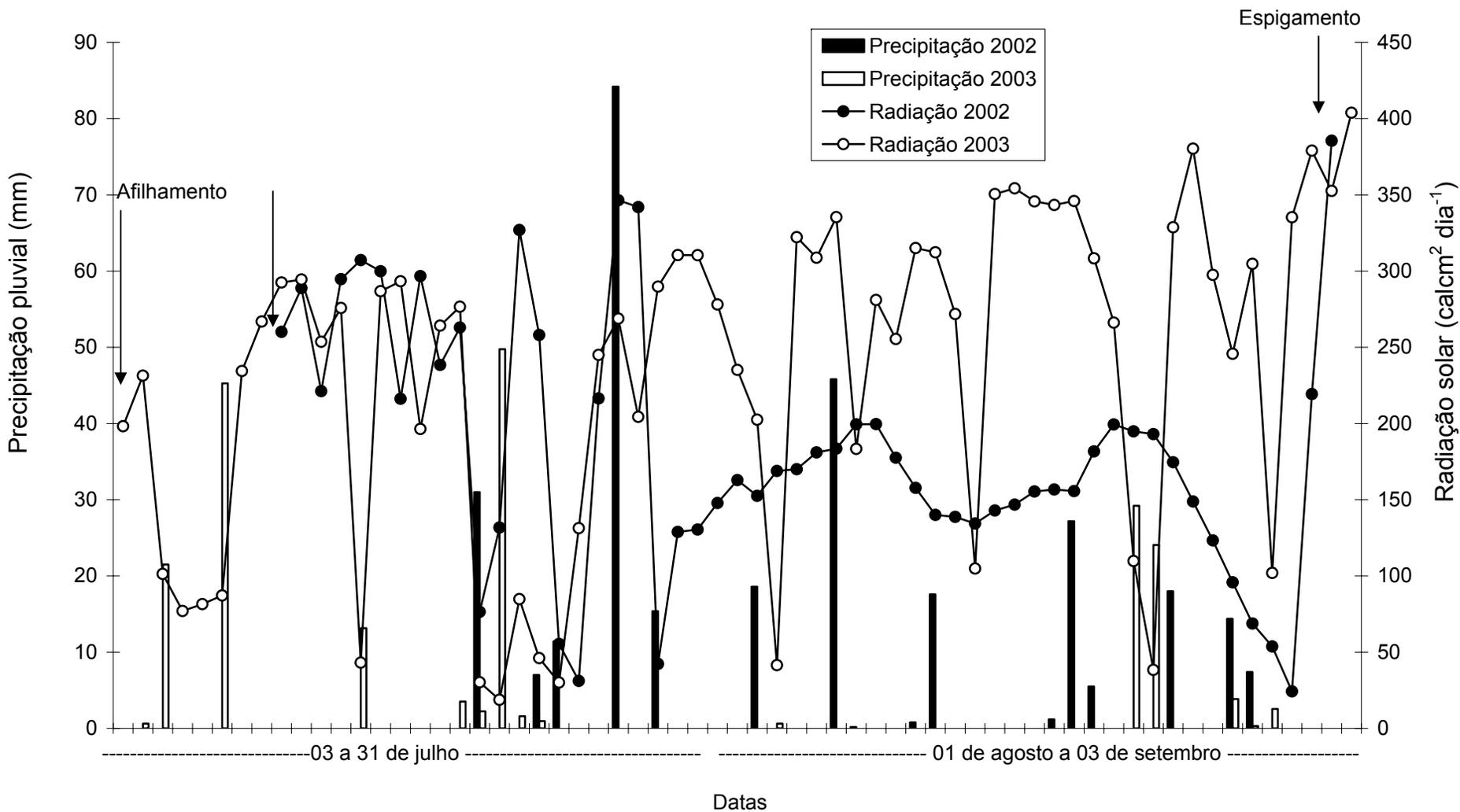
**FIGURA 11** – Temperaturas médias do ar ocorridas no período entre emergência e afilhamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.



**FIGURA 12** – Temperaturas médias do ar ocorridas no período entre afilhamento e espigamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.



**FIGURA 13** – Precipitação pluvial e radiação solar global ocorridas no período entre emergência e afilamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.



**FIGURA 14** - Precipitação pluvial e radiação solar global ocorridas no período entre afilhamento e espigamento das plantas de cevada, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho mostram como a disponibilidade de N do solo, associada às condições ambientais, modificaram as respostas à adubação nitrogenada em cevada cultivada em um mesmo local por dois anos e sob restevas de milho e de soja.

### 5.1. Sem adição de adubo nitrogenado

#### 5.1.1. Disponibilidade de N pelo solo

Os métodos utilizados para estimar a liberação de N pelo solo onde foram conduzidos os experimentos, mostraram que a quantidade de N disponibilizada da reserva orgânica do solo foi baixa. Isso se confirmou pela análise do teor de matéria orgânica, que permaneceu entre os valores de 20 e 25 mg kg<sup>-1</sup> (Tabelas 1 e 2) e que são considerados baixos (Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC, 1994). Também foi confirmada pela determinação do potencial de mineralização do N do solo (Figura 1) (92,18 e 105,11 mg kg<sup>-1</sup>), baixo quando comparado àqueles de um estudo em dez solos do Estado do Rio Grande do Sul (Camargo, 1996), que mostrou valores entre 108 e 210 mg kg<sup>-1</sup> e onde os menores índices foram obtidos nos solos que apresentaram os menores teores de matéria orgânica.

Os valores de N mineral do solo ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) ao redor de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ , obtidos em dois estádios de desenvolvimento da cultura (Tabelas 4 e 5) e ao longo da estação de crescimento (Figuras 2, 3, 4 e 5), também são considerados baixos se comparados aos obtidos em experimentos como aqueles conduzidos no Uruguai que indicam, que entre 0 e 40 cm de profundidade, teores de  $\text{NO}_3^-$  inferiores a  $15 \text{ mg kg}^{-1}$  refletem baixa disponibilidade de N (Lamothe, 1994). A avaliação dos teores de N mineral realizada ao longo do ciclo da cultura no ano de 2003 (Figuras 2 e 3) mostra que os valores se mantiveram baixos (em torno de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ ) não somente nos dois períodos específicos de sua determinação (afilhamento e espigamento) mas durante toda a estação de crescimento da cevada.

### **5.1.2. Crescimento e desenvolvimento da planta**

O crescimento e desenvolvimento e a absorção de N pela planta com base no suprimento de N pelo solo, como única fonte de N, são discutidos para cada uma das restevas utilizadas (Tabelas 6 e 7).

#### **5.1.2.1. Resteva de milho**

A baixa liberação de N pelo solo foi observada nos dois anos agrícolas. Fator importante a considerar é que a resteva de milho (gramínea) pode ter acentuado a menor disponibilidade de N nos dois anos, afetando as características de plantas observadas no estágio do afilhamento (Tabela 6). Os resíduos de gramíneas possuem lenta decomposição devido a fatores como alta relação C/N e reduzida disponibilidade de N do solo. Assim, ao invés dos resíduos da gramínea fornecer N para a cultura em sucessão, geralmente verifica-se a

imobilização deste elemento pela biomassa microbiana, com decréscimo na sua disponibilidade e resultando em menor absorção de N pelas plantas (Aita et al., 1994; Pavinato et al., 1994).

Embora o suprimento de N pelo solo fosse limitado nos dois anos até o afilhamento, a análise das plantas que se desenvolveram somente com este N liberado pelo solo, permitiu inferir que o N foi mais limitante em 2003 do que em 2002, pois em 2003 as plantas, além de mostrarem menor desenvolvimento foliar, acumularam menos massa seca e N na parte aérea e apresentaram menor concentração de N no tecido (Tabela 6). Essas distintas respostas das plantas entre os dois anos podem estar associadas ao fator ano e à heterogeneidade entre as áreas experimentais. O efeito ano pode ser atribuído à maior temperatura do ar (Figura 11) e ao período de 18 dias com estiagem (Figura 13) observadas entre a emergência e o afilhamento. Quanto ao solo, a área que estava sob resteva de milho (área 2) em 2002, apresentou teor de M.O. (Tabelas 1 e 2) e potencial de mineralização de N pelo solo (Figura 1) maior do que na área 1. Estes fatores (ano e solo) afetaram o crescimento e o desenvolvimento das plantas, observado pelo maior acúmulo e concentração de N na parte aérea das plantas, entre a emergência e o afilhamento (Tabela 6) no ano de 2002 em relação a 2003, o que pode ter contribuído para a ocorrência dessas respostas.

A baixa disponibilidade de N e as altas temperaturas em 2003 também puderam ser detectadas pela análise da emissão e estabelecimento dos afilhos, interferindo no desenvolvimento da comunidade de plantas e no rendimento de grãos. A temperatura média do ar em 2003 foi superior a de 2002, entre a emergência e o afilhamento (Figura 11), e possivelmente ocasionou menor

emissão de afilhos. As temperaturas mais altas aceleram o ritmo de diferenciação de afilhos, diminuindo a duração do período de afilhamento (em 2003 as plantas atingiram o estágio Haun 5.1 oito dias antes do que em 2002) (Figura 11) e como consequência menos fotoassimilados foram produzidos, obtendo-se menor número final de afilhos por planta. Além disso, altas temperaturas podem causar a omissão de afilhos, devido a maior demanda de assimilados para formação de primórdios foliares no meristema apical do colmo principal (Cannel, 1969b). Isso foi mostrado pelo desenvolvimento foliar das comunidades de plantas que leva em consideração o desenvolvimento do colmo principal e dos afilhos. Assim, as 993 unidades Haun m<sup>-2</sup> encontradas em 2003 foram inferiores às 1358 unidades Haun m<sup>-2</sup> obtidas em 2002, em área sob resteva de milho. Elas são devidas às contribuições do desenvolvimento tanto do colmo principal como dos afilhos (Tabela 6). Em 2003, o colmo principal contribuiu com 714 unidades (5.1 folhas do colmo principal x 140 plantas m<sup>-2</sup>) e os afilhos com 279 unidades Haun m<sup>-2</sup>. Já no ano de 2002, o colmo principal contribuiu com 897 unidades (5.1 folhas do colmo principal x 176 plantas) e os afilhos com 461 unidades Haun m<sup>-2</sup>. A emissão e o desenvolvimento de afilhos potencializam o número de espigas área<sup>-1</sup> (primeiro componente do rendimento a ser estabelecido) que é fundamental na determinação do rendimento de grãos.

