



UFSM

Dissertação de Mestrado

**POTENCIAL DE CICLAGEM DE NITROGÊNIO E
POTÁSSIO PELO NABO FORRAGEIRO INTERCALAR
AO CULTIVO DO MILHO E TRIGO SOB PLANTIO
DIRETO**

Rodrigo Rubin Rossato

PPGCS

Santa Maria, RS, Brasil.

2004

**POTENCIAL DE CICLAGEM DE NITROGÊNIO E
POTÁSSIO PELO NABO FORRAGEIRO INTERCALAR
AO CULTIVO DO MILHO E TRIGO SOB PLANTIO
DIRETO**

por

Rodrigo Rubin Rossato

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência do Solo.**

PPGCS

Santa Maria, RS, Brasil.

Mai 2004

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

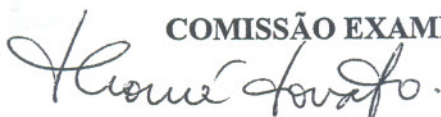
**POTENCIAL DE CICLAGEM DE NITROGÊNIO E
POTÁSSIO PELO NABO FORRAGEIRO INTERCALAR AO
CULTIVO DO MILHO E TRIGO SOB PLANTIO DIRETO**

elaborada por

Rodrigo Rubin Rossato

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

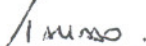
COMISSÃO EXAMINADORA:



Dr. Thomé Lovato (Presidente/Orientador) – UFSM



Ph. D. João Mielniczuk – UFRGS



Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado – UFSM

Santa Maria, 26 de maio de 2004.

**“O trabalho que faço pode
significar uma gota no oceano,
mas se eu não fizesse,
provavelmente esta gota faltaria.”**

(Madre Tereza de Calcutá)

Agradecimentos

A aquele que me guia sem eu saber, me acompanha sem eu pedir, me protege sem eu querer, me perdoa sem nada pedir. À aquele, em quem eu acredito sem ver.

À minha família, em especial a meus pais, fonte de amor e dedicação, exemplo de trabalho e apoio constante, pelas orações e confiança depositadas em mim. Devido a vocês a elaboração deste trabalho tornou-se mais suave, pois sei, que muitas vezes as minhas preocupações tornaram-se suas. A quem dedico esta conquista e todas as que virão.

À Ana Emília, pela apoio e incentivo constantes e compreensão de minha ausência.

À família de Ricardo Rossato, pelo apoio e acolhida no início de meus estudos.

Ao Professor Orientador Thomé Lovato, pela confiança depositada, amizade construída, pelo estímulo sempre conseguido e pelo exemplo profissional demonstrado.

Ao Professor Telmo Jorge Carneiro Amado, por ter me oportunizado iniciar na atividade de Iniciação Científica nesta Universidade. E ao Professor João Mielniczuk e Flávio Eltz pelas colaborações prestadas a elaboração deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Solos, em especial ao Laboratorista Finamor, pela paciência e amizade e ao secretário Tarcísio pela atenção e amizade.

À Ana Paula, pela amizade e colaboração na elaboração desta dissertação e a Sandra Feijó, pelo auxílio e apoio na análise dos dados.

Aos amigos e colegas do laboratório de Uso, Manejo e Conservação do Solo, pelas discussões interessantes e pela conversa jogada fora, pelo cansaço e trabalhos divididos, sem vocês o desenvolvimento deste trabalho seria mais árduo.

À UFSM, pela oportunidade oferecida, em especial ao Departamento de Solos que através do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo proporcionou minha formação, e pelos ensinamentos transmitidos pelo seu conceituado corpo docente.

A sociedade, pelo financiamento de meus estudos durante todo período escolar e universitário.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante o curso.

Aos colegas de curso, pelas dificuldades e conquistas que dividimos.

Aos colegas de moradia, Maurício e Eduardo de Bortoli, Fernando e Leonardo Rossato, Felipe Facco, Alex Nakalski e Bernardo Zanardo, pelo mate dividido, a amizade compartilhada e pela facilidade de fazerem surgir o sorriso mesmo nos momentos mais difíceis.

À vida por mais este momento.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

POTENCIAL DE CICLAGEM DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO PELO NABO FORRAGEIRO INTERCALAR AO CULTIVO DO MILHO E TRIGO SOB PLANTIO DIRETO

Autor: Rodrigo Rubin Rossato

Orientador: Thomé Lovato

Santa Maria, 26 de maio de 2004

O melhor entendimento da ciclagem de nutrientes pelas culturas proporciona uma visão mais clara, da colaboração das plantas no acúmulo e disponibilidade de nutrientes para o Sistema Plantio Direto. A hipótese do trabalho é que o nabo forrageiro antes do trigo aumenta o rendimento e absorção de nitrogênio e potássio pelo trigo. Para testar esta hipótese, desenvolveu-se dois experimentos com o objetivo geral de avaliar o potencial do nabo forrageiro em ciclar nitrogênio (N) e potássio (K) quando cultivado na entressafra de milho e trigo. Os objetivos específicos foram, avaliar o diferencial de absorção de nitrogênio e potássio pelo trigo nos tratamentos com e sem nabo na entressafra e estimar o rendimento de grãos das culturas econômicas envolvidas. Para isso, foram feitas as análises de tecido nas diferentes culturas e determinado os acúmulos destes elementos, bem como sua exportação. Os dois experimentos foram conduzidos em uma mesma área experimental num Latossolo Vermelho distrófico típico, numa propriedade rural em Fortaleza dos Valos, RS. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições em faixas com parcelas subdivididas. Os

tratamentos do experimento I constaram de diferentes doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e de K₂O (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) aplicados ao milho precedido pela aveia preta. No experimento II utilizou-se as mesmas doses de N do experimento I, com a utilização de 80 kg de K₂O ha⁻¹ em todas as parcelas aplicados no milho precedido pela aveia+ervilhaca. Posteriormente a colheita do milho, implantou-se em metade das parcelas dos dois experimentos a cultura do nabo forrageiro, permanecendo a outra metade em pousio durante um período de 97 dias. Após a coleta de matéria seca do nabo forrageiro implantou-se o trigo em toda a área experimental. As diferentes culturas de cobertura utilizadas antecedendo o milho influenciaram a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes no florescimento do milho. As doses de N utilizadas aumentaram significativamente o acúmulo de nutrientes, massa seca e grãos de milho, enquanto que as doses de K₂O não mostraram efeito significativo para estes mesmos parâmetros. A maior dose de N aplicado ao milho, refletiu em maior acúmulo de MS, N, P e K no nabo forrageiro nos dois experimentos. Para a adição de C o mesmo efeito foi encontrado no Experimento I, mas no Experimento II não houve diferença estatística. Os acúmulos de K pelo nabo forrageiro foram bem maiores do que o exportado pelos grãos do milho e trigo indicando a alta capacidade de absorção de K em situações de alta disponibilidade. A produção de MS e grãos de trigo e os nutrientes acumulados foram maiores onde houve o cultivo da entressafra com a cultura do nabo forrageiro do que onde o pousio antecedeu a cultura do trigo e a adição de C foi crescente com a adição das doses de N no milho e com o cultivo do nabo forrageiro na entressafra do milho e trigo.

ABSTRACT

Master Science Dissertation

Graduate Program in Science of the Soil
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil.

POTENTIAL OF NITROGEN AND POTASSIUM CYCLING FOR THE OILSEED RADISH TO INSERT BETWEEN CORN AND WHEAT UNDER NO- TILLAGE.

Author: Rodrigo Rubin Rossato

Advisor: Thomé Lovato

Santa Maria, May 26, 2004

The best understanding of nutrients cycling by crops provides a clearer vision of the contribution of the plants in the accumulation and availability of nutrients in no -tillage. The hypothesis of this work is that the use of the oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *olereifus* Metzg.) before the wheat increase the yield and absorption of nitrogen and potassium for this crop. To test this hypothesis, was carried out two experiments with the objective of evaluate the potential of the oilseed radish to cycle nitrogen (N) and potassium (K) when cultivated after corn and before wheat. The specific objectives were to evaluate the diferencial of absorption of nitrogen and potassium for the wheat in the treatments with and without oilseed radish before wheat and grain yield of the cash crops involved. For that, tissue analysis were made for the crops and accumulation of these elements were determined as well as your exportation. The two experiments were carried out in a same experimental area in a Latossolo Vermelho distrófico Tipico, in a rural property in Fortaleza of Valos, RS. The experimental design was random blocks with three repetitions in strips with subdivided plots. The treatments of the experiment I consisted of

different doses of N (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) and of K₂O (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) applied to the corn preceded by the black oat (*Avena strigosa*). In the experiment II was used the same doses of N of the experiment I, with the use of 80 kg of K₂O ha⁻¹ in all plots applied in the corn preceded by the black oat+common vetch (*Vicia sativa*). After corn harvest, oilseed radish was seeded in half of each plot of the two experiments, staying. The other half without crop during a 97 days period. After the dry matter sampling of the oilseed radish, the wheat was seeded in the whole experimental area. The different cover crops used preceding the corn influenced the corn production of dry matter and the nutrients accumulation. The corn doses of N used showed significant increment in the accumulation nutrients, dry mass and grain yield, while the doses of K₂O didn't have statistically effect for the same parameters. The largest dose of applied N to the corn resulted in larger accumulation of dry matter, N, P and K of the oilseed radish in the two experiments. For the addition of C, the same effect was found in the experiment I, but in the experiment II there was not statistical differences. The amount of K accumulated for oilseed radish were much larger than the amount exported by the corn and wheat grains, indicating the large capacity of absorption of K by this situations of high availability. The production of wheat dry matter and grains and the accumulated nutrients were larger where there was the cultivation of the oilseed radish than where no cultivation preceded the culture of the wheat and the addition of C was increased with the addition of the doses of N in the corn and with the cultivation of the oilseed radish after corn and before wheat.

SUMÁRIO

RESUMO	07
ABSTRACT	09
SUMÁRIO	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE APÊNDICES	20
1 INTRODUÇÃO	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 A matéria orgânica no Sistema Plantio Direto em solos tropicais	27
2.2 O ciclo do nitrogênio em agroecossistemas	31
2.2.1 Mineralização e imobilização de N no solo.....	32
2.2.2 Perdas de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação.....	34
2.3 O ciclo do potássio no solo	36
2.4 Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura	39
2.4.1 Rotação de culturas e ciclagem de nutrientes.....	41
3 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	46
3.2 Clima.....	47
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	47
3.4 Análise estatística.....	49
3.5 Detalhes experimentais.....	49
3.5.1 Semeadura e avaliações efetuadas nas plantas de cobertura de inverno em 2002.....	49
3.5.2 Implantação e avaliações efetuadas na cultura do milho na safra de 2002/2003.....	52
3.5.3 Implantação e avaliações efetuadas na cultura do nabo forrageiro em 2003.....	54

3.5.4 Implantação e avaliações efetuadas na cultura do trigo em 2003.....	56
3.5.5 Análises efetuadas na parte aérea das plantas e grãos colhidos.....	58
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1 Situação inicial da área experimental.....	60
4.2 Produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio nas culturas de inverno em 2003.....	63
4.3 Produção de matéria seca, adição de carbono e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados pela parte aérea do milho no florescimento.....	66
4.4 Produção de matéria seca, grãos e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados no milho na colheita.....	73
4.5 Produção de matéria seca, adição de carbono e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados pela parte aérea do nabo forrageiro.....	82
4.6 Produção de matéria seca, adição de carbono e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados pela parte aérea do trigo no florescimento.....	91
4.7 Produtividade de trigo e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados nos grãos.....	95
4.8 Adições de carbono proporcionadas pelo cultivo das espécies envolvidas.....	101
5 CONCLUSÕES.....	104
6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
7. APÊNDICES	115

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Área Superficial Específica (ASE) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) da Matéria Orgânica de alguns argilominerais e de óxidos encontrados no solo.	29
TABELA 02 – Esquema da aplicação das doses de N no milho na safra 2002/2003.	48
TABELA 03 – Esquema da aplicação das doses de K ₂ O no milho na safra 2002/2003.	49
TABELA 04 – Resultados da análise de solo (0-10 cm de profundidade) no ano de 2002 após a dessecação das plantas de cobertura de inverno dos experimentos.	61
TABELA 05 – Produção de matéria seca, relação C/N e nitrogênio (N) fósforo (P) e potássio (K) acumulados na aveia preta no Experimento I.	64
TABELA 06 – Produção de matéria seca, relação C/N e nitrogênio (N) fósforo (P) e potássio (K) acumulados na aveia+ervilhaca no Experimento II.	64
TABELA 07 – Acúmulo de N (N acum.) e K (K acum.) e relação N/K na matéria seca do milho no florescimento no Experimento I em função das doses utilizadas.	71
TABELA 08 – Acúmulo de N (N acum.) e K (K acum.) e relação N/K na matéria seca do milho no florescimento no Experimento II em função das doses utilizadas.	71

TABELA 09 – Acúmulo de N na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N com a aplicação de 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ e sua absorção após o florescimento no Experimento I.....	76
TABELA 10 – Acúmulo de N na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N com a aplicação de 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ e sua absorção após o florescimento no Experimento II.....	76
TABELA 11 – Acúmulo de K na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K ₂ O e sua liberação após o florescimento no Experimento I.	78
TABELA 12 – Acúmulo de K na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ e sua liberação após o florescimento no Experimento II.	78
TABELA 13– Acúmulo de P na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K ₂ O e sua absorção após o florescimento no Experimento I.	81
TABELA 14 – Acúmulo de P na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ e sua absorção após o florescimento no Experimento II.....	82
TABELA 15 – Acúmulo de N na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K ₂ O aplicados ao milho no experimento I	86

TABELA 16 – Acúmulo de N na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II.	86
TABELA 17 – Acúmulo de K na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K ₂ O aplicados ao milho no Experimento I.	88
TABELA 18 – Acúmulo de K na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II.	88
TABELA 19 – Acúmulo de P na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K ₂ O aplicados ao milho no Experimento I.	90
TABELA 20 – Acúmulo de P na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II.	90
TABELA 21 – Acúmulo de N nos grãos de trigo sobre nabo forrageiro e pousio com utilização de diferentes doses de N considerando-se todas doses de K ₂ O aplicados ao milho no Experimento I.	98
TABELA 22 – Acúmulo de N nos grãos de trigo sobre nabo forrageiro e pousio com utilização de diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II.	99