Além do desenvolvimento foliar, a menor disponibilidade de N em 2003 e as altas temperaturas do ar também podem ter afetado o acúmulo de massa seca (Tabela 6), pois as plantas na resteva de milho tiveram menos N para absorver e menos tempo para realizar este processo.

Assim, potencialmente, em 2002, no afilhamento as plantas sob resteva de milho encontravam-se em melhor situação daquelas cultivadas em 2003: melhor desenvolvimento da comunidade (massa seca, afilhos), maior quantidade de N acumulado até esta fase e melhor concentração de N no tecido. Este conjunto de informações potencializou o ano de 2002 com melhores perspectivas de rendimento em relação ao de 2003, naquela fase.

Entre o afilhamento e o espigamento o solo continuou fornecendo pouco N nos dois anos (Figura 5). A análise no espigamento indicou que ocorreu similaridade no crescimento e desenvolvimento das plantas para os dois anos (Tabela 8). Esse fato pode ser comprovado pela análise da massa seca, do N acumulado e concentração de N na parte aérea, que foram semelhantes entre os dois anos (Tabela 8). Esses resultados, possivelmente se devem ao aumento dos teores de N mineral do solo (Figura 5) observados no ano de 2003 e a maior radiação incidente no período entre afilhamento e espigamento neste ano (Figura 14).

A menor disponibilidade de N mineral em 2002 pode ser explicada pela liberação do N pela decomposição da resteva de milho que foi afetada pela maior precipitação ocorrida neste período (Figura 14) o que pode ter aumentado a lixiviação de  $\text{NO}_3$  e diminuído a disponibilidade de N às plantas (Figura 5). A menor quantidade de N disponibilizado pelo solo pode ter afetado o período de alongamento do colmo (entre o final do afilhamento e o início do espigamento), que se constitui no estágio de maior consumo de N pela planta. Nesse período ocorre grande expansão dos colmos (aumento dos entre-nós), rápido aumento de massa pela produção de folhas (planta-mãe e afilhos) e início do desenvolvimento

da espiga (Mundstock, 1999). Associando a maior disponibilidade de N pelo solo nesse período (Figura 5) à maior incidência da radiação solar (Figura 14), em 2003, infere-se que as plantas foram eficientes na absorção do N, a ponto de concentrar N no tecido e acumular massa seca e N até o espigamento, similar ao ano de 2002 (Tabela 8).

Assim, as desvantagens que as plantas apresentaram em 2003 em relação a 2002 no estágio do afilhamento desapareceram no estágio do espigamento, tanto na quantidade de N acumulado, quanto na massa seca e concentração de N. Isto foi fundamental para o estabelecimento de nova avaliação do potencial de rendimento de grãos a partir deste momento, como é descrito a seguir.

A análise seqüencial do crescimento e desenvolvimento das plantas mostra que até o período do afilhamento eles foram menores no ano de 2003 (Tabela 6), similares entre os dois anos até o espigamento e superiores na colheita, no ano de 2003 (Tabela 8). O rendimento de grãos, além de ser influenciado pelo número de espigas  $\text{área}^{-1}$ , é afetado pelo número de grãos espiga $^{-1}$ . O ano de 2002 apresentou, no afilhamento, maior potencial de desenvolvimento de número de espigas  $\text{área}^{-1}$  pela profusão de afilhamento e crescimento (massa seca). O menor rendimento de grãos observado naquele ano (Tabela 8) pode ter sido devido à morte de afilhos, ao maior aborto floral e ao menor peso do grão, causados pela menor disponibilidade de N entre afilhamento e colheita (Figura 5) e pela menor radiação solar para este mesmo período (Figura 14). Esta comparação entre anos ressalta a importância de se considerar não só o N para a previsão do potencial de rendimento, mas também o grande efeito da

radiação solar, que modula a absorção de N pelas plantas. O suprimento de N e a incidência de radiação no período do alongamento dos entre-nós influencia o número de grãos espiga<sup>-1</sup> que é o segundo componente do rendimento a ser formado. A iniciação e a diferenciação dos primórdios florais dentro de cada espiguetta ocorrem no início do alongamento dos entrenós (Williams, 1966), cessando no início da emergência da folha bandeira (Beker & Gallagher, 1983; Kirby, 1988).

A maior disponibilidade de N no estágio do alongamento do colmo em 2003 pode ter aumentado a sobrevivência e a participação dos afilhos já emitidos na formação do rendimento de grãos, como descritos por Easson (1984). Maior aborto de flores provavelmente ocorreu em 2002, devido à competição entre órgãos reprodutivos e vegetativos por recursos do ambiente durante a fase final de alongamento do colmo. Kirby (1988) e Shah et al. (1994) ressaltam a importância do suprimento de N neste período na formação de maior número de grãos espiga<sup>-1</sup>. Conjuntamente com o suprimento de N, a menor incidência de radiação solar no período de enchimento de grãos resultou na redução do número de grãos espiga<sup>-1</sup> em 2002, como também foi observado por Fischer (1985) e Rodrigues (2000) em situações similares.

Portanto, apesar das plantas terem se estabelecido melhor até o afilhamento no ano de 2002 em relação ao ano de 2003, os fatores como disponibilidade de N e condições ambientais entre afilhamento e espigamento, neste ano podem ter afetado a manutenção de afilhos, diminuindo o número de espigas área<sup>-1</sup>, além de reduzir o número de grãos espiga<sup>-1</sup> e o rendimento final de grãos.

### 5.1.2.2. Resteva de soja

A comparação entre anos nesta resteva mostra que, no estágio de afilhamento, no ano de 2003 já não se detectaram diferenças nas características da comunidade de plantas (Tabela 7), embora também tenham sofrido encurtamento no período entre emergência e afilhamento (Figura 11), como analisado para a resteva de milho.

No ano de 2003, o experimento foi semeado sob resteva de soja e sobre a área com maior fertilidade natural (área 2) o que pode ter proporcionado maior disponibilidade de N às plantas de cevada. Por ser uma leguminosa a soja apresenta baixa relação C/N, o que facilita a decomposição e a liberação de maior quantidade de N para o sistema em um curto período de tempo (Heinzmann, 1985; Giacomini et al., 2000). Essa maior disponibilidade de N permitiu que as plantas produzissem e acumulassem fotoassimilados na parte aérea e estabelecessem seus afilhos de forma similar ao ano de 2002, mascarando o efeito prejudicial da maior temperatura do ar de 2003 sobre o desenvolvimento dos mesmos, como analisado no caso sob resteva de milho.

A possível variação na disponibilidade de N entre as duas áreas não pode ser descartada quando se analisam as características das plantas entre a emergência e o afilhamento na área sob resteva de milho (Tabela 6), nos dois anos agrícolas. Entretanto, quando se analisam a massa seca, o N acumulado e a concentração de N nas plantas sob resteva de soja (Tabela 7), essa variação entre áreas parece não existir, pois não se observam diferenças entre anos para as características de plantas avaliadas no afilhamento (Tabela 7). É importante

ressaltar que essa possível diferença na disponibilidade de N entre as áreas não foi percebida através da avaliação do N mineral ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ), realizada em pré-semeadura e no afilhamento (Tabelas 4 e 5). Isso pressupõe que a análise da planta no período do afilhamento se constitui numa ferramenta muito importante para auxiliar no entendimento dos processos que envolvem a disponibilidade de N no solo e a sua absorção pela planta.

Assim, ao contrário da análise feita sob a resteva de milho, no afilhamento as plantas potencialmente, encontravam-se em situação similar nos dois anos, observado pela análise da comunidade (massa seca e afilhos), quantidade de N acumulado e concentração de N no tecido. Este conjunto de informações igualou o potencial de rendimento de grão analisado até aqui.

A análise do solo no espigamento mostrou que o fornecimento de N pelo solo se manteve baixa (Tabela 4) nos dois anos agrícolas, assim como observado na área sob resteva de milho, porém as plantas absorveram mais N em 2003 (Tabela 8).

A desvantagem que as plantas apresentavam no afilhamento em 2003, sob resteva de milho, não foi percebida sob resteva de soja. Isso contribuiu para que as plantas, nesse ano, ao atingirem o espigamento apresentassem superioridade em relação à 2002. Esse fato pode ser confirmado pela análise da massa seca e do N acumulado (Tabela 8) entre afilhamento e espigamento, que foi maior em 2003. Os valores de massa seca e N acumulado na parte aérea estão próximos aos encontrados por Wamser (2002), trabalhando com cevada no mesmo local, mas a concentração de N (Tabela 8), assim como na resteva de milho, permaneceu similar entre anos.

O maior acúmulo de massa seca e N em 2003 provavelmente se deveu à maior disponibilidade de N no solo (Figura 5) no período entre afilhamento e espigamento, como já observado e analisado sob resteva de milho, e também à maior radiação solar incidente. A maior radiação incidente possibilitou maior fotossíntese, fazendo com que as plantas absorvessem maiores quantidades de N e incrementassem a massa seca. Ao incrementarem a massa seca, as plantas diluem o N concentrado nos tecidos o que explica a similaridade desta variável entre anos. Assim, a vantagem que as plantas têm em concentrar N em um determinado período se dá no maior acúmulo de massa seca, visto que elas têm capacidade de remobilizar N para o crescimento de novas folhas.

A maior quantidade de massa seca no espigamento, em 2003, provavelmente teve reflexos positivos no rendimento de grãos, pois possibilitou que boa parte dos fotoassimilados fossem posteriormente translocados para os grãos.

O rendimento de grãos, assim como observado sob resteva de milho, apresentou respostas distintas, nos dois anos agrícolas (Tabela 16). A avaliação das plantas até o período do afilhamento demonstrou comportamento similar entre anos (Tabela 7). Isso mostra que a maior absorção de N e a maior radiação solar no período posterior ao afilhamento, foram decisivas para estabelecimento de maior rendimento em 2003. Os possíveis fatores que influenciaram no rendimento de grãos em 2003, em detrimento ao ano de 2002 na área sob resteva de soja são os mesmos analisados quando da discussão dos resultados sob resteva de milho.

## **5.2. A adição de adubo nitrogenado na semeadura**

### **5.2.1. Disponibilidade de N no solo**

O N mineral avaliado no período de afilhamento mostrou valores baixos, independente da dose de N adicionada na semeadura, do tipo de resteva e do ano agrícola analisados (Tabelas 4 e 5). A análise de solo novamente mostrou homogeneidade entre áreas e entre anos. Esses resultados evidenciam que o N adicionado na semeadura não estava disponível às plantas na data de amostragem (fase do afilhamento) pela análise do N mineral no período do afilhamento. As presumíveis causas indicam que o N foi absorvido pelas plantas, ou perdido por lixiviação ou imobilizado pela microbiota do solo.

A absorção do N fornecido pelo adubo na semeadura foi pequena, considerando as altas doses aplicadas. Isso foi demonstrado através dos valores de N acumulado (Tabelas 6 e 7), que variaram entre 10 e 20% do total de N adicionado ao solo via fertilizante, nas duas restevas e nos dois anos agrícolas (Tabelas 6 e 7).

A possibilidade de maiores precipitações ocorridas entre a semeadura e o afilhamento, ocorridas no ano de 2002 (Figura 13) terem aumentado a lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  não se confirma quando se analisam as plantas cultivadas sob resteva de milho, que apresentaram maior crescimento e desenvolvimento no ano de 2002, observado através do desenvolvimento foliar, da massa seca, do N acumulado na parte aérea e da concentração de N no tecido (Tabela 6).

A pressuposição de que o N mineral adicionado via fertilizante tenha sido imobilizado pelos microrganismos do solo é, talvez, a mais provável, pois a imobilização no solo é temporária, sendo que com a morte dos microrganismos,

ocorre liberação de N na forma mineral (Sampaio & Salcedo, 1993). Esta liberação posterior pode ter ocorrido nos dois anos quando se avaliaram as plantas no espigamento, tanto na área sob resteva de soja quanto na de milho (Tabela 10). Ela pode ser detectada pela análise da massa seca e do N acumulado (Tabela 10), que aumentaram com o incremento das doses de N na semeadura.

### **5.2.2. Crescimento e desenvolvimento da planta**

A avaliação das características das plantas no afilhamento permitiu inferir que o fornecimento de N na semeadura proporcionou melhor crescimento e desenvolvimento das plantas nas duas restevas (Tabelas 6 e 7) e essa melhoria foi distinta entre os dois anos.

#### **5.2.2.1. Resteva de milho**

No afilhamento os indicadores de planta avaliados mostraram que houve resposta à adição de N na semeadura nos dois anos, sendo maior em 2003 em relação a 2002 (Tabela 6). A diferença entre anos era esperada, como analisado na avaliação das plantas sem a adição de N e que mostrou melhores resultados para o desenvolvimento foliar, massa seca, N acumulado e concentração de N na parte aérea para o ano de 2002.

A menor resposta das plantas a aplicação de N em 2002 pode ter sido em razão do maior suprimento de N pelo solo neste período, como analisado no tratamento sem N (Tabela 6), e que pode ter sido suficiente para atender boa parte da demanda da planta. A concentração de N no tecido foi um bom indicador disso, como observado por Roth et al. (1989) e Lamothe (1994), pois ela não aumentou com o fornecimento de N e o desenvolvimento foliar e a massa seca só

aumentaram até a adição de 20 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. No ano de 2002, embora tenham havido incrementos de massa seca e desenvolvimento foliar com as doses de N (Tabela 6), não houve reflexos em aumentos de rendimento de grãos (Tabela 9). Dessa forma, aparentemente, o melhor estimador do “status” nitrogenado da planta foi a concentração de N no tecido, que foi similar entre as doses de N.

O baixo suprimento de N pelo solo em 2003 até o afilhamento, pela análise do tratamento sem N, fez com que as plantas necessitassem da adição de N (até 80 kg ha<sup>-1</sup>) para atingir valores similares aos do ano de 2002 (Tabela 6). No ano de 2003, as respostas foram de maior magnitude e também detectadas por todos os indicadores analisados. As respostas em crescimento e desenvolvimento obtidas nos dois anos agrícolas somente se refletiram em aumentos no rendimento de grãos em 2003 (Tabela 9). O fato de nos dois anos haver resposta do N ao crescimento e desenvolvimento, mas apenas em um deles haver resposta em rendimento de grãos, torna difícil escolher alguma das variáveis para detectar valores críticos abaixo dos quais se deveria suplementar N, pois geralmente ocorrem variações entre anos e locais para esses valores (Beringer & Hess, 1979; Fox et al., 1994). A única exceção foi a concentração de N no tecido que, em 2003, aumentou com o incremento das doses de N (Tabela 6). O valor máximo de N no tecido foi atingido com 80 kg ha<sup>-1</sup>, similar aos valores de 2002, sob qualquer disponibilidade de N (Tabela 6).

No espigamento, a avaliação de N no solo detectou baixos valores nos dois anos agrícolas (Tabela 5). A baixa produção de massa seca no ano de 2002 entre afilhamento e espigamento (Tabela 11) não aumentou com o incremento das

doses de N na semeadura (Tabela 9). Esse comportamento das plantas pode estar associado à baixa disponibilidade de N e a menor incidência de radiação (Figura 14).

Apesar de ter havido incremento no N acumulado com as doses de N na semeadura, nos dois anos (Tabela 9), e o N acumulado e a concentração de N terem sido similares entre anos (Tabelas 12 e 13) mesmo com a ocorrência de 28 dias de estiagem em 2003 (Figura 13), a maior radiação incidente neste ano (Figura 14) possivelmente aumentou a taxa fotossintética. Como o acúmulo de massa seca está relacionado ao número de colmos formados por ocasião do afilhamento (Wamser, 2002; Golik et al., 2003), o incremento na massa seca somente em 2003 (Tabela 9) levou à maior produção de fotoassimilados. É possível que as plantas, em condições favoráveis à fotossíntese, possam redirecionar o N concentrado nos tecidos para formar ou manter novas estruturas (afilhos) sem comprometer as estruturas já formadas. Essa circulação do N dentro da planta é importante para atender às demandas mais fortes para esse nutriente e, assim, impedir deficiência entre os órgãos da planta (Millard, 1988). Talvez isso tenha contribuído para o maior incremento na massa seca em 2003 (Tabela 9).

A concentração de N no tecido no espigamento foi baixa e não variou entre doses de N e entre anos (Tabela 9), pois naturalmente ocorrem decréscimos na concentração de N na parte aérea pelo aumento na massa seca entre afilhamento e florescimento (estádios 4 e 11.4 da escala de Feekes-Large, respectivamente) (Karlen et al., 1980; Galantini, 2000). Os valores de concentração de N no espigamento foram semelhantes aos encontrados por Engel (1982) e Galantini (2002), que se situaram entre 10 e 25 g kg<sup>-1</sup> no

emborrachamento (estádio 10 da escala de Feekes-Large). Dessa forma, a concentração de N nesse período não se constituiu num bom indicador do nível de N na planta.

O maior acúmulo de massa seca no espigamento observado com o aumento das doses de N em 2003 (Tabela 9) pode ser um indício da menor morte de afilhos, como observado por Golik (2003) avaliando o número de colmos no estágio de florescimento do trigo, o que pode ter ocasionado maior rendimento de grãos nesse ano, quando foi adicionado  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Tabela 9).

#### **5.2.2.2. Resteva de soja**

Os indicadores de plantas avaliados no afilhamento mostraram que a adição de N, assim como observado sob resteva de milho, ocasionou maior crescimento e desenvolvimento das plantas nos dois anos estudados (Tabela 7). A concentração de N no tecido em 2002 não foi alterada em função do fornecimento de N, mas o foi em 2003 (Tabela 7).

Sob resteva de soja as plantas apresentaram desenvolvimento foliar e concentração de N no tecido similares entre anos. Para massa seca e N acumulado, houve diferença entre anos, apenas quando as duas maiores doses de N foram fornecidas (Tabela 7). A maior resposta à adição de N em 2003, como observado sob resteva de milho, pode ser devida ao baixo suprimento de N pelo solo, observado através do N mineral (Tabela 5) e da baixa concentração de N no tecido no afilhamento (Tabela 7).

A análise do período entre afilhamento e espigamento foi similar ao descrito sob resteva de milho. O ano de 2003 foi mais favorável ao crescimento

das plantas, observado pela maior produção de massa seca (Tabela 11), evidenciando-se incremento na massa seca com doses de N nos dois anos (Tabela 9). O N acumulado na parte aérea, assim como observado sob resteva de milho, apresentou similaridade entre os anos (Tabela 12), porém o incremento de N na semeadura resultou em acréscimos no N acumulado (Tabela 9). A adição de N na semeadura, além de aumentar o crescimento da parte aérea (Tabela 6), pode ter favorecido o desenvolvimento do sistema radical, possibilitando às plantas a exploração de camadas de solo mais profundas permitindo maior absorção de N (Tabela 9). Entretanto, a concentração de N no tecido não aumentou com a adição de N (Tabela 9) e foi similar entre os anos (Tabela 13).