TABELA 23 – Acúmulo de K nos grãos de trigo sobre nabo forrageiro e pousio com utilização de diferentes doses de N considerando-se todas doses de K_2O aplicados ao milho no Experimento I.	100
TABELA 24 – Acúmulo de K nos grãos de trigo sobre nabo forrageiro e pousio com utilização de diferentes doses de N e 80 kg de $K_2O\ ha^{-1}$ aplicados ao milho no Experimento II.	101
TABELA 25 – Adições de carbono proporcionadas pelo cultivo das espécies envolvidas no Experimento I.	102
TABELA 26 – Adições de carbono proporcionadas pelo cultivo das espécies envolvidas no Experimento II.	103

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 01 - Experimento I com a emergência da aveia preta e produção de fitomassa antes do florescimento (A) e Experimento II com a emergência da aveia+ervilhaca e produção de fitomassa antes do florescimento (B). 51
- FIGURA 02 - Emergência do milho na área experimental (A) e distribuição das plantas de milho nas linhas e entrelinhas de plantio (B). .. 53
- FIGURA 03 - Parcela com Nabo Forrageiro aos 97 dias após o plantio. 55
- FIGURA 04 - Vista parcial da área experimental no estágio de florescimento (A) e na colheita do trigo (B). 57
- FIGURA 05 - Cronograma das atividades desenvolvidas durante a condução dos experimentos. 59
- FIGURA 06 - “Museu” dos implementos abandonados pelo produtor após a adoção do Sistema Plantio Direto. 62
- FIGURA 07 - Produção de matéria seca do milho no florescimento no Experimento I com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$ 67
- FIGURA 08 – Produção de matéria seca do milho no florescimento no Experimento II com a utilização de diferentes doses de N e 80 $kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$ 69

FIGURA 09 – Nitrogênio acumulado na matéria seca do milho no florescimento nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$	70
FIGURA 10 – Produção de matéria seca do milho na colheita nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$	74
FIGURA 11 – Produção de grãos de milho no Experimento I com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$	79
FIGURA 12 – Produção de grãos de milho no Experimento II com a utilização de diferentes doses de N e $80\ kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$	80
FIGURA 13 – Produção de matéria seca do nabo forrageiro no Experimento I com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$ no milho.	83
FIGURA 14 – Produção de matéria seca do nabo forrageiro no Experimento II com a utilização de diferentes doses de N e $80\ kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$ no milho.	84
FIGURA 15 – Produção de matéria seca do trigo implantado sobre nabo forrageiro nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$ no milho.	92
FIGURA 16 – Produção de matéria seca do trigo implantado sobre pousio nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e $K_2O\ ha^{-1}$ no milho.	92

- FIGURA 17 – Produção de grãos de trigo implantado sobre nabo forrageiro nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e K_2O ha^{-1} no milho. 96
- FIGURA 18 – Produção de grãos de trigo implantado sobre pousio nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e K_2O ha^{-1} no milho. 97

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A	Precipitação mensal ocorrida nos anos de 2002 e 2003.	115
APÊNDICE B	Croqui da área experimental	115
APÊNDICE C	Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento I e sua relação C/N.	116
APÊNDICE D	Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento I e sua relação C/N.	117
APÊNDICE E	Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento II e sua relação C/N.	118
APÊNDICE F	Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento II e sua relação C/N.	118
APÊNDICE G	Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento I e sua relação C/N.	119

APÊNDICE H	Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento I e sua relação C/N.	120
APÊNDICE I	Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento II e sua relação C/N.	121
APÊNDICE J	Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento II e sua relação C/N.	121
APÊNDICE K	Produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento I.	122
APÊNDICE L	Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento I.	123
APÊNDICE M	Produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento II.	123
APÊNDICE N	Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento II.	124

APÊNDICE O	Produção de matéria seca (MS) pelo nabo forrageiro, adição de carbono (C), relação C/N e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no Experimento I em relação às doses de nitrogênio e potássio utilizadas no milho.	125
APÊNDICE P	Produção de matéria seca (MS) pelo nabo forrageiro, adição de carbono (C), relação C/N e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no Experimento II em relação às doses de nitrogênio e 80 kg de potássio ha ⁻¹ utilizadas no milho.	126
APÊNDICE Q	Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do trigo no florescimento precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento I e suas relações C/N com as diferentes doses de N e K ₂ O ha ⁻¹ aplicados no milho.	127
APÊNDICE R	Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do trigo no florescimento precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento II e suas relações C/N com as diferentes doses de N e 80 kg de K ₂ O ha ⁻¹ aplicados no milho.....	128
APÊNDICE S	Produtividade de trigo e nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pelos grãos, no trigo precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento I com as diferentes doses de N e K ₂ O ha ⁻¹ aplicados no milho.....	128

APÊNDICE T	Produtividade de trigo e nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pelos grãos, no trigo precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento II com as diferentes doses de N e K ₂ O ha ⁻¹ aplicados no milho.....	129
------------	---	-----

1. INTRODUÇÃO

Após várias décadas de degradação e perda de alguns bilhões de toneladas de solo por erosão hídrica, iniciou-se uma mudança drástica no tipo de manejo dado às áreas tradicionalmente agrícolas. Passou-se a primar pela mínima mobilização do solo e a manutenção dos resíduos culturais em superfície, objetivando, respectivamente, menor desagregação do solo e maior controle da erosão. Em consequência obteve-se menores perdas de solo e nutrientes e constatou-se maior atividade biológica na superfície.

Muitas dificuldades surgiram no início da adoção do Plantio Direto, sendo uma das principais a utilização do monocultivo em sucessão no verão e inverno (trigo e soja) proporcionando, pouca adição de resíduos culturais e problemas graves com o surgimento de doenças. Na busca de alternativas foram introduzidas plantas de cobertura que apresentam vários benefícios para o solo e as culturas comerciais no Sistema Plantio Direto (SPD). Dois dos principais benefícios deste sistema são o aumento gradativo da matéria orgânica do solo devido ao aporte contínuo de resíduos, proporcionado pelas culturas comerciais e por plantas de cobertura estabelecidas no período de pousio de outono-inverno, e a redução da mobilização do solo, com diminuição dos riscos de erosão, lixiviação de nutrientes e proliferação de moléstias.

Entre as culturas de cobertura de inverno evidencia-se a utilização da aveia preta em grande parte das áreas agrícolas gaúchas, devido a sua rusticidade, facilidade de propagação e excelente fornecimento de matéria seca. Juntamente com ela, a ervilhaca merece destaque, pois, quando bem implantada em clima favorável apresenta elevada fixação biológica de N_2 atmosférico, propiciando uma importante fonte de nitrogênio ao solo e para o milho em sucessão. A necessidade de no SPD haver cobertura de solo constante e ciclagem eficiente de nutrientes levou a utilizar-se a consorciação das culturas obtendo deste modo um equilíbrio na liberação dos elementos acumulados nos resíduos adicionados, usando a gramínea para cobertura de solo e a leguminosa para fornecimento de nutrientes em curto prazo.

O milho é uma cultura muito exigente em N e K para que adequadas produções sejam alcançadas, deste modo a implantação deste sobre diferentes culturas de cobertura ocasionará uma dependência maior ou menor do N no sistema solo, pois a elevada relação C/N da cultura de inverno promoverá imobilização de parte do nitrogênio fornecido pela adubação e pelo solo. No entanto, quando leguminosas ou culturas que apresentem comportamento semelhante a estas são utilizadas existe uma adição de N ao sistema.

Sistemas de manejo que apresentem cultivo intenso de culturas tendem a chegar a sustentabilidade mais rapidamente do que aqueles que priorizam a utilização do Plantio Direto apenas com sucessão de culturas no inverno e verão. Entre a colheita do milho semeado no cedo e a semeadura do trigo ocorre uma lacuna de tempo com cerca de 90 dias, onde o solo fica submetido ao escoamento superficial de água e a movimentação de nutrientes no seu perfil. Deste modo, devido ao curto espaço de tempo que as plantas de cobertura utilizadas na entressafra tem para maximizar sua produção de fitomassa é primordial a utilização daquelas que apresentem rusticidade, precocidade, facilidade de manejo e grande produção de matéria seca. O nabo forrageiro cumpre em grande parte estes quesitos, e proporciona a ciclagem de nutrientes, principalmente, nitrogênio e potássio que estão mais sujeitos a perdas. Assim, sua utilização se mostra imprescindível devido a sua grande capacidade de absorção de nutrientes, sistema radicular pivotante e efeito benéfico para a cultura do trigo semeada em seqüência.

A viabilização da produção de trigo é de fundamental importância, não só para a utilização desta na rotação de culturas, mas também em relação ao aspecto econômico. Devido aos riscos e altos custos de produção que o cultivo do trigo impõe ao produtor, é de fundamental importância o melhor aproveitamento e conhecimento de manejos que possam ser utilizados com o intuito de melhoria da produção e sustentabilidade do sistema. Desta forma, para que se obtenha um melhor entendimento desta prática, formulou-se a hipótese de que a utilização de nabo forrageiro antes do trigo aumenta o rendimento e absorção de nitrogênio e potássio por esta cultura. Para testar

esta hipótese, desenvolveu-se dois experimentos com o objetivo geral de avaliar o potencial do nabo forrageiro em ciclar nitrogênio (N) e potássio (K) quando cultivado na entressafra de milho e trigo. Mais pontualmente objetivou-se avaliar o diferencial de absorção de nitrogênio e potássio pelo trigo nos tratamentos com e sem nabo na entressafra e estimar o rendimento de grãos das culturas econômicas envolvidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A matéria orgânica no Sistema Plantio Direto em solos tropicais

Entre as práticas conservacionistas de solo utilizadas pelos produtores rurais, o Sistema Plantio Direto (SPD) destaca-se pela sua eficiência no controle do processo erosivo. Aliado a isto, o SPD também proporciona maior manutenção da umidade, menor variação da temperatura, maior presença de microorganismos, aumento da CTC e nitrogênio, maior disponibilidade de nutrientes e acúmulo de matéria orgânica (MO) no solo. Com o aumento da CTC cátions como Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , entre outros, que se encontram na solução do solo, são adsorvidos pelas cargas negativas geradas na superfície da MO do solo. Esta ligação é reversível, pois envolve interações de natureza eletrostática, que são caracterizadas como ligações fracas. Desse modo, diversos cátions, como o K^{+} , que são essenciais à nutrição das plantas, tornam-se disponíveis na medida que os mesmos são absorvidos da solução do solo pelo sistema radicular das plantas, evitando deste modo maiores perdas dos fertilizantes aplicados ao solo (SILVA et al. 2000).

O aumento da matéria orgânica do solo, entre os benefícios oferecidos pelo SPD, é o que apresenta mais estreita relação com o solo, sendo este aumento gradual, apresentando inicialmente uma fase de rápido incremento verificado na superfície do solo, atuando como um dreno de N no sistema, podendo provocar menor disponibilidade deste às plantas. No entanto, com o aumento da MO do solo ocorre maior mineralização e a disponibilidade de N aumenta ao longo do tempo (SÁ, 2001).

A MO é representada pelo conteúdo de carbono orgânico (C), seu principal constituinte, correspondendo a 58% da sua composição (ALEXANDER, 1980). Solos manejados com práticas convencionais constituem sistemas propícios à redução dos teores de matéria orgânica pela ruptura dos agregados e conseqüente incremento da oxidação biológica do carbono orgânico a CO_2 , ocasionando, inclusive, aumento da concentração deste gás

na atmosfera (REICOSKY & FORCELLA, 1998), tornando maior o risco de perdas por erosão.

O aumento do teor de matéria orgânica do solo depende de aporte constante de carbono ao solo, com saldo positivo em relação às perdas. A adição de MO ocorre via adição de carbono pela síntese de compostos orgânicos no processo de fotossíntese. A quantidade adicionada de carbono irá depender das condições edafoclimáticas, das espécies e dos sistemas de culturas utilizados (MIELNICZUK, 1999).

Em experimento de longa duração, desenvolvido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, que compara três métodos de preparo do solo (Convencional, Reduzido e Plantio Direto) com variação de sistemas de cultura e dois níveis de N (0 e 180 kg ha⁻¹) LOVATO (2001) constatou que no 13º ano, nos tratamentos com e sem adição de N mineral no milho em SPD, ocorreu aumento dos teores de carbono orgânico no solo, devido a adubação nitrogenada e diminuição do revolvimento. Em todos os sistemas de culturas sobre Plantio Direto houve saldo positivo, ocorrendo acúmulo de carbono orgânico, independente da dose de N.

Segundo SÁ (2001) de uma maneira geral, sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o Plantio Direto associado ao retorno de resíduos vegetais e rotação de culturas tem se constituído como a principal alternativa para a recuperação da MO do solo.

Estudos feitos por BAYER & MIELNICZUK (1999) observaram efeitos positivos sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo com o aumento da MO. Entre os efeitos de caráter físico, o principal é o aumento da agregação do solo, que indiretamente afeta a densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e infiltração de água. Quanto às características físicas CAMPOS et al. (1997) observaram que o uso de práticas conservacionistas baseadas em menor revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos sobre o solo destacam-se como estratégias eficientes em recuperar os teores de carbono orgânico do solo com conseqüente aumento do

tamanho de agregados, promovendo incremento da proteção física da matéria orgânica, o que é altamente desejável.

Entre as características químicas afetadas pela MO destaca-se o aumento da CTC do solo. BAYER & MIELNICZUK (1997), obtiveram incremento na CTC em um Podzólico Vermelho escuro cultivado em SPD e sistemas de cultura com alta adição de resíduos. O aumento da CTC é muito importante para solos tropicais, os quais na sua maioria são altamente intemperizados e ácidos, com predomínio de cargas variáveis (pH dependentes). A maior reatividade da MO do solo deve-se ao grande número de grupos funcionais que apresentam a capacidade de perder ou receber íons H^+ (dissociação ou protonação) gerando as cargas da MO numa ampla faixa de pH, e também a sua grande área superficial específica (ASE) e a alta carga de superfície, que varia de 400 e 800 $cmol_c kg^{-1}$, além de apresentar somente cargas pH dependentes e predominantemente negativas na faixa de pH dos solos entre 4,0 e 6,0 (SILVA et al. 2000).