O maior acúmulo de massa seca na parte aérea obtido no ano de 2003 pode estar associado a maior produção de afilhos observada através do desenvolvimento foliar (Tabela 7), e à possível maior sobrevivência dos mesmos, resultando em aumento no número de espigas  $\text{área}^{-1}$ . Além do incremento no número de espigas  $\text{área}^{-1}$ , a incidência de alta radiação pode ter contribuído para o aumento do número de grãos espiga<sup>1</sup> e do peso de grão. Isso pode ter gerado maior rendimento de grãos em 2003 em relação a 2002 (Tabela 16) quando se adicionou doses crescentes de N na semeadura (Tabela 9).

O N aplicado na semeadura afetou todo o ciclo da planta, conforme analisado no afilhamento, espigamento e maturação. As diferenças de ambiente entre anos interagiram com a resposta do N aplicado na semeadura. O menor rendimento de grão verificado em 2002 foi ocasionado pelas condições de ambiente, provavelmente radiação. Em 2003, as respostas foram significativas para todas as variáveis analisadas, mostrando que o manejo do N está

intimamente relacionado com condições favoráveis de crescimento, especialmente entre afilhamento e espigamento.

### **5.3. A adição de adubo nitrogenado no afilhamento**

#### **5.3.1. Disponibilidade de N no solo**

A estimativa da disponibilidade de N mineral no solo no afilhamento, foi baixa, como já discutido, independente do tipo de resteva e do ano agrícola estudados (Tabelas 4 e 5). O N mineral no espigamento não variou em função das doses de N aplicadas no afilhamento, do tipo de resteva e do ano agrícola (Tabelas 4 e 5). O N disponibilizado pelo fertilizante, aplicado no afilhamento, não foi detectado na amostragem de solo feita no espigamento (Tabelas 4 e 5) e se manteve baixa durante todo o período de desenvolvimento da cevada (Figuras 2, 3 e 5). As supostas causas para esse resultado podem ser as mesmas mencionadas no tópico de disponibilidade de N no solo com a adição de N na sementeira.

#### **5.3.2. Crescimento e desenvolvimento da planta**

A adição de N no afilhamento alterou o crescimento das plantas (massa seca e N acumulado) nas duas restevas e nos dois anos agrícolas (Tabela 10).

##### **5.3.2.1. Resteva de milho**

O fornecimento de N no afilhamento e a sua absorção pelas plantas foram importantes para o crescimento, observado pelo incremento na massa seca avaliada no espigamento, quando se aumentou a dose de N nos dois anos agrícolas (Tabela 10). No entanto, a magnitude das respostas à adição de doses de N foi maior em 2003, observada através do acúmulo de massa seca e de N

(Tabelas 11). A comparação entre anos para essas variáveis no espigamento (Tabelas 11 e 12) mostrou que, em 2003, as plantas apresentaram maior crescimento e desenvolvimento. A menor resposta das plantas à adição de N em 2002 (incremento na massa seca só até 40 kg ha<sup>-1</sup> de N) pode estar associada aos adequados crescimento e desenvolvimento apresentado pelas plantas no afilhamento (Tabela 6) e também à posterior condição ambiental de radiação solar (Figura 14). A concentração de N no espigamento, não foi alterada com a adição de N (Tabela 10) nos dois anos (Tabela 13) e parece não ser um bom indicador para estas situações.

A adição de N se refletiu na sua acumulação durante o período do alongamento dos entre-nós (final do afilhamento ao espigamento) apenas em 2003 e, provavelmente, contribuiu para manutenção de maior número de afilhos. A maior sobrevivência de afilhos pode ter ocasionado o maior rendimento de biomassa em 2003 em relação a 2002 (Tabela 11) e aumentado o número de espigas m<sup>-2</sup> (Ramos et al., 1995). O rendimento de biomassa está diretamente associado ao fornecimento de N e à radiação solar (França, 2003), sendo que a limitação imposta por um desses fatores afeta a taxa fotossintética da planta e o acúmulo de N e de massa seca. Em 2002, o fator limitante para incremento da massa seca foi a radiação solar (Figura 14) e, talvez por isso, as respostas à adição de N nesse ano foram menores tanto para o rendimento de massa seca como para N acumulado (Tabela 10). O menor acúmulo de massa seca na parte aérea está associado a menor produção de espigas planta<sup>-1</sup> (Naylor, 1998), provavelmente devido ao aumento na competição por fotoassimilados entre afilhos, resultando na senescência de grande parte deles durante o alongamento

do colmo (Davidson & Chevalier, 1990). Além disso, a absorção de menores quantidades de N em 2002 em relação a 2003, observado pelo N acumulado (Tabela 12), provavelmente reduziu a produção de espiguetas, e conseqüentemente, o número de grãos espiga<sup>-1</sup> em 2002. O número de grãos espiga<sup>-1</sup> é o resultado da maior produção de espiguetas e a maior absorção de N no período do alongamento intensifica esse processo (MacMaster, 1997).

As condições de ambiente mais favoráveis em 2003 (Figura 14), juntamente com o incremento da dose de N contribuíram para o maior rendimento de grãos nesse ano (Tabela 16).

#### **5.3.2.2. Resteva de soja**

A massa seca e o N acumulado no espigamento incrementaram com a adição de N nos dois anos (Tabela 10) e, assim como observado sob resteva de milho, esse incremento foi mais acentuado em 2003 (Tabelas 11 e 12). Isso mostra que as condições ambientais, principalmente a radiação solar, foram importantes para que as plantas absorvessem maiores quantidades de N em 2003, observado pelo N acumulado (Tabela 12) e rendimento de massa seca (Tabela 11).

A maior absorção de N pelas plantas em 2003 no período posterior ao afilhamento favoreceu a maior sobrevivência de afilhos. Ocorreu também incremento na massa seca e no acúmulo de N nesse período (Tabela 10). Isto pode ser devido à maior produção de folhas pelos afilhos, que contribuiu para a consolidação do número de espigas e de grãos por espiga, como observado por Wamser (2002). Esses fatores aumentaram o rendimento de grãos em 2003,

exceto em duas das cinco doses de N em que os rendimentos se igualaram entre os dois anos (Tabela 16).

Assim, o efeito da adição de N no afilhamento está relacionado com a absorção de N até esse período e com a condição posterior de ambiente (radiação solar), sendo que o ambiente provavelmente é o fator mais determinante para a magnitude das respostas das plantas à adubação nitrogenada.

#### **5.4. A adição de adubo nitrogenado na semeadura e no afilhamento**

##### **5.4.1. Disponibilidade de N no solo**

O fornecimento de N pelo fertilizante, tanto na semeadura como no afilhamento, não incrementou os teores de N mineral no solo para as duas restevas e nos dois anos agrícolas. Isso foi mostrado pela análise do N mineral no afilhamento e no espigamento (Tabelas 4 e 5). O N disponibilizado pelo adubo não foi detectado em nenhuma determinação de N mineral no solo e isso, provavelmente, se deve à interação do N com fatores relacionados ao ambiente, à planta e ao solo como já discutidos anteriormente.

##### **5.4.2. Crescimento e desenvolvimento da planta**

As plantas modificaram o seu crescimento e desenvolvimento em função da adição de N para as duas restevas, como demonstrado pela análise de plantas no afilhamento (Tabelas 6 e 7), no espigamento (Figuras 6, 7 e 8) e na maturação (Figura 9), com intensidades distintas entre anos.

#### 5.4.2.1. Resteva de milho

A combinação das doses de N adicionadas na semeadura e no afilhamento afetou o crescimento e o desenvolvimento das plantas principalmente no ano de 2003, observado através do acúmulo de massa seca e de N no espigamento (Figuras 6C e 7C). À medida que se incrementou N na semeadura e no afilhamento, observou-se acréscimos na massa seca e no N acumulado (Figuras 6C e 7C). No ano de 2002, o acúmulo de massa seca e de N no espigamento foram descritos através dos efeitos simples (Figuras 6A e 7A), pois não se obteve o efeito sinérgico esperado com adição parcelada das doses de N. A análise das características de planta no espigamento (Figuras 6A, 6C, 7A e 7C) e na maturação (Figuras 9A e 9C) para os dois anos agrícolas confirma os resultados de que, para determinadas situações, pode haver sinergismo entre a aplicação parcelada de N (Penny et al.; 1986; Mundstock & Bredemeier, 1999), enquanto que em outras situações não se observam diferenças entre aplicações fracionadas ou em dose única (Mundstock & Martin, 1972; Pöttker et al., 1984; Zebarth & Sheard, 1992).

A absorção de N pelas plantas geralmente é representada por uma curva sigmóide que inicia na emergência e atinge o seu máximo por volta do florescimento (Cregan & Berkum, 1984). Essa curva de absorção de N pode variar entre anos, locais e entre espécies, sendo também influenciada pelas condições climáticas (Ramos, 1981; Pöttker et al., 1984), principalmente a radiação solar incidente. Neste enfoque, em 2002, as plantas atingiram o máximo crescimento e desenvolvimento com aplicação de doses únicas de N seja na semeadura ou no afilhamento, observado através da massa seca, do N acumulado e da

concentração de N (Figuras 6A, 7A e 8A) determinados no espigamento. Nesse ano, o platô para massa seca e N acumulado foi atingido com a adição de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura ou de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no afilhamento (Figuras 6A e 7A), sendo que a máxima concentração de N foi obtida com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N no afilhamento (Figura 8A). O máximo rendimento de grãos foi alcançado quando se adicionou 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no afilhamento.

A falta de resposta à aplicação parcelada de doses de N é atribuída por alguns pesquisadores, ao maior suprimento de N pelo solo (Penny et al., 1986; Frederick & Marshall, 1985; Bredemeier & Mundstock, 2001), o que não é válido para este caso, pois os teores de N mineral determinados em pré-semeadura e no afilhamento, antecedendo às adições de N, foram baixos (Tabela 5). Mason (1987) obteve respostas quadráticas entre a aplicação de doses de N e o rendimento de grãos de trigo em situação com baixa incidência de radiação solar. Esse provavelmente foi o fator que limitou a absorção de N em 2002 quando se compararam as características de plantas observadas no espigamento e na maturação entre os dois anos (Tabelas 11, 12 e 16). A relação existente entre absorção de N e assimilação de CO<sub>2</sub> em plantas é bastante discutida (Lawlor, 1994; Theobald et al., 1998; Lawlor et al., 2001), já que os dois processos são afetados pela radiação solar, que foi menor em 2002 (Figura 14).