TABELA 1. Área Superficial Específica (ASE) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) da Matéria Orgânica, de alguns argilominerais e de óxidos encontrados no solo (McBRIDE, 1994 *apud* MEURER, 2000)

Partícula	ASE	CTC
	$m^2 g^{-1}$	$Cmol_c kg^{-1}$
Caulinita	7 – 30	0 – 1
Óxidos	-	2 – 4
Micas	40 – 150	10 – 40
Vermiculita	500 – 800	100 – 150
Montmorilonita	600 – 800	80 – 150
Matéria orgânica	800 – 900	200 – 300

A variação existente entre os constituintes do solo ocorre devido às características de formação do solo inerentes a cada constituinte. Nos solos desenvolvidos em condições tropicais e subtropicais, como a maioria dos solos brasileiros, há predominância de argilominerais 1:1 como a caulinita, que se caracterizam por possuírem uma ASE menor, pois esse mineral não é expansível e somente expõe as cargas de superfície externa, de modo similar aos óxidos de ferro e alumínio (MEURER, 2000). Deste modo, o aumento da MO do solo é essencial, pois esta contribui para o aumento de cargas negativas dos solos tropicais com um montante que varia de 20 a 70% da CTC da maioria dos solos (SILVA et al. 2000). Os teores de matéria orgânica também influenciam outras propriedades químicas como a disponibilidade de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Quanto às características biológicas a MO do solo é fonte de energia e nutrientes para os microorganismos do solo que são representados pela biomassa microbiana do solo. CATTELAN & VIDOR (1990), avaliando a influência de sistemas de culturas sobre a biomassa e atividade microbiana, encontraram que no Sistema Plantio Direto onde havia o maior retorno de restos culturais, os aumentos nos teores de MO do solo resultaram em maiores valores de biomassa e atividade microbiana, sendo esta estimada através da liberação de CO₂. Segundo GAMA-RODRIGUES & DE-POLLI (2000), a biomassa microbiana do solo é o compartimento central do ciclo do C, representando um considerável reservatório de nutrientes nos solos, sendo um componente fundamental da capacidade produtiva dos solos.

Segundo VEZZANI (2001), o maior fluxo de matéria e energia propiciado pelo subsistema vegetal, influenciará a maior ou menor atividade microbiana, liberação de compostos orgânicos secundários, agregação do solo e aparecimento de propriedades emergentes do solo (teor de matéria orgânica, agregação, porosidade, infiltração de água, retenção de água, aeração, CTC, balanço do N, etc.) que devido a atividade microbiana propiciarão melhor qualidade do solo.

Com fundamento neste contexto visualiza-se a necessidade de adoção de práticas que priorizem a mínima mobilização do solo e que utilizem sistemas de rotação de culturas com alta adição de resíduos incluindo plantas leguminosas e recicladoras, promovendo desta forma o aumento dos teores de carbono orgânico do solo e melhorando a qualidade ambiental.

2.2 O ciclo do nitrogênio em agroecossistemas

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais dispensa estudos pela comunidade científica agrícola, devido a sua dinâmica e importância para a produção das culturas. Este elemento também é um constituinte importante da terra, principalmente da litosfera, onde está contido nas rochas, no fundo dos oceanos e sedimentos perfazendo um montante de 1.10^{23} gramas (g) de N, representando 98% do N existente. Na forma gasosa, fonte primária de nitrogênio ao solo, que compreende 78% da atmosfera terrestre há um estoque estimado em $3,9. 10^{21}$ g N em forma não combinada (N_2), sendo considerado o segundo maior reservatório deste elemento na terra. Na biosfera encontram-se entre $2,8$ a $6,5. 10^{21}$ g de N, sendo que do total de nitrogênio orgânico terrestre, 96% estão na matéria orgânica morta e apenas 4% nos organismos vivos. Nestes últimos, 94% do N encontram-se nos vegetais, 4% na microbiota e 2% nos animais. No solo estima-se que ocorra entre 3 a $5,5.10^{17}$ g de N na matéria orgânica do solo e $1,5.10^{15}$ g de N na biomassa microbiana, enquanto a quantidade de N-orgânico é de $1,0.10^{17}$ g no solo, constituindo um dos mais importantes reservatórios, devido a ser o solo o principal elo de ligação entre os componentes da biosfera (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Dentre os elementos presentes no solo, 16 são tidos como essenciais às plantas. Dentre estes o nitrogênio está entre os que são absorvidos em maior quantidade pelas culturas. Ele atua na planta como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, e possui também importante função como integrante da molécula de clorofila (BÜLL, 1993). No entanto, os solos em sua maioria não fornecem adequadamente este

elemento durante certa fase de desenvolvimento das plantas em função do aumento da demanda nestas fases e às transformações biológicas e químicas que o N está sujeito no solo e que podem alterar significativamente a sua disponibilidade (WIETHÖLTER, 1996).

Segundo estudo feito por PAUL & CLARK em 1996 *apud* MOREIRA & SIQUEIRA (2002), a principal fonte de adição de nitrogênio no sistema solo-planta é via fixação de N_2 pelos microorganismos, perfazendo 56% das adições totais, contribuindo com mais do dobro do que é aplicado via fertilização mineral (26%). No mesmo estudo os autores estimaram que as perdas por desnitrificação e lixiviação são os principais processos de perdas de N do solo e juntos contribuem com 72% desta. Os autores também estimaram valores para os principais fluxos de N, abrangendo os processo mais importantes de adição e perdas de N no solo: Adição – fixação biológica de N de 50 a 500 kg ha^{-1} , mineralização de 2 a 5% do N-orgânico, reposição pelas chuvas de 5 a 20 kg ha^{-1} ano⁻¹, fertilização de 50 a 400 kg ha^{-1} ano⁻¹; Perdas – lixiviação até 500 kg ha^{-1} ano⁻¹, erosão do solo 40 a 150 kg ha^{-1} ano⁻¹, extração pelas culturas 10 a 300 kg ha^{-1} , volatilização/desnitrificação 10 a 80% do N aplicado e imobilização do solo 25 a 30% do N aplicado via fertilização.

2.2.1 Mineralização e imobilização de N no solo

No solo mais de 95% do N encontra-se complexado na matéria orgânica, ou seja, na forma de N-orgânico (CERETTA, 1995), conferindo-lhe baixa disponibilidade, com somente uma pequena parte mineralizada pela microbiota do solo durante o ciclo de uma determinada cultura (BREMNER, 1965; STEVENSON, 1982; CAMARGO et al.1999). Este montante, cerca de 5%, está na forma mineral, a qual é diretamente disponível para as plantas (KEENEY, 1982). Conseqüentemente, para que o manejo da adubação seja adequado em termos econômicos e ambientais é relevante o conhecimento dos processos de mineralização e imobilização de nutrientes do solo.

A mineralização é definida como a transformação do nitrogênio de origem orgânica em formas inorgânicas, como NH_4^+ ou NH_3 (amonificação). Este processo é conduzido por organismos heterotróficos do solo que utilizam substâncias orgânicas nitrogenadas como fonte de Carbono, N e energia. A imobilização é definida como a transformação do N-inorgânico (NH_4^+ , NH_3 , NO_3^- , NO_2^-) para formas orgânicas microbianas (CAMARGO et al. 1999). Com a redução gradativa do carbono dos resíduos, inicia-se o processo de predação e morte dos microorganismos por falta de fonte de energia. Nesta etapa, o N acumulado na biomassa microbiana começa a ser reciclado, ficando novamente disponível às plantas (BARTZ, 1998).

A atividade microbiana é afetada por vários fatores que, por sua vez, influenciam a taxa de degradação dos resíduos adicionados ao solo. Tais fatores podem estar relacionados à qualidade do resíduo (AJWA & TABATABAI, 1994; SCHOMBERG & STEINER, 1999) à forma como são depositados no solo (SCHOMBERG et al.1994; AMADO et al. 2000), às relações C/N (KOENIG et al. 1994; JAMA & NAIR, 1996; JANSSEN, 1996; MARY et al. 1996) e lignina/N (BUCHAN & KING, 1993), ao teor de lignina e polifenóis (TIAN et al. 1992; KOENIG et al. 1994; JAMA & NAIR, 1996), à concentração de N no tecido (MARY et al. 1996) e a aspectos ambientais como: adição de N-inorgânico ao solo (AZAM et al. 1995), umidade do solo (SCHOMBERG et al.1994), e temperatura (KOENIG et al. 1994).

Entre os fatores acima citados, a relação C/N assume relevante papel na taxa de mineralização e imobilização de N pelos microorganismos do solo. Vários trabalhos como o de DERPSCHE et al. (1985), indicam que resíduos vegetais com relação C/N inferiores a 23 favorecem a liberação de N, apresentando reflexos positivos sobre o suprimento deste elemento às plantas não leguminosas. Geralmente se aceita que materiais com relação C/N = 25 causem equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização, enquanto valores superiores causem imobilização líquida e os inferiores a 25 promovem mineralização líquida (AITA, 1997).

Na implantação do SPD, é recomendado que se utilizem plantas com relação C/N acima de 25, com o intuito de aumentar os teores de carbono no solo com o passar do tempo, devido ao acúmulo de resíduos na superfície, mínimo revolvimento do solo e taxa de mineralização mais lenta. Esta recomendação implica em uma maior atenção à adubação nitrogenada para culturas não leguminosas, pois a cultura do milho implantada neste sistema, em sucessão a aveia preta, tem uma menor absorção de N devido à imobilização microbiana, conseqüentemente, a utilização de leguminosas antecedendo o milho pode significar acréscimos nos rendimentos de grãos e economia de fertilizante nitrogenado mineral. Da mesma forma, a utilização do nabo forrageiro posterior a cultura do milho, permite reciclar os nutrientes mineralizados pela palha e solo, proporcionando diminuição de perdas para o ambiente, principalmente de nitrato, e favorece seu posterior fornecimento à cultura em sucessão, o que é extremamente benéfico quando esta cultura é o trigo.

2.2.2 Perdas de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação

A lixiviação de nitrato é um fenômeno físico, favorecido pela baixa energia envolvida na sua adsorção às partículas do solo e também porque é extremamente solúvel em água. O seu movimento no solo funciona do mesmo modo que o movimento da água, ou seja, o nitrato acompanha os movimentos descendentes durante grandes precipitações e ascendentes durante a evaporação e evapotranspiração (CERETTA & FRIES, 1998). Durante o crescimento as plantas absorvem o nitrato, reduzindo sua concentração no solo. Este fenômeno foi observado por WIETHÖLTER (1996), no período de desenvolvimento do trigo, soja e aveia, cultivadas em lisímetros. O mesmo autor demonstrou que durante os períodos de pousio, especialmente após a colheita da soja, as perdas podem variar de 19 (baixa precipitação) a 73 kg N ha⁻¹ (alta precipitação), evidenciando que a contínua cobertura verde do solo é um fator importante em termos de preservação do N no sistema de produção, fazendo com que este seja reciclado e mantido na camada superficial do solo, ao invés

de se perder para camadas fora do alcance das raízes. Este autor salienta ainda que toda vez que ocorrer um intervalo entre duas culturas superior a 30-40 dias, uma cultura de cobertura temporária do solo deve ser semeada, com o intuito de fazer com que o nitrato e outros elementos móveis sejam incorporados nas plantas e que estas, ao serem decompostas, liberem N para a próxima cultura. Isto é especialmente importante após a cultura da soja, mas pode ser importante também para a cultura do milho, uma vez que a decomposição das folhas de milho é rápida e há liberação de N. Portanto é fundamental a utilização de culturas de rápido crescimento, produção significativa de matéria seca e recicladoras de nutrientes como, por exemplo, o nabo forrageiro.

Em geral, admite-se que a principal perda de N do solo seja por lixiviação, e assim, para evitá-la, recomenda-se o parcelamento da adubação (YAMADA & ABDALLA, 2000). Entretanto REICHARDT et al. (1982), estudando dados de vários autores, concluíram que perdas por lixiviação não constituem problemas com aplicações na ordem de 90 kg de N ha⁻¹. Em condições tropicais os mesmos mostram que estas perdas chegam ao montante de 4,5 g de N por milímetro de chuva ha⁻¹, ou seja, em torno de 5% do aplicado com 1.000 mm de chuva.

As perdas mais significativas são creditadas a liberação de nitrogênio na forma gasosa, por volatilização da amônia e por desnitrificação, assumindo valores de 10 a 80% de perdas (YAMADA & ABDALLA, 2000). Perdas de amônia são potencialmente maiores, quando fertilizantes nitrogenados são aplicados em solos secos e em superfície. Segundo LARA CABEZAS & YAMADA (1999), no Plantio Convencional registram-se perdas acima de 30% por volatilização de amônia da uréia, enquanto para o Plantio Direto estas chegaram a ser acima 70%, em Latossolo Vermelho amarelo (arenoso) e Latossolo Vermelho escuro numa mesma safra agrícola, sendo que ambos sistemas receberam adubação em superfície. Entre as várias práticas existentes para diminuir as perdas de N por volatilização, as mais acessíveis ao nível do produtor, seriam os cuidados com o horário de aplicação, velocidade

do vento, umidade do solo e a incorporação mecânica da uréia (WIETHÖLTER,1996).

Tem sido observada redução na volatilização em profundidade de incorporação de 3 a 10 cm. Esta influência da variação da profundidade pode ser atribuída a outras características de solo, que interferem no equilíbrio entre o íon amônio e amônia, sendo estas, principalmente, a textura dos solos, a CTC, o movimento de água, a umidade e o pH (CERETTA & FRIES, 1998).

No SPD pode haver um maior potencial de desnitrificação devido ao aumento da microporosidade, da água superficial (SIDIRAS et al. 1984) e do aumento das populações de desnitrificadores (LINN & DORAN, 1984). Devido ao posicionamento da palha na superfície do solo, estes encontraram um aumento de 170% na população de bactérias desnitrificadoras no Plantio Direto em comparação ao cultivo Convencional, indicando que a capacidade de desnitrificação está sendo seletiva para populações bacterianas presentes no Plantio Direto. E estas poderão se utilizar desta capacidade fisiológica nos momentos em que as condições ambientais forem apropriadas. Apesar deste expressivo aumento, os autores relatam que trabalhos de campo com N¹⁵ demonstraram que as perdas do N-fertilizante não ultrapassaram a 10% independente do sistema de manejo.

Desta forma, é necessário o desenvolvimento de práticas que priorizem a mínima perda de nitrogênio do sistema solo-planta, e que ocasionem um aumento da quantidade absorvida pelas plantas, melhorando deste modo sua eficiência.

2.3 O ciclo do potássio no solo

O potássio, juntamente com o nitrogênio, encontra-se entre os nutrientes mais absorvidos pelas culturas comerciais, assumindo maior importância à medida que a agricultura mudou de extrativista para uma agricultura intensiva, onde os avanços tecnológicos primam pelas máximas produtividades. Nestas

condições as retiradas de K pela exportação nos grãos ou na palha de silagem são maiores, sendo necessária a adoção de adubação potássica.

Os solos em seu estado natural normalmente apresentam adequado suprimento de potássio, exceção feita a solos com baixa capacidade de troca de cátions, como a grande parte de solos do cerrados brasileiros e solos arenosos (MIELNICZUK, 1982).

O potássio exerce importante papel na nutrição das plantas, sendo sua disponibilidade dependente de vários fatores, entre os quais ligados ao solo, destacam-se o material de origem, o grau de intemperismo e o nível de utilização do solo (VEDUIM, 1994).

O material de origem é o fator que determina o potencial de disponibilidade, mas o grau de intemperização é responsável pelas transformações dos minerais potássicos no solo e, portanto, governa a capacidade de suprimento às plantas, a curto e longo prazo. Nos solos onde predominam argilominerais 1:1 (caulinita) e óxidos de Fe e Al é de se esperar uma baixa reserva de potássio para as culturas (VEDUIM, 1994). Assim sendo, as reações de troca de cátions nestes solos assumem prioridade sobre as reações de intemperização e fixação de potássio no solo (MIELNICZUK, 1984). Por outro lado, mesmo em um solo originado de rocha rica em potássio e, ainda pouco intemperizado, a provisão de potássio seria dependente do grau de utilização, pois o cultivo contínuo sem a devida reposição do nutriente, ocasionaria uma diminuição das reservas existentes (VEDUIM, 1994).

Vários estudos têm demonstrado a dinâmica do potássio em várias unidades de mapeamento de solos do sul do Brasil e os fatores que afetam sua disponibilidade (NACHTIGALL & VAHL, 1991a; NACHTIGALL & VAHL, 1991b; BORKERT et al. 1993; MEURER & ROSSO, 1997; SCHERER, 1998; MEURER & CASTILHOS, 2001). O termo disponibilidade engloba um conjunto de reações e processos por que passa um nutriente no solo, iniciando com sua liberação para a solução a partir de um mineral ou organismo vivo, a adsorção e dessorção nas superfícies dos constituintes sólidos do solo, seu transporte do ponto que se encontra na solução até atingir a membrana celular na raiz e

completando-se com a absorção e utilização pelo vegetal (MIELNICZUK, 1984). Disponibilidade não deve ser, portanto tomada com o simples significado da quantidade disponível. Conforme este conceito, todo o K contido no solo é disponível, variando apenas o grau de disponibilidade (GRIMME, 1976 *apud* MIELNICZUK, 1982). Quanto ao rendimento das culturas em relação às doses de potássio, estes variam conforme o teor anterior ao estabelecimento da cultura, potencial de rendimento da cultura e disponibilidade hídrica (VEDUIM, 1994). MUZZILI et al. (1982), analisaram uma série de experimentos, em vários locais do Estado do Paraná, objetivando, identificar as classes de resposta de milho aos teores de fósforo e potássio na análise de solo. Tais autores verificaram que para adubação potássica, as respostas no rendimento de grãos, embora tivessem tendência positiva, não apresentaram valores estatisticamente significativos, devido aos teores de potássio trocável dos solos estarem em valores iguais ou superiores a $0,14 \text{ Cmol}^+/\text{L}$.

Entretanto, MEURER & ANGHINONI (1993), encontraram respostas diversas à adubação potássica, quando o teor trocável encontrava-se abaixo do nível crítico, indicando que as plantas podem absorver formas não trocáveis e/ou não detectadas pelos métodos tradicionais utilizados na predição de sua disponibilidade.

O potencial de rendimento das plantas é um dos fatores primordiais na resposta a aplicação de fertilizantes. Quando as plantas são de lento crescimento e baixa produtividade, haverá pouca resposta à aplicação de fertilizantes, devido às taxas de absorção mais baixas e necessitarem de menor quantidade de nutrientes, sendo na maioria das vezes satisfeitas pelas próprias reservas do solo (MIELNICZUK, 1982). Mas, quando se utilizam plantas responsivas à adubação, que apresentam altas taxas de absorção e exportação de potássio, os teores na solução esgotam rapidamente, tornando-se necessária a reposição através de outras formas existentes no solo, ou via adubação.

Assim, é interessante a avaliação da resposta do milho implantado sobre diferentes culturas de cobertura no SPD, com doses crescentes de K, associado a diferentes doses de N, verificando a acumulação do potássio nesta cultura e posterior disponibilidade à cultura em sucessão.

2.4 Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura

Um dos aspectos importantes da presença de plantas de cobertura sobre a superfície do solo é o seu tempo de permanência sobre o mesmo, que irá influir na proteção dada por este contra os agentes erosivos, e também sobre a nutrição das plantas, tendo em vista que a deposição da palha em superfície ocasiona um gradiente de nutrientes ao longo do perfil (Sá, 2001).

As espécies utilizadas para cobertura do solo podem aumentar o rendimento das culturas em sucessão pela melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Espécies como a aveia preta, que proporciona uma cobertura mais rápida nos estádios iniciais de desenvolvimento, protegem melhor o solo do que outras espécies devido a grande produção de fitomassa e elevada relação C/N. Leguminosas, no entanto, levam um período maior de tempo para cobrir o solo nos estádios iniciais e possuem decomposição mais rápida, devido a baixa relação C/N, diminuindo conseqüentemente o tempo de permanência sobre o solo. Em compensação adicionam mais N ao solo e maior suprimento de N à cultura posterior como o milho, que quando cultivado em sucessão a leguminosas, apresenta um maior rendimento e requer menor adubação nitrogenada (DA ROS, 1993).

O desempenho das plantas de cobertura do solo e seus efeitos nas culturas comerciais devem ser validados em cada local em função das condições do solo, clima e situação sócio-econômica do produtor (CALEGARI, 2001). Apesar disto, aspectos relativos a rusticidade, manejo e produção de sementes são importantes e merecem destaque na seleção de espécies de plantas de cobertura do solo (WOLSCHICK, 2000).

De maneira geral, as espécies não leguminosas produzem quantidades mais elevadas de fitomassa do que as leguminosas. AITA et al. (2000), observaram que a produção de matéria seca de espécies não leguminosas variaram entre 4 e 5 Mg ha⁻¹, com um acúmulo de N na parte aérea de 25 a 112 kg ha⁻¹, e de K de 32 a 86 kg ha⁻¹. Verificaram ainda, que espécies leguminosas produziram de 3 a 5 Mg ha⁻¹, com uma quantidade de N que variou de 70 a 150 kg ha⁻¹ e de 77 a 114 kg ha⁻¹ de K. É interessante ressaltar que estes são valores médios obtidos de vários autores.

Trabalhando em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, DA ROS & AITA (1996), confirmaram o potencial de quatro espécies de leguminosas em fornecer N ao milho em sucessão. Utilizando o procedimento descrito por (SMITH et al. 1987), os autores calcularam a equivalência em N das espécies testadas e o rendimento de grãos de milho. Neste trabalho o tratamento em pousio recebeu três diferentes doses de N (0, 80, 160 kg ha⁻¹) e as espécies utilizadas contribuíram para o milho com 30, 54, 74 e 90 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia, para a ervilha forrageira, tremoço azul, chícharo e ervilhaca comum, respectivamente. No mesmo estudo a produção de milho após aveia foi cerca da metade daquele obtido após leguminosas, evidenciando a importância da fixação simbiótica do N₂ atmosférico pelas leguminosas, e a influencia da relação C/N dos materiais na disponibilidade de N no solo.

Entretanto, em estudos realizados em solos relativamente ricos em matéria orgânica, PAVINATO et al. (1994) e DERPSCH et al. (1985) obtiveram menores respostas do milho em sucessão às leguminosas com a aplicação de N mineral.

Com o intuito de aproveitar as características desejáveis de cada cultura, uma alternativa é utilizá-las consorciadas. Conforme HEINRICHS et al. (2001), quando o cultivo consorciado envolver leguminosas e não leguminosas, há uma combinação da habilidade das gramíneas em ciclar nutrientes com a capacidade das leguminosas em fixar N₂ atmosférico. Deste modo, o consórcio entre espécies pode adicionar ao solo uma fitomassa com relação C/N intermediária àquelas das culturas solteiras (RANELLS & WAGGER, 1996;

AMADO, 2000), contribuindo para o fornecimento de N à cultura em sucessão e proteção do solo simultaneamente (AITA et al. 2000).

2.4.1 Rotação de culturas e ciclagem de nutrientes

A prática da monocultura ou sucessão contínua de culturas, tende a agravar os problemas de degradação da matéria orgânica, predispondo mais as culturas inclusive ao possível ataque de pragas e doenças. Além disso, geralmente não há aporte de palha necessário para o ideal estabelecimento do Plantio Direto, ocasionando perdas de solo, compactação e extrema dependência de insumos químicos para a produção dificultando a sustentabilidade do sistema.

Segundo FIORIN (1999), a sustentabilidade de um sistema de produção não está embasado somente em aspectos de conservação e preservação ambiental, mas também em aspectos econômicos e comerciais para a viabilização do Sistema Plantio Direto. Para que estes efeitos sejam alcançados, é indispensável a adoção da prática de rotação de culturas. A conceitualização de rotação envolve a divisão da propriedade em glebas e as culturas sendo cultivadas em diferentes proporções, ano após ano, rotacionadas nas diferentes glebas. A seleção de espécies deve respeitar suas necessidades e características, em uma seqüência apropriada e prática, que promova efeitos residuais benéficos (FIORIN & CAMPOS, 1998). Os autores destacam ainda, dois sistemas de rotação de culturas existentes, aprovados técnica e economicamente pela FUNDACEP, que constam de sistemas denominados “1/3 milho 2/3 soja”, e “1/2 milho 1/2 soja”, levando sempre em consideração a cultura de verão e a propriedade dividida em três glebas ou duas. De modo geral, no inverno recomenda-se utilizar leguminosas, crucíferas (nabo forrageiro) ou consorciações antecedendo ao milho, e gramíneas antes de leguminosas.

Para que efeitos residuais benéficos sejam promovidos pela rotação de culturas é necessária alta adição de resíduos ao solo. Segundo FIORIN (1999)

atualmente em torno de 12 t/ha/ano devem ser produzidas e adicionadas ao solo para que os benefícios da rotação se evidenciem. A estratégia de utilização de elevada quantidade de fitomassa associada ao Sistema Plantio Direto representa a base do desenvolvimento de uma agricultura que valoriza os processos biológicos considerando-os como chave para alcançar a sustentabilidade (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Deste modo, não se pode descartar a cultura do milho, que pode produzir em torno de 6 a 10 t/ha/ano de matéria seca de resíduos (LOPES, 1998), advindo daí a sua importância no sistema. Devido a uma série de questões econômicas e risco de estiagem, o plantio de milho tem sido negligenciado, e os efeitos do desrespeito à rotação de culturas já começam a ser observados, CALEGARI (2001) destaca que a adoção de monoculturas e o mau manejo dos recursos naturais nos trópicos e subtropicais tendem a predispor mais as culturas ao possível ataque de pragas e doenças. Um exemplo disto é o aumento da infestação no planalto gaúcho do tamanduá da soja (*Sternechus Subsignatus*) que segundo GASSEN (2002), seria eficientemente controlado com a simples utilização do milho em rotação.

A soja também é beneficiada quando rotacionada com o milho. Como foi observado por RUEDELL (1995), a soja em Plantio Direto com rotação de 1/3 milho – 2/3 soja, produziu 20,3% a mais que a sem rotação no primeiro ano após milho, e 10,5 % no segundo ano, enquanto o trigo apresentou um rendimento de 13,6% a mais quando semeado em sistemas de rotação que utilizam cobertura de outono/inverno. Estes exemplos demonstram a dependência do Sistema Plantio Direto à rotação de culturas, que além de modificar o solo, modifica todo o ambiente envolvido na produção de grãos.

Para que o Sistema Plantio Direto, com o cultivo intenso de plantas de cobertura, possa ser implementado é imprescindível que as plantas utilizadas para a produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes não venham a competir com as culturas econômicas. FIORIN (1999), descreve alguns aspectos práticos que devem ser respeitados: o sistema deve funcionar cronologicamente, obedecendo a épocas de semeadura recomendadas, tanto

para as culturas comerciais como para as de cobertura, permitindo deste modo a máxima expressão do potencial das espécies nos aspectos de produção de grãos, cobertura, ciclagem de nutrientes e fitomassa. Esta descrição vai ao encontro do manejo preconizado pela FUNDACEP/FECOTRIGO (RUEDELL, 1995) e conhecido como sistema “planta, colhe, planta, colhe”, o qual diz respeito, ao objetivo de ter planta viva durante o máximo de tempo possível. Assim, tão logo é colhida uma cultura comercial ou manejada uma planta de cobertura, outra espécie deve ser semeada na seqüência, permitindo, uma rápida cobertura e proteção do solo, aumento dos teores de matéria orgânica e melhor aproveitamento dos nutrientes móveis do solo, com reflexos positivos na qualidade deste.

Para que um sistema de manejo apresente características de sustentabilidade, faz-se necessário que a qualidade do solo seja mantida e/ou incrementada ao longo do tempo (AMADO & ELTZ, 2003). LOVATO (2001), demonstrou que a adoção de sistemas de culturas com o uso intensivo de plantas de cobertura, incluindo espécies leguminosas, proporcionou aumentos no conteúdo de nitrogênio total do solo e ciclagem mais eficiente de nutrientes. Como consequência adicional foram observados aumentos no teor de matéria orgânica do solo.

Um sistema para ser considerado sustentável deve apresentar, entre outras características, uma eficiente ciclagem de nutrientes (LAL, 1994; AMADO, 1999). Segundo CONSTANZA et al. (1997) a ciclagem dos elementos representa um valioso serviço da natureza, cujo valor econômico estimado é da ordem de US\$ 17 trilhões ano⁻¹, o que equivale a mais de 30% do chamado “PIB verde”, que é o valor global dos serviços da natureza, cujo valor estimado varia de US\$ 16-54 trilhões com valor médio de US\$ 33 trilhões ano⁻¹. Portanto, o valor monetário estimado para a ciclagem dos nutrientes equivale aproximadamente ao PIB econômico mundial que é da ordem de US\$ 18 trilhões ano⁻¹. Segundo AITA et al. (2000), as plantas de cobertura desempenham um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto aqueles aplicados através dos fertilizantes minerais não aproveitados pelas culturas

comerciais, como aqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo e do próprio material de origem. Além disso, a ciclagem de nutrientes é favorecida, no SPD, pela exploração de um maior volume de solo pelas raízes, maior produção de palhada, redistribuição vertical de nutrientes no perfil e modificações químicas induzidas na rizosfera que aumentam a disponibilidade de nutrientes, principalmente quando culturas de cobertura são usadas.