No ano de 2003, as exigências de N pelas plantas foram maiores do que aquelas observadas em 2002, sendo que o parcelamento das doses de N na semeadura e no afilhamento determinou maior acúmulo de massa seca e de N na parte aérea (Figuras 6C e 7C) e maior rendimento de grãos (Figura 9C). As plantas atingiram o máximo rendimento de massa seca e acúmulo de N com 160

kg ha<sup>-1</sup> de N (Figuras 6C e 7C). As maiores respostas para massa seca e acúmulo de N foram com a aplicação de altas doses na semeadura combinado com 80 kg ha<sup>-1</sup> no afilhamento (Figura 6C). A máxima concentração de N, assim como em 2002, foi obtida com a dose única de 80 kg ha<sup>-1</sup> no afilhamento (Figura 8B). Estas altas doses, entretanto, não resultaram em maiores incrementos em rendimento de grãos como os que foram observados quando se adicionou um total de 80 ou 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 9C). À medida que se incrementou o N na semeadura, as respostas à adição de N no afilhamento diminuíram. As plantas submetidas ao alto suprimento por N e em condições favoráveis de absorção desse elemento incrementam a massa seca e o N acumulado, porém, a eficiência para conversão de todo o N absorvido em rendimento de grãos diminui a partir de uma determinada dose. Como observado por Pöttker & Roman (1998) a resposta das plantas a doses de fertilizantes segue a lei dos incrementos decrescentes, sendo variável com a espécie, local e ano.

O acamamento pode ter modificado as respostas dos rendimentos de grãos ao adubo nitrogenado. Ele ocorreu quando se incrementou as doses de N no afilhamento (Tabela 14) e isso, provavelmente, foi devido ao aumento na estatura de planta (Tabela 15) com adição de altas doses de N. Segundo Pinthus (1973), a adição de N pode modificar as características morfológicas das plantas, contribuindo para o acamamento (Rocha, 1996). O acamamento foi maior em 2002, provavelmente devido à ocorrência de freqüentes precipitações pluviais (Figura 14) que, como observado por Pinthus (1973), incrementaram o peso da parte aérea, especialmente na floração.

O teor de proteína dos grãos em cevada é crítico quando estes são destinados à maltaria, sendo de 12% o limite máximo aceitável. Esse limite só foi superado em 2003 (Figuras 10A e 10B) no tratamento com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura combinado com 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no afilhamento (Figura 10B). Isso pode ter ocorrido devido ao baixo rendimento de grãos obtido com essas doses (Figura 9C), ocasionando menor diluição de N entre os grãos.

#### **5.4.2.2. Resteva de soja**

As plantas cultivadas sob resteva de soja, apresentaram o mesmo padrão de crescimento, daquelas observadas sob resteva de milho, em resposta ao parcelamento de N. Isso foi detectado pela comparação dos coeficientes das equações de regressão e que não diferiram significativamente entre si para a massa seca, o N acumulado e a concentração de N no tecido. Quando se compararam os coeficientes das equações de regressão para o rendimento de grãos entre as restevas observou-se, que também não houve diferenças significativas entre eles. Isso mostra que o tipo de resteva não alterou as respostas à adição combinada de N na semeadura e no afilhamento, para os dois anos agrícolas.

A combinação de doses elevadas de N na semeadura e no afilhamento, em 2003, promoveu a absorção de grandes quantidades deste nutriente pelas plantas (Figura 7A), o que favoreceu o acréscimo de massa seca (Figura 6D) aumentando o sombreamento entre plantas. Como observado por Pinthus (1973), a menor intensidade luminosa no dossel promove a alongação dos colmos pela atuação de giberelinas na divisão de células do colmo. Dessa forma, nessa

resteva ocorreu acamamento quando foram aumentadas as doses de N, principalmente em 2003 (Tabela 14). Nesse ano apesar de ter ocorrido maior radiação solar (Figura 14), o maior rendimento de massa seca interferiu a penetração da luz no dossel e provocou acamamento que provavelmente afetou o rendimento de grãos (Figura 9D), principalmente com a adição das doses de 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N no afilhamento.

O teor de proteína, como analisado na resteva de milho, ultrapassou a marca de 12%, apenas em 2003 (Figura 10D). Isso pode ser devido à alta absorção de N pelas plantas pela estabilização do rendimento de grãos (Figura 9D) com adição de 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> no afilhamento. Com isso, não houve efeito de diluição de N nos grãos, incrementando a proteína (Figura 10D).

### **5.5. Considerações finais**

A análise detalhada da disponibilidade de N no solo e as respostas das plantas ao adubo nitrogenado em dois estádios de desenvolvimento permitiram verificar se a atual recomendação de adubação serve para situações como as encontradas nestes experimentos.

A recomendação está baseada no teor de matéria orgânica do solo (Comissão de Pesquisa de Cevada, 2001). Para áreas sob resteva de milho e de soja que apresentaram teores baixos, variando entre 20 e 25 mg kg<sup>-1</sup> (Tabelas 1 e 2), a recomendação é de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (para a área sob resteva de soja) e de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (para a área sob resteva de milho). Desse total, entre 15 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de N devem ser aplicados na semeadura.

No ano de 2002, o rendimento de grãos foi incrementado até a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicado no afilhamento, não importando a quantidade de N adicionada na semeadura (com exceção do tratamento sem N na semeadura mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N no afilhamento em resteva de soja) e para as duas restevas. Portanto, na área sob resteva de milho, a aplicação de N seguindo a recomendação não incrementou o rendimento de grãos e causou gastos desnecessários. Já, em 2003, os maiores rendimentos de grãos foram obtidos com as combinações de doses que resultaram no total de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, tanto para a resteva de soja quanto para a de milho. Dessa forma, neste ano, a adição de N seguindo a recomendação não foi suficiente para estabelecimento do maior rendimento de grãos nas duas restevas.

A adição de maiores quantidades de N no afilhamento em relação à aplicação na semeadura resultou em, maiores rendimentos de grãos, assim como observado por Mundstock & Bredemeier (1999) e Wamser (2002). Isso é devido ao aumento da demanda de N pelas plantas após o afilhamento, sendo que a suplementação de N incrementa o rendimento de biomassa e o acúmulo de N, resultando em maiores rendimentos.

Pelo exposto, observou-se que a atual recomendação para o manejo da adubação nitrogenada está sujeita a falhas, pela adoção do mesmo valor entre anos, não levando em consideração as peculiaridades existentes na absorção de N pelas plantas que geralmente são influenciadas pelas variações ambientais.

As oscilações de ano para ano podem ser detectadas em lavoura realizando-se amostragens de plantas e de solo. Os teores de N mineral do solo podem permitir, num primeiro momento, estabelecer faixas de disponibilidade. No

caso do presente trabalho, a disponibilidade de N sempre foi baixa, indicando a necessidade de suplementação de adubo nitrogenado. Dentre os indicadores de planta no afilhamento a concentração de N no tecido é um dos que pode se constituir numa ferramenta importante para determinar as doses de adubo nitrogenado a ser aplicado nesse estágio, assim como observado por Lamothe (1994) quando trabalhou com concentração de N no tecido. As plantas ao final do afilhamento já absorveram aproximadamente um terço do N que será utilizado em todo o seu ciclo (Lamothe, 1994). Se as plantas atingirem altas concentrações de N (ao redor de 4 a 5%) no afilhamento dificilmente responderão à adição de adubo nitrogenado (Donohue & Bran, 1984; Baethgen & Alley, 1989; Lamothe, 1994). Dessa forma, a concentração de N no afilhamento pode estabelecer o nível de suprimento de N em que as plantas se encontram e pode possibilitar a tomada de decisão de fornecimento de quantidades mais condizentes com as necessidades das plantas, para cada situação específica.

## 7. CONCLUSÕES

O N disponibilizado pelo solo sob as restevas de milho e de soja não atendeu à demanda pelas plantas de cevada durante a estação de crescimento e afetou negativamente o seu crescimento e desenvolvimento, ocasionando baixos rendimentos de grãos.

As oscilações nos teores de N mineral situaram-se dentro de uma faixa de baixa disponibilidade e as determinações pontuais ao longo do ciclo da cultura foram representativas para esta situação.

O potencial de mineralização de N no solo não representou a real disponibilidade de N pelo solo provavelmente devido ao fato de ser estimado a partir de amostras coletadas em uma única data e, por isso, não representarem a mineralização em condições de campo.

As diferenças entre restevas somente foram observadas através da análise das características de plantas no afilhamento, não sendo detectada pelo método de avaliação do N mineral do solo.

O rendimento de grãos de cevada não apresentou correspondência com as variáveis de crescimento e desenvolvimento das plantas no afilhamento. Estas variáveis oscilaram de forma distinta à do rendimento de grãos em função da maior ou menor disponibilidade de N. Devido a isso, não foram bons estimadores

do rendimento de grãos. Apenas a concentração de N na parte aérea no afilhamento apresentou correspondência com os rendimentos de grãos obtidos.

Os teores de N mineral determinados em pré-semeadura não estimaram adequadamente a necessidade de adubação nitrogenada na semeadura, pois o rendimento de grãos depende das condições de crescimento e desenvolvimento das plantas após o afilhamento.

As maiores respostas em rendimento de grãos foram obtidas com a adição de N no afilhamento, pois a absorção de N aumentou no período pós afilhamento e interagiu com as variações ambientais entre anos.

O uso da matéria orgânica como elemento da recomendação de adubação nitrogenada não foi adequado, pois não leva em consideração a eficiência de utilização do N aplicado, que depende da interação entre a absorção de N e as oscilações de ambiente.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: ATUALIZAÇÃO em adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Departamento de solos da UFSM, 1997. p. 76–111.

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.101-108, 1994.

ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O.J.; GARCIA, R. Effect of temperature on soil biomass and its metabolic quotient in situ under different tillage systems. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v.19, n.2-3, p.227–230, 1995.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.1, p.241-248, 2002.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNÁNDEZ, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de suprimento de nitrogênio ao milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.178-189, 2000.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/SBCS, 1986. p.1-18.

ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho**.2001. 111f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós - Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia-preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.84, n.5, p745-754, 1999.

AUSTIN, R.B. et al. The fate of dry matter, carbohydrates and <sup>14</sup>C lost from the leaves and stems of wheat during grain filling. **Annals of Botany**, Oxford, v.41, p.1309-1321, 1977.

AYOUB, M. et al. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in Eastern Canada. **Crop Science**, Madison, v.34, n.3, p.748-756, 1994.

BAETHGEN, W.E.; ALLEY, M.M. Otimizing soil and fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. I. Crop nitrogen uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.1, p.116-120, 1989a.

BAETHGEN, W.E.; ALLEY, M.M. Otimizing soil and fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. I. Critical levels and optimum rates of nitrogen fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.1, p.120-125, 1989b.

BAKER, C.K.; GALLAGHER, J.N. The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.101, n.2, p.327-335, 1983.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.2, p.235-239, 1997.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica – UFRGS**. Porto Alegre: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 60 p.

BERINGER, V.H.; HESS, G. Brauchbarkeit der Pflanzenanalyse zur bemessung später N-gaben zu winterweizen. **Landwirtschaftliche Forschung**, Berlim, v.32, p. 384-394, 1979.

BINFORD, G.D.; BLACKMER, A.M.; MEESE, B.G. Optimal concentrations of nitrate in cornstalks at maturity. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.5, p.881-887, 1992.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.317-323, 2001.

BREDEMEIER, C. **Predição da necessidade de nitrogênio em cobertura em trigo e aveia**. 101f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós - Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BREMNER, J.M. Organic nitrogen in soils. In: BARTHOLOMEW, W.V. (Ed.) **Soil nitrogen**, Madison: ASA/SSSA, 1956a. p.93-149.

BROCKLEHURST, P.A.; MOSS, J.P.; WILLIAMS, W. Effects of irradiance and water supply on grain development in wheat. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.90, p.265-276, 1978.

CAMARGO, F.A.O. **Fracionamento e dinâmica do nitrogênio orgânico em solos do Rio Grande do Sul**. 1996. 152f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós - Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.4, p. 575-579, 1997.

CAMPBELL, C.A.; JAME, Y.W.; JALIL, A.; SCHOENAU, J. Use of rot KCL-NH<sub>4</sub>-N to estimate fertilizer N requirements. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.77, n.2, p.161-166, 1997.

CANNELL, D.E. The tillering pattern in barley varieties. II. The effect of temperature, light intensity and daylength on the frequency of occurrence of the coleoptile node and second tillers in barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.27, n.3, p.423-435, 1969b.

CARRIQUIRY, M.; MORÓN, A.; SAWCHIK, J. Potencial de mineralización de nitrógeno de suelos del area agrícola del Uruguay. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Santiago. Santiago, 1999. p.15-24. CD-ROM.

CERETTA, C. A.; SILVEIRA, M. J. da. Adubação nitrogenada no Sistema Plantio Direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: Aldeia Norte, 2002. p.115-127.

COMISSÃO DE FERILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 223 p.

COMISSÃO DE PESQUISA DE CEVADA. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2001 e 2002**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 80 p.

CREGAN, P.B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 67, p. 97-111, 1984.

DA ROS, C.O. **Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto**. Santa Maria: UFSM, 1993. 85f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em Biodinâmica do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.30, n.4, p.832-836, 1990.

DICK, W., A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.102-107, 1983.

DONOHUE, S.J.; BRANN, D.E. Optimum N concentration in winter wheat grown in the coastal plain region of Virginia. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.15, n.6, p.651-661, 1984.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.4, p.765-771, 1980.

EASSON, D.L. The timing of nitrogen application for spring barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.102, n.3, p.673-678, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ENGEL, R.E.; ZUBRISKI, J.C. Nitrogen concentrations in spring wheat at several growth stages. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.13, n.7, p.531-544, 1982.

ESPINDOLA, J.A.A. et al. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.8, n.1, p.104-113, 2001.

EVANYLO, G.K. Dryland corn response to tillage and nitrogen fertilization.I. Growth-yield-N relationships. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.21, n.1-2, p.137-170, 1990.

FISCHER, R.A. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. **The Journal of Agricultural Science**, New York, v.105, p.447-461, 1985.

FISK, M.C.; SCHMIDT, S.K. Nitrogen mineralization and microbial biomass nitrogen dynamics in three alpine tundra communities. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, n.4, p.1036-1043, 1995.

FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P. Field testing of several nitrogen availability indexes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, n.5, p.747-750, 1978.

FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P.; MACNEAL, K.M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.25, n.3-4, p.171-181, 1994.

FRANÇA, S. **Efeitos da disponibilidade de nitrogênio e água na fotossíntese, crescimento e produção do milho, em diferentes sistemas de cultura**. 2003. 170f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós - Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FREDERICK, J.R.; MARSHALL,. Grain yield and yield components of soft red wheat as affected by management practices. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.3, p.495-499, 1985.

GALANTINI, J.A.; LANDRISCINI, M.R.; ROSELL, R.A. Padrones de acumulacion, balance y particion de nutrientes em diferentes sistemas de produccion con trigo. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, v.29, n.2, p.99-112, 2000.

GARCIA DEL MORAL, L.F. et al. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient análisis. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1179-1185, 1991.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C. et al. Consorciação de plantas de cobertura: decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa. In: FERTBIO 2000, Santa Maria. Santa Maria, 2000. CD-ROM.

GOLIK, S.I.; CHIDICHIMO, O.H.; PÉREZ, D. et al. Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.5, p.619-626, 2003.

GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.601-616, 2001.

HARRIS, G.H.; HESTERMAN, O.B. Quantifying the nitrogen contribution from alfalfa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.129-134, 1990.

HAUCK, R.D. Epilogue. In: HAUCK, R. D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: SSSA, 1984. p.782-787.

HAUN, J.R. Visual quantification of wheat development. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.1, p.116-119, 1973.

HEBERT, J. Nitrogen. In: BONNEAU, M.; SOUCHER, B. (Eds.). **Constituents and properties of soil**. New York: Academic Press, 1982. p.435-442.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p.1021-1030, 1985.

HOOKE, M.L.; MOHIUDDIN, S.H.; KANEMASU, E.T. The effect of irrigation timing on yield and yield components of winter wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.63, p.815-823, 1983.

HOSSAIN, S.A. et al. Soil nitrogen and organic carbon accretion and potentially mineralisable nitrogen. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v.34, p.273-287, 1996.

IPAGRO. **Observações Meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1979. 272p. (Boletim Técnico, 3).

KARLEN, D.L.; WHITNEY, D.A. Dry accumulation, mineral concentrations, and nutrient distribution in winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.27, n.2, p.281-288, 1980.

KEENEY, D.R. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. In: STEVENSON, F.J. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: SSSA, 1982. p.605-649.

KIRBY, E.J.M. Analysis of leaf, stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.18, p.127-140. 1988.

KIRBY, E.J.M. Significant stages of ear development in winter wheat. In: DAY, W.; ATKIN, R.K. (Eds.). **Wheat growth and modelling**. New York: Plenum Press, 1985. p.7-24.

KIRBY, E.J.M.; FARIS, D.G. The effect of plant density on tiller growth and morphology in barley. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.88, n.2, p.381-389, 1977.

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.5, p.353-356, 1991.

LADD, J.N.; AMATO, M. The fate of nitrogen from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat under field conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.18, n.4, p.417-425, 1986.

LAMB, D. Soil nitrogen mineralization in a secondary rainforest succession. **Oecologia**, Berlin, v.47, p.257-263, 1980.

LAMOTHE, A.G. **Manejo del nitrógeno para aumentar productividad en trigo**. Montevideo: INIA, 1994. 26 p. (Serie Técnica, 54).

LANGER, R.H.M.; HANIF, M. A study of floret development in wheat (*Triticum aestivum*). **Annals of Botany**, Oxford, v. 37, p.743-751, 1973.

LANGER, R.H.M.; LIEW, F.K.Y. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet development and grain production and on grain nitrogen in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.31, p.647-656, 1973.

LARGE, E.C. Growth stages in cereals. **Plant Pathology**, London, v.3, p.128-129, 1954.

LARSSON, C.M. Responses of the nitrate uptake system to external nitrate availability: a whole plant perspective. In: ROY, J.; GARNIER, E. (Eds.). **A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions**. The Hague: SPD Academic, 1994. p.47-59.

LAWLOR, D.W. Relation between carbon and nitrogen assimilation, tissue composition and whole plant function In: ROY, J.; GARNIER, E. (Eds.). **A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions**. The Hague, Netherlands: SPB Academic, 1994. p.47-60.

LAWLOR, D.W.; LEMAIRE, G. GASTAL, F. Nitrogen, plant growth and crop yield. In: LEA, P.J.; MOROT-GAUDRY, J.F. (Eds.). **Plant nitrogen**. Berlin: Springer-Verlag, 2001. p.343-367.

MARY, B. et al. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.181, n.1, p.71-82, 1996.

MASON, M. Effect of agronomic practices on wheat protein levels. **Journal Agricultural West Australian**, Victoria, v.28, p.128-129, 1987.

McMASTER, G.S. Phenology, development and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. **Advances in Agronomy**, Madison, v.59, p.63-118, 1997.

MILLARD, P. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.11, p.1-8, 1988.

MULDER, E.G. Effect of mineral nutrition on lodging in cereals. **Plant and Soil**. The Hague, v.5, p. 246-306, 1954.

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

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. A cv. de trigo EMBRAPA 16 responde ao nitrogênio aplicado no final do afilhamento. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, 18., Passo Fundo, 1999. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p.700-704.