Devido à necessidade de escalonamento de semeadura das culturas para evitar maiores riscos de perdas de produção, culturas de cobertura que apresentem rápido desenvolvimento devem ser utilizadas quando há um espaço de tempo razoável entre a colheita de uma cultura e o plantio da cultura posterior. Quando o milho é colhido no cedo (colheita em fevereiro), parte da área permanece em pousio até meados de maio, quando então se efetua o plantio do trigo. Deste modo, o sistema estaria predisposto ao escoamento superficial e a perdas de nutrientes pela interrupção no crescimento sucessivo de plantas. Esta situação desperta o interesse na busca de alternativas para utilização do solo neste período.

Entre as culturas de cobertura utilizadas no planalto gaúcho, a cultura do nabo forrageiro vem se destacando ao longo dos anos. Além de bom potencial de produção de fitomassa, esta cultura tem se mostrado técnica e economicamente viável, viabilizando inclusive o plantio de uma cultura de inverno como o trigo, com uma economia de até 50% do nitrogênio utilizado (FIORIN, 1999), que é suprido pela reciclagem via nabo forrageiro.

O nabo forrageiro é uma planta anual pertencente à família das crucíferas, de muita utilidade como planta de cobertura de solo devido ao seu crescimento rápido e agressivo, controle de plantas daninhas e também bom efeito residual nas culturas de verão como o milho e feijão e seu resíduo pode incorporar ao solo até 135 kg ha^{-1} de N ano^{-1} (MONEGAT, 1991).

Já WILDNER (1990), destaca o nabo forrageiro na ciclagem de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, com teores de 28 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 151 kg ha^{-1} de K_2O , 102 kg ha^{-1} de CaO e 22 kg ha^{-1} de MgO . O nabo forrageiro é classificado por WIETHÖLTER (2003), como de elevada capacidade de ciclagem de N e K.

Neste mesmo estudo obteve que para a produção média de matéria seca foi de 4.089 kg ha⁻¹ acumulando nesta 104, 10, 190, 34 e 26 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, durante cerca de 90 dias de cultivo. BIANCHI et al. (1997), avaliando o nabo com o mesmo tempo de cultivo, encontrou uma produção de matéria seca de 2986 kg ha⁻¹, com teores de N, P, K, Ca e Mg da ordem de 88, 9,3, 96, 62 e 21,4 kg ha⁻¹, respectivamente, o que proporcionou rendimentos de trigo maiores do que nas parcelas que permaneceram em pousio e rendimento líquido, também maior. Estes resultados apresentam o nabo forrageiro como técnica e economicamente aprovado para a utilização no interstício entre a colheita do milho e semeadura do trigo. As diferenças observadas entre os estudos citados provavelmente estão relacionadas às variedades utilizadas, densidade de semeadura, tipo e qualidade do solo, época de plantio e adubação utilizada no milho cultivado anteriormente ao nabo.

Em estudo recente comparando a utilização de plantas de cobertura consorciadas e solteiras no outono/inverno no fornecimento de nitrogênio para o milho GIACOMINI (2001), encontrou que o potássio foi o nutriente mais rapidamente liberado dos resíduos culturais. Sendo que nos resíduos culturais da ervilhaca comum e do nabo forrageiro praticamente todo o potássio foi liberado nos primeiros 29 dias após o manejo. Esta liberação pode ser atribuída ao fato do potássio ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal (MARSCHENER, 1995). Devido à liberação de N e K pelo nabo forrageiro, é de fundamental importância a utilização de uma cultura que apresente alta densidade de plantas, capacidade de absorção destes nutrientes à medida que são liberados, e que responda em produção, favorecendo um melhor giro de capital para o produtor, com o cultivo do trigo em seqüência ao nabo forrageiro. Devido à importância deste tipo de manejo, no ano de 2003 foi incorporada nas recomendações técnicas para a cultura do trigo a prática do cultivo intercalar com nabo forrageiro, destacando-se que este favorece o desenvolvimento do trigo e os níveis de adubação de

nitrogênio podem ser diminuídos quando o cultivo do nabo for de cerca de 90 dias (REUNIÃO... 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental.

O presente trabalho foi desenvolvido durante um ano, numa área experimental localizada no município de Fortaleza dos Valos, Rio Grande do Sul, na região fisiográfica do Planalto Médio do Estado, em um Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999), pertencente a unidade de mapeamento Passo Fundo. A região está compreendida entre as coordenadas geográficas 28° 39' de latitude sul e 53° 36' de longitude norte e altitude média de 470 m (BRASIL, 1973).

As formas de relevo são homogêneas, retratadas, de modo geral, por colinas suaves, arredondadas, regionalmente conhecidas por coxilhas, esculpidas em rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral, além de rochas sedimentares em maiores proporções, correspondentes a Formação Tupanciretã (BRASIL, 1973).

A área vinha sendo cultivada no Sistema Plantio Direto, há treze anos, sendo os últimos nove anos, com rotação de culturas no inverno e verão.

Foram feitas coletas de solo com a utilização de pá de corte aleatoriamente em toda a área experimental (0 -10 cm) por ocasião da instalação dos experimentos no mês de outubro do ano de 2002. Os resultados da análise de solo segundo a COMISSÃO... (1995), mostraram pH em água médio (5.9), com teores de matéria orgânica em 36 g kg⁻¹ se encontrando, portanto na faixa média, o fósforo analisado pela resina trocadora de ânions (RTA) apresentou valores tidos como suficientes para a classe de solo determinada. Enquanto o potássio, cálcio e magnésio apresentaram valores que chegaram ao nível alto na tabela de interpretação dos resultados de análise de solos da COMISSÃO... (1995). Na análise efetuada não foi

constatada a presença do alumínio e a saturação de bases média foi de 79%, demonstrando, portanto que o solo em questão não apresentava nenhum impedimento químico para o estabelecimento dos experimentos.

3.2 Clima

O clima da região é subtropical úmido, tipo cfa 2a, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano, segundo a classificação de Köppen, adaptado por MORENO (1961). A temperatura média das máximas do mês mais quente do ano é 30°C e ocorrem em janeiro, enquanto em julho ocorre o mês mais frio, com a temperatura média das mínimas de 8,6°C com precipitação média anual de 1.727 mm.

A distribuição das chuvas durante o ano agrícola de 2002/2003 é mostrada no Apêndice A. Os dados foram obtidos através da leitura direta em um pluviômetro localizado na área experimental após a ocorrência das chuvas.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O Delineamento Experimental utilizado nos dois experimentos foi o de Blocos ao Acaso com três repetições em faixas com parcelas subdivididas. As parcelas experimentais mediam 130 m² (13 x 10 m). No Experimento I, os dezesseis tratamentos foram aplicados na cultura do milho (*Zea mays*) implantado sobre a aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) e constaram da aplicação das seguintes doses de nitrogênio no milho (Uréia): 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ e de diferentes doses de potássio (Cloreto de Potássio): 0, 40, 80 e 120 kg de K₂O ha⁻¹. Sobre estes foi implantado a cultura do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *olereifus* Metzg) em metade da parcela (6,5 x 10 m), permanecendo a outra parte em pousio durante a entressafra do milho e trigo. Posteriormente ocorreu o plantio do trigo (*Triticum aestivum* L.) em todo o experimento, sem nenhuma adubação. O Experimento II foi formado por quatro tratamentos, aplicados também no milho implantado sobre o consórcio

aveia+ervilhaca (*Vicia sativa* L.), que se referiam a variações nas doses de nitrogênio (N) na forma de Uréia: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ e uma dose fixa de potássio na forma de Cloreto de Potássio: 80 kg de K₂O ha⁻¹, posteriormente à colheita do milho implantou-se o nabo forrageiro e após o trigo como descrito no Experimento I, o croqui de ambos os experimentos podem ser visualizados no Apêndice B. A dose de fósforo (P) na forma de Superfosfato Triplo aplicado na cultura do milho foi igual para os dois experimentos (70 kg de P₂O₅ ha⁻¹) e seguiu a recomendação pela COMISSÃO... (1995). As doses utilizadas foram divididas de forma igual e aplicadas conforme estágio fenológico da cultura do milho. Aplicando-se uma dose de N de 30 kg ha⁻¹ e 40 kg de K₂O ha⁻¹ na semeadura com uma adubadora-incorporadora de fertilizantes conforme as Tabelas 2 e 3 que mostram as épocas de aplicação dos tratamentos.

TABELA 2. Esquema da aplicação das doses de N no milho, na safra de 2002/2003, Fortaleza dos Valos, RS.

Semeadura	2 – 4 folhas*	6 – 8 folhas	10 – 12 folhas	Total
----- Doses de N (kg ha ⁻¹) -----				
0	0	0	0	0
30	30	0	0	60
30	45	45	0	120
30	75	75	0	180

* Estádio fenológico do milho (Fancelli apud CAD – Tecnologia e produção de milho, 2002).

TABELA 3. Esquema da aplicação das doses de K_2O no milho, na safra de 2002/2003, Fortaleza dos Valos, RS.

Semeadura	2 – 4 folhas*	6 – 8 folhas	10 – 12 folhas	Total
----- Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) -----				
0	0	0	0	0
40	0	0	0	40
40	40	0	0	80
40	80	0	0	120

* Estádio fenológico do milho (Fancelli apud CAD – Tecnologia e produção de milho, 2002).

3.4 Análise estatística

Os dados referentes a produção de matéria seca, grãos, adição de carbono e acúmulo de nutrientes e interação entre as doses de N e K na cultura do milho, foram analisados através de análise de regressão.

As avaliações feitas na cultura do nabo forrageiro foram submetidas a análise da variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Todas as operações estatísticas foram realizadas através do pacote estatístico SOC (Software Científico – Embrapa, 1989).

3.5 Detalhes experimentais

3.5.1 Semeadura e avaliações efetuadas nas plantas de cobertura de inverno em 2002.

As plantas de cobertura do solo foram semeadas com semeadora de Plantio Direto PAR 2800 (Semeato ⁽¹⁾), com duplo disco defasado e sistema dosador de sementes de disco alveolado. A aveia preta foi implantada no dia

⁽¹⁾ A citação do nome comercial neste trabalho não implica em endosso ou propaganda comercial.

01/06/2002 com a utilização de 80 kg ha^{-1} de sementes e espaçamento de 20 cm entrelinhas. O consórcio aveia+ervilhaca foi semeado na mesma data, distância entre linhas e semeadora com o uso de 25 kg ha^{-1} e 85 kg ha^{-1} de sementes, respectivamente. (Figura 1A e 1B) A ervilhaca foi inoculada com *Rhizobium viceae* (estirpe SEMIA 384), ambas plantas de cobertura não receberam nenhuma adubação e sua implantação se deu sobre palhada de soja (*Glycine Max*).

Para a determinação da matéria seca da parte aérea da aveia preta e aveia+ervilhaca foram realizadas 3 amostragens ao acaso de 1,5 metros lineares quando a cultura da aveia encontrava-se em pleno florescimento e a ervilhaca no início do seu florescimento (12/10/2002), devido a esta apresentar um ciclo mais longo que o da aveia. O material coletado sofreu primeiramente uma pré-secagem e foi colocado em estufa a 65°C até peso constante para avaliar a produção de matéria seca e a quantidade de nutrientes absorvidos.

O manejo das plantas de cobertura citadas anteriormente foi efetuado no dia 15/10/2002, utilizando um herbicida dessecante a base de *glyphosate* (Roundup⁽¹⁾ – $1,5 \text{ L ha}^{-1}$) e posteriormente ocorreu o plantio do milho sem a rolagem das plantas de cobertura.

A



B



FIGURA 1. Experimento I com a emergência da aveia preta e produção de fitomassa antes do florescimento (A) e Experimento II com a emergência da aveia+ervilhaca e produção de fitomassa antes do florescimento (B), Fortaleza dos Valos, RS, 2002.

3.5.2 Implantação e avaliações efetuadas na cultura do milho da safra 2002/2003

A semeadura do milho Pioneer ⁽¹⁾ 32R21 (Híbrido Simples) de ciclo hiperprecoce ocorreu no dia 23/10/2002. Para isso foi utilizada semeadora de Plantio Direto SLC⁽¹⁾ 706 S com sistema dosador de sementes de dedos prensos e mecanismo sulcador de guilhotina para a distribuição do adubo. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,45 m e distribuição de 2,5 sementes por metro linear (Figura 2A e 2B), perfazendo uma população de 55.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base com P₂O₅ foi realizada juntamente a semeadura do milho em todas as parcelas. As doses de N e K₂O foram aplicadas com a utilização de uma adubadora-incorporadora (Fankhauser ⁽¹⁾ 7030), na linha de semeadura um dia após a semeadura do milho. Quando misturadas as quantidades foram calculadas levando em consideração a concentração de N e K₂O, da Uréia e o Cloreto de Potássio, respectivamente. E nos tratamentos onde a aplicação de nitrogênio e potássio usados eram exclusivas, a distribuição se fez próximo à linha de semeadura, a lanço, um dia após o plantio. O restante das doses foi aplicado em uma ou duas coberturas conforme os níveis de adubação, a lanço, dependendo do estágio fenológico da cultura do milho.

O controle de ervas daninhas foi efetuado com o uso do herbicida Extrazin⁽¹⁾ (*Atrazine + Simazine*, 6 L ha⁻¹), no dia 12/11/2002. A primeira adubação de cobertura a lanço ocorreu três dias após o controle das ervas daninhas, aplicando-se as quantidades demonstradas nas Tabelas 2 e 3.

A área experimental por ser a única com a cultura do milho nas proximidades, devido ao intenso cultivo de soja na região, sofreu uma intensa pressão de insetos predadores da cultura, ocasionando um ataque e danos à área foliar do milho, dias antes da segunda adubação de cobertura

⁽¹⁾ A Citação do nome comercial neste trabalho não implica em endosso ou propaganda comercial

(30/11/2002). O controle foi efetuado com a utilização de inseticida Nuvacron⁽¹⁾ (*Permetrina*, 0,375 L ha⁻¹).

Os produtos de controle químico citados anteriormente foram aplicados com pulverizador tratorizado em toda a área experimental.

A



B



FIGURA 2. Emergência do milho na área experimental (A) e distribuição das plantas de milho nas linhas e entrelinhas de plantio (B). Fortaleza dos Valos, RS, 2002.

A matéria seca da parte aérea do milho foi determinada em duas épocas distintas, no estágio do pleno florescimento, em 03/01/2003, e na colheita, em 05/02/2003. Torna-se importante citar que 7 dias após a coleta das plantas no pleno florescimento, ocorreu uma chuva de granizo na área prejudicando novamente a área foliar das plantas.

Foram coletadas aleatoriamente três plantas em cada parcela, colocadas em pré-secagem por um período de aproximadamente 7 dias e, posteriormente, levadas a uma estufa a 65°C, onde permaneceram até peso constante.

O rendimento de grãos no milho foi avaliado numa área de seis metros lineares no dia 05/02/2003, coletados aleatoriamente em todas as parcelas dos dois experimentos. A colheita ocorreu retirando-se apenas as espigas, com o grão e sabugo, deixando-se a palha na planta. A debulha foi feita com a utilização de debulhadora tratorizada. Posteriormente foi feita a pesagem, correção da umidade a 13%, determinada a produtividade e coletada uma subamostra de grãos para moagem em moinho tipo Willey, equipado com peneira de 40 mesh, para posterior determinação dos teores de nutrientes (N,P e K) nos grãos da cultura.

3.5.3 Implantação e avaliações efetuadas no nabo forrageiro em 2003.

O plantio do nabo forrageiro foi efetuado com uma semeadora de Plantio Direto MP 2000 (Imasa ⁽¹⁾) com duplo disco defasado e sistema de dosador de sementes de disco alveolado e ocorreu no dia 25/02/2003 utilizando-se de 17 kg ha⁻¹ de sementes viáveis e espaçamento de 17 cm entre linhas, na metade das parcelas, permanecendo a outra metade em pousio, após dessecação prévia, sem a presença de plantas. A cultura do nabo forrageiro não recebeu nenhuma adubação durante seu ciclo, contando apenas com o residual deixado pelo milho e o fornecido pelo solo. A passagem da semeadora também

⁽¹⁾ A citação do nome comercial neste trabalho não significa endosso ou propaganda comercial.

ocorreu nas parcelas em pousio, com a semeadora vazia, para simular o corte e incorporação parcial da palha de milho.

O manejo do nabo forrageiro foi feito com o uso de herbicida de ação total a base de *glyphosate* (Roundup⁽¹⁾ – 1,5 litros ha⁻¹) no dia 03/06/2003 e posterior plantio do trigo, sem a rolagem da cultura do nabo forrageiro.

A produção de matéria seca da parte aérea do nabo forrageiro foi determinada aos 97 dias após o plantio (Figura 3), foram coletadas de forma aleatória nas parcelas que receberam nabo forrageiro, 2 metros lineares. Posteriormente foram colocadas em pré-secagem e depois de 7 dias colocada em estufa com circulação de ar forçado na temperatura de 65°C onde permaneceram até peso invariável.



FIGURA 3. Parcela com nabo forrageiro aos 97 dias após o plantio. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

⁽¹⁾ A citação do nome comercial neste trabalho não significa endosso ou propaganda comercial.

3.5.4 Implantação e avaliações efetuadas na cultura do trigo em 2003

A semeadura do trigo foi feita no dia 02/06/2003 através da utilização de semeadora de Plantio Direto MP 2000 (Imasa ⁽¹⁾) com mecanismo dosador de sementes de disco alveolado e disco defasado. Esta se deu em toda a área experimental, utilizando a variedade CEP 36 de ciclo precoce implantada com distância entre linhas de 17 cm. A quantidade total de semente utilizada foi 120 kg ha⁻¹ que recebeu tratamento com *Difeconazole* na dose de 30 g do princípio ativo por 100 kg de semente. A cultura do trigo também não recebeu nenhum tipo de adubação, sendo influenciada pela contribuição do solo e pela ciclagem de nutrientes do nabo forrageiro.

Para melhor resposta da cultura foi efetuada uma aplicação de fungicida Opera⁽¹⁾ (*Epoconazole + Pyraclostrobin*) na dose de 0,75 L ha⁻¹ aplicado com pulverizador tratorizado no dia 19/09/2003.

A matéria seca da parte aérea do trigo foi determinada no pleno florescimento no dia 01/10/2003 (Figura 4A), coletando-se 4 metros lineares em todas as parcelas dos dois experimentos, posteriormente foram colocadas em pré-secagem e na seqüência em estufa com circulação de ar forçado na temperatura de 65°C onde permaneceram até peso invariável.

O rendimento de grãos de trigo (Figura 4B) foi determinado pela coleta de 8 metros lineares no dia 05/11/2003, em todas as parcelas da área experimental que após uma pré-secagem, foram desgranadas em debulhador tratorizado e os grãos coletados para avaliação da produção e nutrientes contidos nos mesmos.

⁽¹⁾ A citação do nome comercial neste trabalho não significa endosso ou propaganda comercial.

A



B



FIGURA 4. Vista parcial da área experimental no estágio de florescimento (A) e na colheita do trigo (B). Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

3.5.5 Análises efetuadas na parte aérea das plantas e grãos colhidos

Todas as amostras citadas foram pesadas para determinação da matéria seca e produção de grãos quando necessário. Moídas em triturador de forrageiras ou debulhador específico, subamostradas e moídas num moinho tipo Willey equipado com peneira de 40 mesh.

No material seco e moído, foram determinadas as concentrações de nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), e carbono orgânico (C). Os macronutrientes foram determinados a partir da oxidação úmida de 0,2 g de tecido vegetal, na presença de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 18M), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), mistura de digestão (sulfato de sódio + sulfato de cobre) e calor. O fósforo (P) foi determinado por espectrofotometria, após diluição das amostras houve a adição de paranitrofenol, ácido ascórbico e NaOH (10M), conforme metodologia de MURPHY & RILEY (1962). Esta metodologia foi usada devido a não existência em laboratório do reagente ácido 1-amino – 2-naftol – 4-sulfônico necessário para elaborar a solução P-C conforme TEDESCO et al. (1995). O N-total dos extratos resultantes da digestão foram determinados em destilador de arraste de vapor semimicro-Kjeldhal, o K por fotometria de chama, extraídos e determinados segundo a metodologia descrita em TEDESCO et al. (1995). Para a determinação do C, as amostras de tecido vegetal foram oxidadas pela mistura de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 1,25 mol_c L⁻¹) e ácido sulfúrico (H_2SO_4 18M), com fonte de calor externo, sendo que o excesso de dicromato de potássio foi titulado com sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5 mol_c L⁻¹) conforme TEDESCO et al. (1995).

FIGURA 5. Cronograma das atividades desenvolvidas durante a condução dos experimentos.

DATA DAS AVALIAÇÕES	EXPERIMENTO 1	EXPERIMENTO 2
01/06/2002	Semeadura da aveia preta	Semeadura da aveia preta + ervilhaca comum
12/10/2002	Coleta da matéria seca da aveia no florescimento	Coleta da matéria seca da aveia+ervilhaca
23/10/2002	Plantio do milho	
15/11/2002	Primeira aplicação da adubação de cobertura no milho	
30/11/2002	Segunda aplicação da adubação de cobertura no milho	
03/01/2003	Coleta da matéria seca do milho no pleno florescimento	
05/02/2003	Coleta da matéria seca do milho na colheita e amostragem dos grãos para determinar a produção	
25/02/2003	Pousio	Nabo forrageiro em metade das parcelas
01/06/2003	Coleta da matéria seca do nabo forrageiro com 97 dias após o plantio	
02/06/2003	Plantio do trigo em toda a área experimental	
01/10/2003	Coleta da matéria seca do trigo em pleno florescimento	
05/11/2003	Determinação do rendimento de trigo em toda a área experimental	

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Situação inicial da área experimental

O conhecimento do histórico das áreas agrícolas é relevante quando se trabalha com a ciclagem de nutrientes, bem como para as futuras recomendações de adubação. Neste estudo as informações históricas foram obtidas diretamente do produtor que cultiva a área desde 1976, sendo que esta permanecia em campo natural até 1970, iniciando o cultivo de soja e trigo em Plantio Convencional. Durante os dois primeiros anos, as palhadas de ambas as culturas foram queimadas para efetuar-se a semeadura da cultura subsequente. Após 1972 o uso do fogo na palha de soja foi extinto, devido a aquisição de uma colheitadeira que possuía o sistema de picador de palha, o qual substituía um sistema denominado de amontoador, utilizado na parte traseira das colhedoras que consistia de um sistema de contra peso, onde em uma ponta se encontrava uma tela de coleta e na outra os pesos. Quando o peso da palha era superior a outra extremidade este monte automaticamente era descarregado e posteriormente incinerado, não atrapalhando deste modo a semeadura da soja.

O Preparo Convencional utilizado anterior à implantação das culturas consistia de uma aração e de duas a três gradagens, sendo uma destas utilizada para incorporação do princípio ativo *trifluralin*, usado para controle das ervas daninhas de folha estreita. Este manejo se seguiu, com todos os problemas inerentes da adoção do Preparo Convencional até 1985, quando já não se queimavam os restos culturais. Em 1988 o produtor optou por implantar em 1/3 da área “o tal do Plantio Direto”, nas palavras do mesmo, em que a minimização das perdas de solo por erosão se apresentava como principal benefício. No ano seguinte o SPD foi implantado em toda a área de cultivo. Como os extensionistas ainda não tinham a compreensão total do sistema, durante 3 anos o produtor fez a semeadura da aveia a lanço e a incorporação das sementes com uma escarificação para diminuir os problemas de

compactação. Os benefícios da palha em superfície eram evidentes, mas a semeadura das culturas econômicas eram dificultadas pelas semeadoras em processo de adaptação ao novo sistema. No entanto, “*se plantava como dava*”, demonstrando que apesar das dificuldades todo o preparo de solo utilizado anteriormente estava extinto das pretensões futuras deste produtor. Já em 1993 a adoção da rotação de culturas de ½ soja e ½ milho era adotada em toda propriedade, e desde então os arados de disco, capinadeiras e escarificadores não foram mais utilizados (Figura 6).

Na tabela 4 encontram-se os dados da fertilidade do solo da área experimental antes da implantação dos tratamentos no milho. As amostras de solo apresentaram índices de fertilidade elevados para potássio, cálcio e magnésio, tendo o teor de K extrapolado a curva de leitura. Este resultado demonstra o acúmulo de nutrientes em superfície ao longo do tempo, quando o Sistema Plantio Direto é utilizado corretamente, respeitando a rotação de culturas e a mínima mobilização do solo.

TABELA 4. Resultados da análise de solo (0-10 cm de profundidade) no ano de 2002 após a dessecação das plantas de cobertura de inverno dos experimentos. Fortaleza dos Valos, RS, 2002.

Nº	Textura	% argila m/V	pH- H ₂ O	Índice SMP	P -----	P(RTA) mg/L	K -----	M.O. g kg ⁻¹	Al -----	Ca cmol _c /L	Mg -----
1	3	26	6,1	6,4	69,5	17,2	+200	39	0,0	8,3	2,9
2	3	30	6,0	6,3	50,5	15,8	+200	35	0,0	7,2	2,7
3	3	29	5,8	6,2	50,0	15,3	+200	34	0,0	6,9	2,3

Nº	H + Al	CTC cmol _c /L		Saturação %			Relações		
	cmol _c /L	efetiva	pH 7	Al	Bases	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/ (Ca+Mg) ^{1/2}
1	2,5	11,7	14,2	0	83	2,9	16,2	5,7	0,153
2	2,7	10,4	13,1	0	79	2,7	14,0	5,3	0,163
3	3,0	9,7	12,7	0	77	3,0	13,5	4,5	0,169



FIGURA 6. “Museu” dos implementos abandonados pelo produtor após a adoção do Sistema Plantio Direto. Fortaleza dos Valos, RS, 2002.

Em 1997 utilizou-se 2 Mg ha^{-1} de calcário em superfície. Entre 1995 e 1999 a adubação fosfatada utilizada era à base de fosfatos naturais aplicados a lanço. Por isso optou-se por fazer a análise de fósforo do solo utilizando a Resina Trocadora de Ânions (RTA) que não utiliza ácido em sua metodologia como no Mellich-I que acaba superestimando a disponibilidade de P devido a solubilização do fosfato natural conforme observado na análise de solo.

4.2 Produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio nas culturas de inverno em 2002.

O rendimento de matéria seca, os teores de nutrientes absorvidos, bem como a relação C/N das culturas de inverno são de grande interesse para o entendimento do comportamento da cultura implantada posteriormente, devido às influências destes fatores sobre o solo e os benefícios às culturas em sucessão.

Na Tabela 5 observa-se que a produção de matéria seca da aveia preta solteira foi de 5277 kg ha^{-1} , sendo considerada de alta produção por AMADO et al. (2002). Levando-se em consideração que a cultura não recebeu adubação mineral, esta produção foi favorecida pelo fato da espécie ter sido implantada em sucessão à soja cujos valores de adição de N no solo podem variar de 17 a 59 kg ha^{-1} após a colheita desta leguminosa, devido à fixação biológica de N_2 (WIETHÖLTER, 1996). Este comportamento também foi observado por GIACOMINI (2001) que no primeiro ano de condução de seu experimento, as espécies utilizadas (aveia, nabo e ervilhaca solteiras e em diferentes consorciações) apresentaram rendimento médio 40% maior em relação aos dois anos posteriores. Este fato ocorreu, segundo o autor, devido à implantação destas culturas sobre os resíduos culturais da soja e utilização de 30 kg ha^{-1} de N em cobertura, enquanto que nos outros anos esta dose foi de 20 kg ha^{-1} de N.

A Tabela 6, contém os valores obtidos no consórcio de aveia+ervilhaca. Observa-se que a produção total de matéria seca do consórcio foi 13% menor que a do cultivo solteiro de aveia. Este resultado se deve a baixa produção da leguminosa utilizada no consórcio que representou 27% da produção total de fitomassa, e a menor produção da aveia pela menor número de sementes utilizada no consórcio em relação a aveia solteira. O predomínio da gramínea na produção de fitomassa se deve principalmente a cultura antecessora (soja) e a sensibilidade da cultura da ervilhaca às condições climáticas adversas ocorridas naquele período. Utilizando um consórcio com as mesmas espécies e

porcentagem semelhante à deste estudo, AITA et al. (2000) encontraram uma participação de 74% da aveia preta na produção de matéria seca total, quando este foi implantado sobre feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) que acumulou 134 kg ha⁻¹ de N na parte aérea. Isto demonstra, portanto que a gramínea é beneficiada pela disponibilidade de N no solo em relação à leguminosa. A porcentagem de N na fitomassa da aveia consorciada foi 19% maior que da mesma cultura quando utilizada solteira, isto provavelmente ocorreu porque as condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da ervilhaca que propiciaram um maior contato desta com o solo, aumentando a incidência de doenças fúngicas (constatação visual) provocando uma decomposição precoce da cultura e conseqüente liberação antecipada de nitrogênio para o sistema. Esta liberação precoce favoreceu a diminuição da relação C/N da aveia quando consorciada (Tabela 5 e 6) e o aumento da porcentagem de N na fitomassa.