MUNDSTOCK, C.M.; MARTIN, E. **Resultados experimentais de épocas de aplicação e doses de adubação nitrogenada em quatro variedades de trigo**. Porto Alegre: Departamento de Fitotecnia da UFRGS, 1972. 9 p.

NAYLOR, R.E.L.; STOKES, D.T.; MATTHEWS, S. Biomass, shoot uniformity and yield of winter barley. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.131, n.1, p.13-21, 1998.

NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; WIERENGA, P.J. Nitrogen transport process in soil. In: STEVENSON, P.J. (Ed). **Nitrogen in Agriculture Soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.423-448.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. New York: Academic Press, 1996. 340 p.

PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C.A. et al. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.9, p.1427-1432, 1994.

PENNY, A.; WIDDOWSON, F.V.; JENKYN, J.F. Results from experiments on winter barley measuring the effects of amount and timing of nitrogen and some other factors on the yield and nitrogen content of the grain. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.106, n.3, p.537-549, 1986.

PERUZZO, G.; GOCKS, A.; ANTONIAZI, N. Efeito do nitrogênio na cultura da cevada, 1993. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 14., Passo Fundo, 1994. **Resultados de Pesquisa de Cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996. p.65-68.

PIERZYNSKY, G.M.; SIMS, J.T.; VANCE, G.F. **Soils and environmental quality**. Flórida: CRC Press, 1994. 313p.

PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v.25, p. 209-263, 1973.

PÖTTKER, D. et al. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.10, p.1197-1201, 1984.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. especial, p.501-507, 1998.

RAISSON, R.J.; CONNELL, J.E.; KHANNA, P.K. Methodology for studying fluxes of soil mineral-N *in situ*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n.5, p.521-530, 1987.

RAMOS, J.M.; DE LA MORENA, I.; GARCÍA DEL MORAL, L.F. Barley response to rate and timing in a Mediterranean environment. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.20, n.2, p.175-182, 1995.

RAMOS, M. Caracterização da curva de resposta do trigo à aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.5, p.611-615, 1981.

RIS, J.; SMILDE, K. W.; WIJNEN, G. Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops as based on soil analysis. **Fertilizer Research**, The Hague, v.2, n.1, p.21-32, 1981.

ROCHA, A. **Estudo de características de genótipos de aveia e de trigo e suas relações com a quebra de colmos**. 1996. 124f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

RODRIGUES, O. Manejo do trigo: bases ecofisiológicas. In: CUNHA, G.R.; BACALTCHUK, B. (Eds.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 404 p. (Série culturas, 2).

ROTH, G.W.; FOX, R.H; MARSHALL, H.G. Plant tissue tests for predicting nitrogen fertilizer requirements of winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.502-507, 1989.

SALET, R.L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema de plantio direto**. 1994. 110f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós – Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SAMAPIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Mineralização e absorção por milho do nitrogênio do solo, da palha de milho-<sup>(15N)</sup> e da uréia-<sup>(15N)</sup>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.423-429, 1993.

SANDER, D.H.; WALTERS, D.T.; FRANK, K.D. Nitrogen testing for optimum management. **Journal of Soil and Water Conservation**, Iowa, v.49, n.2, p. 1-7, 1994.

SANTI, A. **Adubação nitrogenada na aveia preta (*Avena strigosa*): decomposição da fitomassa, liberação de nitrogênio e rendimento do milho em sucessão**. Santa Maria:UFSM, 2001. 78f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - Graduação em Biodinâmica do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

SANTRUCHOVA, H.; STRASKRAVA, M. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, n.6, p.525-532, 1991.

SAWCHICK, J. **Dinâmica del nitrógeno em la rotación cultivo: pastura bajo laboreo convencional y siembra directa**. Publicaciones on-line. Estanzuela: INIA, 2001. p.323-345. (Série técnica, 33).

SCHARF, P.C.; ALLEY, M.M. Spring nitrogen on winter wheat: II. A flexible multicomponent recommendation system. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.6, p.1186-1192, 1993.

SCHARF, P.C.; ALLEY, M.M.; FEI, Y.Z. Spring nitrogen on winter wheat: I. Farmer field validation of tissue test-based rate recommendations. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.6, p.1181-1186, 1993.

SCHRÖDER, J.J. et al. Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.58, n.1, p.55-67, 1998.

SHAH, S.A. et al. Management effects on yield and yield components of late-planted wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, n.5, p.1298-1303, 1994.

SIMONS, R.G. Tiller and ear production of winter wheat. **Field Crop Abstract**, Oxon, V.35, n.11, p.857-870, 1982.

SINGLE, W.V. The influence of nitrogen supply on the fertility of the wheat ear. **Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v.3-4, n.12, p.165-172, 1964.

STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. **Journal Environmental Quality**, Madison, n.2, p.159-166, 1973.

STANFORD, G.; LEGG, J.D.; SMITH, S.J. Soil nitrogen availability evaluation based on nitrogen mineralization potential and uptake of labeled and unlabeled nitrogen by plant. **Plant and Soil**, The Hague, v.39, p. 113-124, 1973.

STANFORD, G.; SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potential of soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.36, p.465-472, 1972.

STEVENSON, F.J. Origen and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soil**. Madison: ASA/SSSA, 1982a. p. 1-14.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed., Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M.; MIELNICZUCK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.207-214, 1994.

THEOBALD, J.C. et al. Estimating the excess investment in ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/ oxygenase in leaves of spring wheat grown under elevated CO<sub>2</sub>. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.118, p.945-955, 1998.

ZEBARTH, B.J.; SHEARD, R.W. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter wheat in Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.72, n.1, p.13-19, 1992.

WAMSER, A. F. **Estádios críticos para suplementação nitrogenada em cevada**. 2002. 117f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

WHINGWIRI, E.E.; KEMP, D.R. Spikelet development and grain yield of the wheat ear in response to applied nitrogen. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v.31, p.637-647, 1980.

WILSON, W.S.; MOORE, K.L.; ROCHFORD, A.D.; VAIDYANATHAN, L.V. Fertilizer nitrogen addition to winter wheat crops in England: comparison of farm

practices with recommendations allowing for soil nitrogen supply. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.127, n.1, p.11-22, 1996.

WLLIAMS, R.F. Development of the inflorescence in Gramineae. In: MILTHORPE, F.L.; IVINS, J.D. (Eds.). **The growth of cereals and grasses**. London: Butterworth, 1966.

## 8. APÊNDICES

**APÊNDICE 1** – Índice de colheita aparente de cevada (%) avaliado imediatamente antes da colheita, com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de milho e de soja, no ano agrícola de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Resteva		Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Resteva	
Semeadura	Afilhamento	Milho	Soja	Semeadura	Afilhamento	Milho	Soja
	Sem N	34 <sup>ns</sup>	26 <sup>ns</sup>		Sem N	31	33
	20	38	38		20	33	36
Sem N	40	31	37	60	40	38	33
	60	35	35		60	40	42
	80	31	40		80	34	32
	Sem N	41	35		Sem N	36	38
	20	32	33		20	33	31
20	40	36	34	80	40	38	39
	60	41	27		60	36	27
	80	37	39		80	34	26
	Sem N	39	38				
	20	41	37				
40	40	33	39				
	60	34	43				
	80	40	40				
<b>Média geral</b>						<b>36</b>	<b>35</b>
<b>CV (%)</b>						<b>15</b>	<b>9</b>

<sup>ns</sup> Análise de variância não significativa, pelo F-teste

**APÊNDICE 2** – Rendimento biológico aparente de cevada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das 5 doses de N no aphilamento) e no aphilamento (média das 5 doses de N na semeadura), em área sob resteva de soja e de milho, no ano agrícola de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Restevas	
	Soja	Milho
<b>Semeadura</b>		
Sem N	6380 <sup>ns</sup>	5530 b <sup>1</sup>
20	6260	5680 b
40	6260	7080 a
60	6980	6480 ab
80	7080	6760 ab
<b>Aphilamento</b>	<b>Soja</b>	<b>Milho</b>
Sem N	5280 c <sup>2</sup>	4430 c <sup>2</sup>
20	5940 bc	6020 b
40	6960 ab	6530 ab
60	6750 b	7140 a
80	8030 a	7410 a
<b>Média geral</b>	<b>6590</b>	<b>6310</b>
<b>CV (%)</b>	<b>21</b>	<b>24</b>

<sup>ns</sup> Análise de variância não significativa, pelo F – teste

<sup>1</sup> Médias das doses de N no aphilamento seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>2</sup> Médias das doses de N na semeadura seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

**APÊNDICE 3** – Percentagem de grãos de primeira qualidade de cevada (>2,5 mm) no espigamento em função de doses de N aplicadas na semeadura (média das 5 doses de N aplicadas no afilhamento) e no afilhamento (média das 5 doses de N aplicadas na semeadura), em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul EEA/ UFRGS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Restevas			
	Semeadura	Soja		Milho
		2002	2003	2002
Sem N	97,1 <sup>1</sup>	96,4 <sup>1</sup>	96,8 <sup>1</sup>	96,1 b <sup>2</sup>
20	97,3	96,6	97,2	96,8 a
40	97,2	96,7	97,1	96,9 a
60	97,2	96,6	97,1	96,7 b
80	97,1	96,4	97,2	96,6 b
<b>Afilhamento</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
Sem N	97,2 ab <sup>3</sup> A <sup>4</sup>	97,1 a <sup>1</sup> A <sup>4</sup>	97,0 ab <sup>3 (5)</sup>	96,9 a <sup>3 (5)</sup>
20	97,5 a A	97,1 a A	97,2 ab	96,7 b
40	96,8 ab A	96,6 a A	97,2 a	96,8 b
60	96,4 b A	96,3 ab A	96,9 b	96,4 b
80	96,2 b A	95,6 b B	96,7 b	96,2 b
<b>Média geral</b>	97,2	96,6	97,1	96,6
<b>CV (%)</b>	0,5	0,9	0,5	0,7