TABELA 5. Produção de matéria seca, relação C/N e nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados na aveia preta no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2002.

Resíduo cultural	Matéria seca	N	P	K	Relação C/N
	----- kg ha ⁻¹ -----				
Aveia	5.277	65,4	12	113	37

TABELA 6. Produção de matéria seca, relação C/N e nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados na aveia+ervilhaca no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2002.

Resíduo cultural	Matéria seca	N	P	K	Relação C/N
	----- kg ha ⁻¹ -----				
Aveia	3.433	50,8	9	94	28
Ervilhaca	1.215	33,5	4	36	15
Total	4.618	84,3	13	131	-

A quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas é um importante parâmetro para que perdas sejam diminuídas e que a fertilidade do solo seja aumentada ou mantida através de uma eficiente ciclagem. Deste modo, a aveia preta apresentou uma grande capacidade de absorção de potássio, acumulando em sua fitomassa quantidades no intervalo de 94 a 113 kg ha⁻¹ como demonstrado nas Tabelas 5 e 6. Estes resultados vão ao encontro do obtido por MATZENBACHER (1999) que na média de três anos, obteve acúmulo de 128 kg ha⁻¹ de K com a utilização de aveia preta em experimentos em Cruz Alta, RS. GIACOMINI (2001) encontrou em dois anos de estudo em um Argissolo Vermelho distrófico arênico um acúmulo médio inferior ao deste estudo (83 kg ha⁻¹ de K). SANTI (2001), com a utilização de doses crescentes de nitrogênio na aveia (0 a 240 kg ha⁻¹), observou que o potássio foi o nutriente mais ciclado, alcançando, na média de dois anos, 137 kg ha⁻¹. Este autor destacou a utilização da aveia como importante estratégia de redução de perdas por lixiviação na entressafra de culturas comerciais, pois a aveia absorveu o potássio residual de culturas anteriores, além daquele que estava presente naturalmente no solo superando o aplicado à própria cultura.

Quando as espécies são utilizadas consorciadas algumas vantagens são atribuídas a sua utilização, destaca-se entre elas o maior rendimento de matéria seca e o maior acúmulo de nutrientes, em relação ao cultivo isolado de cada espécie (VAUGHAN & EVANYOLO 1998; AMADO et al., 2000).

Este comportamento está evidenciado neste estudo, onde as quantidades totais de nutrientes absorvidos pelas plantas utilizadas foram de 30%, 8,7% e 16% maiores para os nutrientes N, P e K, respectivamente quando se utilizou o consórcio.

4.3 Produção de matéria seca, adição de carbono e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados pela parte aérea do milho no florescimento.

Entre os benefícios proporcionados pela utilização do milho está o significativo aporte de palha ao sistema. Na Figura 7, observa-se que a produção de matéria seca (MS) da testemunha chegou a 5649 kg ha⁻¹ e quando se aplicou a dose mais alta de nitrogênio sem utilização de potássio a 8174 kg ha⁻¹, sendo a cultura implantada em sucessão a aveia, demonstrando o efeito significativo das doses de N. Estes resultados são superiores aos obtidos por BASSO (1999) em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, com 1,85% de MO e 60 kg de K₂O ha⁻¹ em sucessão à aveia, obteve no primeiro ano, de uma produção 5355 kg ha⁻¹ de MS do milho sem aplicação de N. Para a dose de 120 kg de N ha⁻¹ (30 semeadura + 90 cobertura) e 60 kg de K₂O ha⁻¹ a produção atingiu 6512 kg ha⁻¹ de MS, sendo inferior em 1057 kg ha⁻¹ à obtida neste trabalho com a mesma dose. Estes resultados provavelmente sejam explicados pelas diferentes condições edafoclimáticas dos locais dos dois estudos.

A análise de regressão efetuada nas avaliações feitas no florescimento do milho no Experimento I (Apêndice C e D), demonstrou que somente houve ajuste de equação para as doses de N, com um incremento crescente de 34, 42 e 51% na produção de MS, respectivamente para 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹, sendo a interação entre os blocos significativa. A maior produção de matéria seca na dose 0 de K₂O ocorreu quando aplicou-se no milho 180 kg de N ha⁻¹ chegando a uma produção de 8174 kg ha⁻¹ próxima daquela obtida quando todas doses de potássio foram incluídas (8616 kg ha⁻¹). Isto indica que a utilização das doses de potássio apresentaram uma eficiência baixa na produção de MS devido aos teores elevados do solo, não apresentando interação com a aplicação de N.

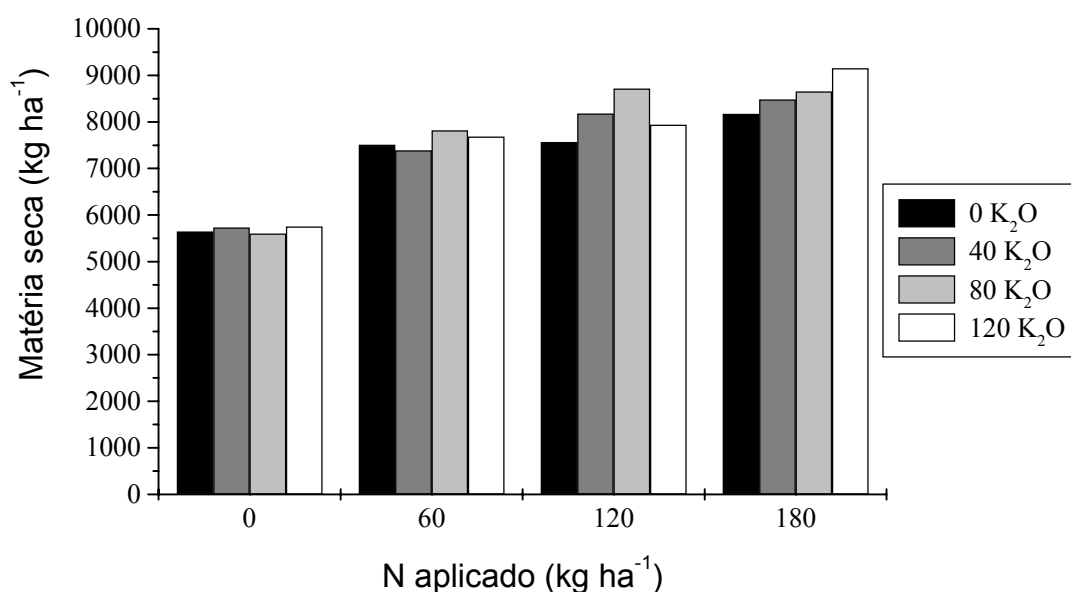


FIGURA 7. Produção de matéria seca do milho no florescimento no Experimento I com a utilização de diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

A pouca resposta à adubação potássica é explicada pelo acúmulo de nutrientes ao longo do tempo no Sistema Plantio Direto que proporcionou altos teores de K na instalação do experimento, e pelo acúmulo de 113 kg de K ha⁻¹ na MS da cultura antecedente. De acordo com GIACOMINI et al. (2001) este elemento apresenta rápida liberação dos resíduos vegetais chegando a 95% em quatro semanas após o manejo.

O acúmulo de nutrientes está diretamente relacionado com a quantidade de resíduos vegetais aportados e a exportação de nutrientes pelos grãos. Com isto, o potássio tende a se acumular na superfície, pois geralmente as plantas absorvem quantidades elevadas deste elemento, mas somente uma pequena fração do total absorvido é exportada pelos grãos. Assim, com a manutenção da palha em superfície ocorre uma adubação superficial às culturas subsequentes (CERETTA, 2003).

Segundo MUZILLI (1983) e SIDIRAS & PAVAN (1985), a manutenção da palha em superfície e o mínimo revolvimento proporcionam um acúmulo de nutrientes na camada superficial e aumento dos teores de matéria orgânica influenciando as culturas em sucessão.

Os aumentos nos teores de MO do solo, somente são possíveis quando as taxas de adição de carbono são maiores que as de perdas. As taxas de adição são influenciadas pelos sistemas de rotação/sucessão de culturas utilizados, basicamente, em relação à quantidade de resíduos vegetais que retornam ao solo anualmente (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

O Experimento I apresentou adições maiores de carbono conforme o aumento das doses de nitrogênio, sendo este efeito estatisticamente significativo, com um incremento bastante semelhante ao obtido na produção de MS. Este comportamento também foi observado no Experimento II, que apresentou acúmulo de 20, 28 e 31% para as doses de 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Segundo FREITAS (1996), a adição de N mineral contribui diretamente no aporte de C e N via resíduos, pois a produção de MS apresenta estreita relação com a produtividade de grãos, sendo o efeito do N mineral maior quando o sistema de cultura contém somente gramíneas (aveia/milho), pois em sistemas que incluam leguminosas, a resposta do N adicional é menor, uma vez que o N adicionado por estas, permite ao milho um rendimento de grãos e matéria seca mais elevado quando comparado aos sistemas com a ausência destas espécies.

A análise de regressão efetuada e avaliações feitas no florescimento do milho no Experimento II se encontram nos Apêndices E e F. A Figura 8 demonstra que a testemunha do Experimento II apresentou uma produção de MS 18% superior, em relação ao mesmo tratamento no Experimento I, evidenciando o efeito benéfico da utilização da ervilhaca no consórcio para o milho em sucessão mesmo quando esta é prejudicada pelas adversidades climáticas ocorridas no período de cultivo deste estudo.

Observa-se também um ganho significativo de produção de MS de 20, 25 e 30% para as doses de N de 60, 120 e 180 kg de ha⁻¹, respectivamente,

em relação a testemunha. Os resultados demonstram que o N proporcionado pela utilização de leguminosa no consórcio foi complementar à aplicação do N mineral na produção de MS.

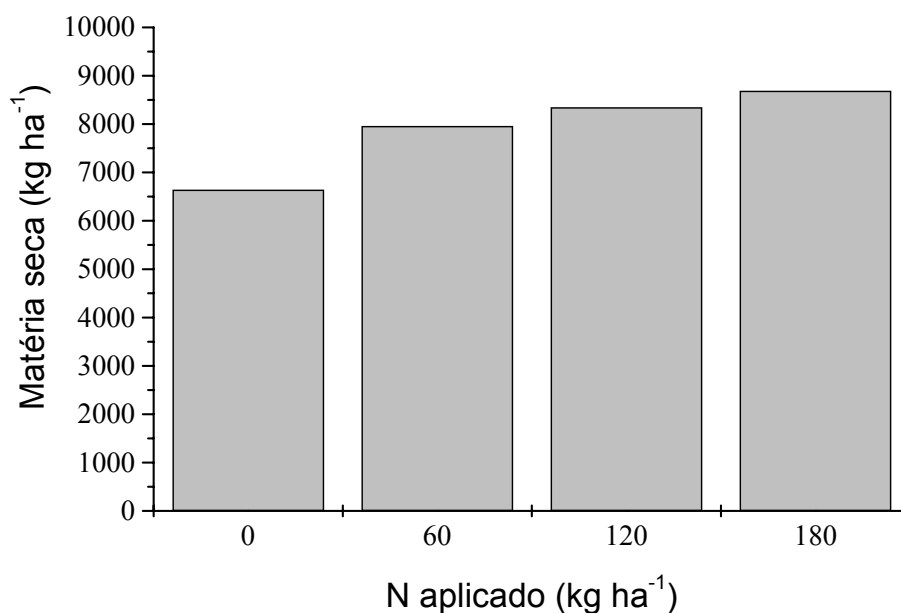


FIGURA 8. Produção de matéria seca do milho no florescimento no Experimento II com a utilização de diferentes doses de N na dose de 80 kg de K₂O ha⁻¹. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Na Figura 9, nota-se o acúmulo de N com o incremento das doses de N mineral (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) sem a adição de K₂O, quando o milho foi implantado sobre a aveia. Neste estudo a testemunha apresentou um conteúdo de 60 kg de N ha⁻¹ e onde houve a adição de N ao sistema o acúmulo foi 53, 73 e 118% maior, respectivamente para as doses de 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹. Concordando com DA ROS (1996), que encontrou um aumento na quantidade de N acumulado pelas plantas de milho em todos tratamentos com a elevação das doses de N aplicado. No entanto, quando as doses de potássio são incluídas e observadas as médias obtidas, o acúmulo de N foi 55, 101, 146% maior que a testemunha, demonstrando uma menor eficiência das doses de

potássio quando os níveis de nitrogênio aplicados são considerado baixos em relação as doses utilizadas.

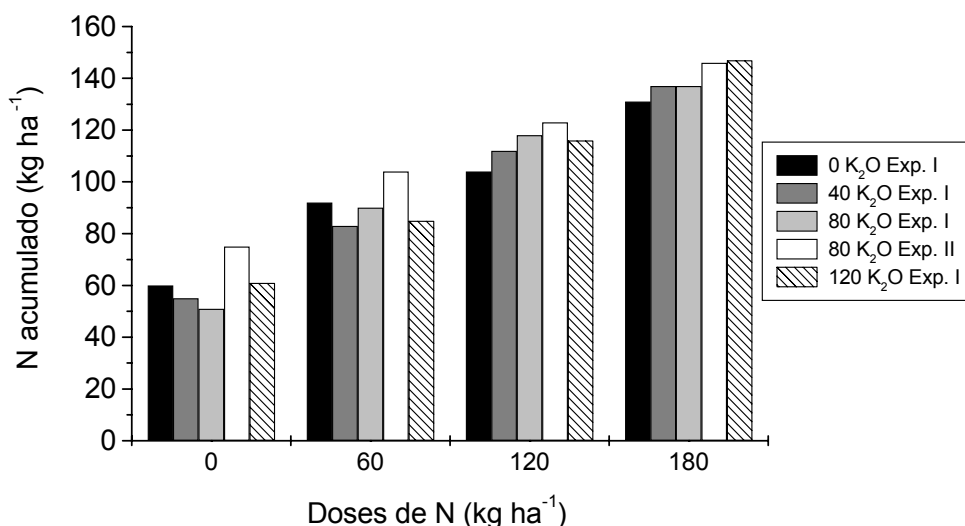


FIGURA 9. Nitrogênio acumulado na matéria seca do milho no florescimento nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e de K₂O ha⁻¹. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Este comportamento indica uma melhor resposta no acúmulo de N quando as doses de K₂O e N são balanceadas. No entanto, estas relações foram prejudicadas principalmente pela alta absorção de K pelo milho (Tabela 7 e 8). Resultados semelhantes foram encontrados por USHERWOODD (1982), relacionando maior produção de grãos de milho, com o aumento dos níveis de N e da relação N/K, encontrando relações maiores que as observadas neste estudo. LOPES (1998), demonstra que o uso desbalanceado das doses de N e K, interferiu na produção das culturas e também na eficiência da utilização do nitrogênio.