<sup>1</sup> Análise de variância para a interação (ano x dose de N na semeadura) não significativa pelo F - teste

<sup>2</sup> Médias das doses de N no afilhamento seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>3</sup> Médias das doses de N na semeadura seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>4</sup> Médias na linha, dentro de cada resteva, comparam anos pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>5</sup> Análise de variância para a interação (ano x dose de N no afilhamento) não significativa pelo F - teste

**APÊNDICE 4** – Peso do grão de cevada (mg) avaliado em plantas submetidas a doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, no ano agrícola de 2002. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Resteva		Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Resteva	
Semeadura	Afilhamento	Milho	Soja	Semeadura	Afilhamento	Milho	Soja
	Sem N	41,2	42,1 b <sup>1</sup>		Sem N	45,4 <sup>ns</sup>	44,3 <sup>ns</sup>
	20	45,1 a	44,6 ab		20	44,9	44,3
Sem N	40	45,2 a	44,5 ab	60	40	44,6	44,1
	60	47,8 a	45,6 a		60	44,8	44,7
	80	44,7 a	44,2 ab		80	45,4	44,3
	Sem N	44,3 <sup>ns</sup>	44,5 <sup>ns</sup>		Sem N	44,6 <sup>ns</sup>	43,4 <sup>ns</sup>
	20	44,3	44,6		20	45,5	43,4
20	40	44,1	44,2	80	40	45,7	43,2
	60	45,9	43,5		60	43,8	43,6
	80	45,1	44,2		80	44,9	43,1
	Sem N	43,8 <sup>ns</sup>	44,4 <sup>ns</sup>				
	20	44,9	43,5				
40	40	44,1	43,3				
	60	44,5	44,3				
	80	44,9	43,9				
<b>Média geral</b>						<b>44,7</b>	<b>44,1</b>
<b>CV (%)</b>						<b>2,4</b>	<b>2,38</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

<sup>ns</sup> Médias não apresentam diferenças entre si.

**APÊNDICE 5** – Médias de rendimento de grãos de cevada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) com doses de N na semeadura e no afilamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Resteva de soja		Resteva de milho	
		Anos			
Semeadura	Afilamento	2002	2003	2002	2003
	Sem N	1510	2250	1570	2060
	20	2390	3010	2340	2670
Sem N	40	2520	3090	2590	3060
	60	2840	3630	2890	3420
	80	3480	3610	3140	3900
	Sem N	1420	2890	1710	2170
	20	2420	2980	2260	2860
20	40	2940	3320	2580	3490
	60	2880	3860	2600	3510
	80	3040	3810	2910	3740
	Sem N	1750	3090	1820	2560
	20	2810	3410	2460	3350
40	40	3020	3537	2620	3870
	60	3290	4060	2940	4010
	80	3310	3920	2870	3850
	Sem N	1880	3620	1940	2540
	20	2300	3770	2350	3010
60	40	2630	4040	2780	3570
	60	2980	4060	2620	3570
	80	3030	3640	3070	3780
	Sem N	2120	3470	1960	3430
	20	2760	3800	2550	3330
80	40	2640	3640	2820	4000
	60	3010	4120	2720	3730
	80	2950	3290	3080	3840
<b>Média geral</b>		<b>2640</b>	<b>3530</b>	<b>2530</b>	<b>3330</b>

**APÊNDICE 6** – Médias de massa seca acumulada na parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Resteva de soja		Resteva de milho	
		Anos			
Semeadura	Afilhamento	2002	2003	2002	2003
Sem N	Sem N	2080	3470	2670	2890
	20	2950	4900	2700	3460
	40	3230	5340	3500	5080
	60	3290	7100	4450	5530
	80	4010	7480	3800	5850
20	Sem N	2070	4010	2410	3070
	20	3550	4710	3520	4210
	40	3280	6150	3620	5930
	60	4020	7180	4660	7360
	80	5040	7480	4020	7530
40	Sem N	3420	5100	2400	4120
	20	4000	6350	4250	6020
	40	3690	6670	4560	6300
	60	4640	7050	4230	6890
	80	3901	7740	3800	6570
60	Sem N	3780	6070	2870	4390
	20	3600	7180	3800	5530
	40	4760	8260	4130	5280
	60	4920	7770	4510	7580
	80	3893	7290	4740	7760
80	Sem N	3870	5890	3190	6080
	20	4230	7530	5000	6600
	40	4330	8220	4540	7640
	60	4760	8940	5110	7990
	80	4080	8710	4780	8170
<b>Média geral</b>		<b>3790</b>	<b>6620</b>	<b>3960</b>	<b>5910</b>

**APÊNDICE 7** – Médias de N acumulado na parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) com doses de N na semeadura e no afilamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Resteva de soja		Resteva de milho	
		Anos			
Semeadura	Afilamento	2002	2003	2002	2003
Sem N	Sem N	12,42	28,83	22,68	24,96
	20	30,66	68,84	35,21	40,79
	40	38,61	61,97	48,85	68,87
	60	41,80	93,86	58,00	74,08
	80	42,32	102,67	56,60	84,24
20	Sem N	29,13	39,55	33,90	32,93
	20	55,61	46,64	44,70	49,10
	40	40,75	84,82	50,63	74,12
	60	73,25	102,21	82,56	96,75
	80	92,14	120,27	74,22	113,23
40	Sem N	54,58	54,09	29,66	52,36
	20	64,14	73,15	66,70	86,39
	40	50,32	83,44	58,02	71,53
	60	76,13	122,12	76,16	88,54
	80	70,39	130,29	71,73	105,91
60	Sem N	56,17	62,01	35,32	58,79
	20	58,85	82,66	50,35	63,22
	40	71,16	131,68	53,55	80,12
	60	74,32	121,44	71,70	129,31
	80	57,66	142,43	89,24	127,42
80	0	54,73	69,76	51,75	60,83
	20	64,77	89,71	68,45	102,18
	40	76,26	101,21	86,49	116,99
	60	69,07	106,25	86,09	129,06
	80	69,41	108,57	74,58	148,78
<b>Média geral</b>		<b>56,25</b>	<b>93,45</b>	<b>60,26</b>	<b>83,20</b>

**APÊNDICE 8** – Médias de concentração de N no tecido ( $\text{g kg}^{-1}$ ) com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Resteva de soja		Resteva de milho	
		Anos			
Semeadura	Afilhamento	2002	2003	2002	2003
Sem N	Sem N	8,15	8,29	8,00	8,57
	20	10,47	11,13	9,60	11,79
	40	11,54	11,65	14,31	13,47
	60	15,08	13,01	12,60	13,32
	80	12,17	13,67	15,51	14,56
20	Sem N	14,16	12,90	14,80	10,60
	20	13,80	11,50	14,90	13,60
	40	13,10	14,50	13,60	14,90
	60	18,20	15,80	14,90	13,10
	80	17,90	17,90	18,50	15,80
40	Sem N	16,09	10,58	12,30	14,00
	20	14,60	11,80	12,40	14,50
	40	13,80	12,00	15,70	13,80
	60	15,50	17,60	12,70	13,30
	80	18,20	18,40	18,40	16,10
60	Sem N	15,12	11,83	12,70	13,10
	20	13,70	11,60	12,80	11,30
	40	13,90	13,90	13,40	15,20
	60	14,70	15,80	13,20	21,40
	80	14,70	20,40	17,10	21,60
80	Sem N	14,78	11,83	16,71	13,90
	20	15,10	11,40	16,00	15,50
	40	14,90	16,50	13,60	15,60
	60	15,70	13,00	18,90	15,80
	80	17,00	21,40	17,70	1,84
<b>Média geral</b>		<b>14,60</b>	<b>13,76</b>	<b>14,90</b>	<b>13,80</b>

**APÊNDICE 9** – Médias do teor de proteína nos grãos (%) com doses de N na semeadura e no afilhamento, em áreas sob restevas de soja e de milho, nos anos agrícolas de 2002 e de 2003. Eldorado do Sul - EEA/ UFRGS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Resteva de soja		Resteva de milho	
		Anos			
Semeadura	Afilhamento	2002	2003	2002	2003
Sem N	Sem N	11,15	10,65	10,93	11,16
	20	9,77	10,09	10,22	9,83
	40	10,76	12,96	10,45	9,24
	60	11,07	12,37	10,64	9,58
	80	10,52	10,98	10,69	12,00
20	Sem N	11,07	10,10	10,82	9,68
	20	10,07	10,23	9,88	11,81
	40	10,88	10,27	10,22	12,06
	60	10,49	11,13	10,54	12,52
	80	11,32	11,62	10,52	10,54
40	Sem N	11,06	10,64	10,36	10,81
	20	10,56	11,03	10,61	10,23
	40	10,89	12,06	10,99	10,83
	60	12,14	11,85	10,88	10,75
	80	10,95	12,07	10,94	10,42
60	Sem N	10,46	10,68	10,70	11,13
	20	10,07	10,06	10,49	10,46
	40	10,45	11,84	10,65	11,48
	60	11,02	11,85	10,87	10,96
	80	10,91	14,37	11,45	11,46
80	Sem N	10,35	11,16	10,56	11,47
	20	10,97	11,84	10,72	10,10
	40	11,34	13,34	10,50	10,21
	60	11,10	14,11	11,03	11,06
	80	11,55	13,99	10,90	11,92
<b>Média geral</b>		<b>10,85</b>	<b>11,65</b>	<b>10,65</b>	<b>10,86</b>

## 9. VITA

Naracelis Poletto, filha de Edy Terezinha Poletto e Antonio Miguel Poletto, nasceu em 09 de agosto de 1978 em São José do Ouro, Rio Grande do Sul.

Estudou na Escola Estadual Adelino Bianchin onde completou o primeiro grau. O segundo grau cursou na Escola Estadual José Gelain, em São José do Ouro. Em 1997 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), graduando-se Engenheira Agrônoma em 1º de março de 2002. Em março de 2002 ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Manejo e Fisiologia de Plantas de Lavoura, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).