TABELA 7. Acúmulo de N (N acum.) e K (K acum.) e relação N/K na matéria seca do milho no florescimento no Experimento I em função das doses utilizadas. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	N acum.	K acum.	Relação N/K	Relação N/K
----- kg ha ⁻¹ -----				N/K	média
0	0	60	162	0,37	
0	40	55	169	0,32	0,32
0	80	51	179	0,28	
0	120	61	177	0,34	
60	0	92	193	0,47	
60	40	83	210	0,39	0,39
60	80	90	226	0,39	
60	120	85	260	0,32	
120	0	104	210	0,49	
120	40	112	258	0,43	0,44
120	80	118	274	0,43	
120	120	116	273	0,42	
180	0	131	258	0,5	
180	40	137	268	0,51	0,49
180	80	137	297	0,46	
180	120	147	300	0,49	

TABELA 8. Acúmulo de N (N acum.) e K (K acum.) e relação N/K na matéria seca do milho no florescimento no Experimento II em função das doses utilizadas. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	N acum.	K acum.	Relação N/K	Relação N/K
----- kg ha ⁻¹ -----				N/K	Média
0	80	75	201	0,37	
60	80	104	245	0,42	0,44
120	80	123	270	0,45	
180	80	146	280	0,52	

Comparando-se o mesmo tratamento nos dois experimentos, o acréscimo de N no tecido nas plantas no Experimento II com adição de N, correspondeu a um incremento de 24, 14, 6 e 9 kg ha⁻¹ em relação ao Experimento I. DA ROS (1996), destaca que a resposta à aplicação de N no milho foi menor nos tratamentos que tiveram as leguminosas como culturas antecessoras ao invés da aveia preta, relacionando tal fato às quantidades elevadas de N acumuladas pela fixação biológica nas leguminosas. Para a ervilhaca, este autor encontrou acúmulo de 90 kg de N ha⁻¹, o que diminuiu a relação C/N das mesmas e proporcionou maior disponibilidade inicial de N ao milho diminuindo assim, o efeito da aplicação de N mineral.

O acúmulo de K na testemunha do tratamento 0N-0K₂ no florescimento do milho do Experimento I, foi de 162 kg ha⁻¹, aumentando a quantidade absorvida com o aumento das doses de K₂O, mesmo na ausência da adubação nitrogenada e da não significância das médias. Isto provavelmente ocorra devido ao aumento da disponibilidade do K, pela aplicação dos níveis de K₂O. A adição de N promoveu uma maior absorção de K (Tabela 7 e 8). Assim, na dose de 60 kg de N ha⁻¹ os acúmulos foram maiores em 32, 42, 46 e 84 kg de K ha⁻¹ em relação aos mesmos tratamentos que não receberam N.

A implantação do milho sobre o consórcio de aveia+ervilhaca proporcionou um aumento relativo no acúmulo de potássio de 12% comparativamente à testemunha do Experimento I. Desta forma, o planejamento de incluir uma leguminosa na rotação de culturas pode proporcionar uma melhor nutrição para o milho diminuindo a lixiviação do K no perfil em condições de alta disponibilidade.

As doses de N influenciaram significativamente o acúmulo de P no florescimento do milho nos dois experimentos. No Experimento I o acúmulo médio variou de 15 a 22 kg de P ha⁻¹. Já no Experimento II, houve um aumento de 13% em relação ao experimento I no acúmulo de P na matéria seca da testemunha. Este comportamento provavelmente está associado as diferentes culturas de cobertura utilizadas nos experimentos que proporcionaram melhor nutrição ao milho.

4.4 Produção de matéria seca, grãos e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados na colheita do milho.

A determinação da MS da parte aérea na colheita é importante para que se avalie o acúmulo de nutrientes que após a colheita poderão estar disponíveis à utilização pelas plantas ou ficar sujeitos à perdas pelo escoamento superficial e lixiviação, desta forma, neste trabalho efetuou-se a remoção das espigas do milho em todos os tratamentos.

Para a produção de MS, em todos os tratamentos avaliados encontrou-se ajuste estatístico significativo com a utilização das doses de N através das equações de regressão (Apêndices G e H). Nos resultados demonstrados na Figura 10, observa-se que no Experimento I a testemunha chegou ao final do ciclo com 4508 kg ha^{-1} de MS, ficando cerca de 2387 kg abaixo do verificado para o tratamento $60\text{N}-0\text{K}_2\text{O}$. A maior produção de MS chegou a 8199 kg ha^{-1} para a associação das doses de $180\text{N}-120\text{K}_2\text{O}$. Levando-se em consideração todos os tratamentos aplicados, separando as médias pelas doses de N, a elevação da MS em relação à testemunha ocorreu com percentual de 47, 62 e 71% para as doses de 60, 120 e $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$, respectivamente, evidenciando novamente o efeito significativo do N na produção de MS no Milho.

No Experimento II, houve uma produção maior de MS em relação ao Experimento I, para as doses de $0\text{N}-80\text{K}_2\text{O}$ e, $60\text{N}-80\text{K}_2\text{O}$ com acréscimo de 460 e $734 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ respectivamente. Entretanto, houve diminuição da produção de MS de $189 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ na dose de $120\text{N}-80\text{K}_2$ e de $16 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ na dose de $180-80\text{K}_2\text{O}$ do Experimento II. A chuva de granizo ocorrida após o florescimento pode ter influenciado as menores diferenças entre os tratamentos e a queda de produção da MS.

A análise de N na MS da colheita do milho demonstrou que grande parte do N é translocado para a produção de grãos da planta (Tabelas 9 e 10). Esta translocação assumiu um percentual em torno de 70% do N total acumulado até a colheita. Este resultado vai ao encontro do obtido por FERNANDES et al.,

(1998), que comparando a produtividade de milho em diferentes doses de N (0, 60, 120 e 240 kg de N ha⁻¹) obteve que em Plantio Direto, o acúmulo total de N nos grãos se encontrou em 70%. O autor ainda destaca que desta forma, a quantidade de nutriente exportado é superior ao deixado na área de cultivo pela palhada, necessitando, portanto, a reposição deste nutriente para que o sistema não seja prejudicado.

FIGURA 10. Produção de matéria seca do milho na colheita nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e de K₂O ha⁻¹. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

A testemunha do Experimento I apresentou um total de 21 kg de N ha⁻¹, enquanto que com a variação das doses de N, sem a inclusão da adubação potássica, estes acúmulos chegaram a 44, 46 e 54 kg de N ha⁻¹ na MS para as doses de 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹ aplicados ao milho, respectivamente (Apêndice G). Nos grãos, estes valores chegaram a 60 kg de N ha⁻¹ para a testemunha e 90, 121 e 127 kg de N ha⁻¹ na mesma ordem dos tratamentos citados acima, indicando uma menor variação de acúmulo na MS do que nos

grãos. Por outro lado deve-se levar em consideração a continuidade de absorção do milho após o florescimento que pode ter influenciado estes resultados.

Analisando-se o acúmulo de N, observa-se que os valores obtidos nos tratamentos que receberam aplicação de K são muito próximos daqueles obtidos nos tratamentos sem a aplicação das doses de K. Este fato demonstra que as doses de K_2O apresentaram baixa influência no acúmulo de N.

Nos tratamentos do Experimento I que utilizaram $80 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$, observou-se um acréscimo de N após o florescimento de 32, 31, 36 e 25%, respectivamente, para as doses de 0, 60, 120 e $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (Apêndice K). GIACOMINI (2001) destaca em seu trabalho que a avaliação apenas no florescimento do milho pode não ser suficiente para interpretar corretamente a dinâmica de fornecimento de N pelas culturas de cobertura. Dentro deste contexto, SÁ (1993), estudando a resposta de N aplicado ao milho cultivado sobre a aveia em três locais do Paraná, verificou que em ano de precipitação adequada no ciclo da aveia e durante o desenvolvimento inicial da cultura do milho, ocorreu liberação de parte do N acumulado da aveia após o florescimento, e que a adição de $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ na semeadura foi suficiente para obter 100% da produção relativa, reduzindo o efeito de competição de N pela biomassa microbiana.

Os teores absorvidos após o florescimento estão apresentados nas Tabelas 9 e 10 e se referem à soma do N acumulado nos grãos mais o N encontrado na matéria seca na colheita do milho, diminuindo-se do encontrado no pleno florescimento, comprovando a continuidade de absorção de N após o florescimento. Os resultados demonstram que ocorreram fornecimentos importantes para o milho após o estágio do florescimento. No entanto, estes resultados parecem ter sido prejudicados pelo granizo ocorrido na área, ocasionando prejuízos na produção de matéria seca final e afetando a quantidade total de nutrientes absorvidos.

O Experimento II apresentou acúmulo de N maior que os do Experimento I quando se comparam os mesmos tratamentos. A testemunha do

Experimento II (Apêndice I) apresentou 26 kg de N ha⁻¹ na MS da parte aérea do milho na colheita, sendo que na mais alta dose de N, obteve-se 75 kg de N ha⁻¹.

TABELA 9. Acúmulo de N na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N com a aplicação de 80 kg de K₂O ha⁻¹ e sua absorção após o florescimento no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Aveia		Milho			
	MS	Dose N	Floresc. ⁽¹⁾	Colheita	Grãos	Absor. ⁽²⁾
			----- kg de N ha ⁻¹ -----			
		0	51	23	53	+ 25
	65,4	60	90	33	98	+ 41
		120	118	52	132	+ 66
		180	137	61	122	+ 46

⁽¹⁾ Floresc. : Milho no florescimento; ⁽²⁾ Absor.: Absorção após a floração (absorção Colheita+ absorção Grãos - absorção Florescimento)

TABELA 10. Acúmulo de N na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N com a aplicação de 80 kg de K₂O ha⁻¹ e sua absorção após o florescimento no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Av+erv. ⁽¹⁾		Milho			
	MS	Dose N	Floresc. ⁽²⁾	Colheita	Grãos	Absor. ⁽³⁾
			----- kg de N ha ⁻¹ -----			
		0	75	26	64	+ 15
	84,9	60	104	45	112	+ 53
		120	123	53	108	+ 38
		180	146	75	113	+ 42

⁽¹⁾ Av+erv.: Aveia + ervilhaca; ⁽²⁾ Floresc. : Milho no florescimento; ⁽³⁾ Absor.: Absorção após a floração (absorção Colheita+ absorção Grãos - absorção Florescimento)

Na Tabela 10, que representa o Experimento II verifica-se que de uma maneira geral, houve uma absorção inferior ao obtido no Experimento I. este fato resulta do aporte inicial de N ao sistema pela utilização da ervilhaca (33,1 kg ha⁻¹ de N) no consórcio, proporcionando teores mais elevados no florescimento em comparação as mesmas doses do Experimento I. Também se observa uma diferença nas testemunhas dos dois experimentos, possivelmente devido à imobilização microbiana ocorrida através da utilização de aveia como cultura antecessora ao milho. Diversos autores têm encontrado resultados semelhantes quando utiliza a cultura da aveia antecedendo o milho (DA ROS, 1993; BASSO, 1999; SANTI, 2001; GIACOMINI, 2001).

A quantidade de K encontrada na parte aérea da testemunha do milho na colheita do Experimento I foi de 81 kg de K ha⁻¹, 50% menor do que o valor obtido no florescimento. Da mesma forma que no florescimento, o aumento das doses de N influenciou positivamente o acúmulo de K na colheita. Considerando-se as dosagens de 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹, houve acréscimos de 40, 69 e 86%, quando comparados à testemunha. Na Tabela 11, onde foram incluídas as absorções médias de K para todos os tratamentos, nota-se perda deste elemento após o florescimento e melhoria da absorção de K com o aumento das doses de N.

A quantidade de K translocado para os grãos foi baixa em relação ao absorvido, com uma variação de 18 a 25% nos tratamentos do Experimento I. Permaneceu na palhada uma quantidade que variou de 41 a 58% do total presente no florescimento. Simulando-se a soma da melhor absorção do K, as perdas para o sistema serão de 17% do total acumulado, enquanto que, se as piores eficiências forem consideradas, estas perdas chegarão a 41%, demonstrando que há uma liberação de potássio para o sistema após o florescimento. Esta liberação está provavelmente associada a senescência dos tecidos da planta e ao fato do K não estar associado a nenhum componente estrutural da planta (MARSCHENER, 1995) o que provocaria a rápida liberação deste elemento para o solo.

No Experimento II (Tabela 12), a tendência é a mesma. No entanto, devido as maiores absorções de K, as perdas também se evidenciaram, indicando que, em níveis elevados de K no solo, o cuidado com a adubação suplementar deve ser redobrado.

TABELA 11. Acúmulo de K na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O e sua liberação no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Aveia	Milho					
----- kg de K ha ⁻¹ -----							
	MS	Dose N/K ₂ O	Floresc. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	Liberação ⁽³⁾	%
		0/todas	171	79	38	- 54	31%
	113	60/todas	222	111	51	- 60	27%
		120/todas	253	134	50	- 69	27%
		180/todas	280	147	64	- 69	24%

⁽¹⁾ Floresc.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ Liberação durante a maturação fisiológica (Absorção colheita + absorção grãos – absorção florescimento)

TABELA 12. Acúmulo de K na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ e sua liberação no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Av.+erv. ⁽¹⁾	Milho					
----- kg de K ha ⁻¹ -----							
	MS	Dose N/K ₂ O	Floresc. ⁽²⁾	Colh. ⁽³⁾	Grão	Liber. ⁽⁴⁾	%
		0/80	201	92	38	- 71	35
	131	60/80	245	117	52	- 76	31
		120/80	270	140	57	- 73	27
		180/80	280	151	57	- 72	26

⁽¹⁾ Av+erv.: Aveia + ervilhaca; ⁽²⁾ Floresc.: Milho no florescimento; ⁽³⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽⁴⁾ Libe.:Liberação durante a maturação fisiológica (Absorção colheita + absorção grãos – absorção florescimento)

Neste contexto, é extremamente necessária a manutenção contínua de plantas em crescimento para diminuir o tempo de exposição deste nutriente ao ambiente, diminuindo perdas por lixiviação e escoamento superficial, evitando assim, que o custo de produção aumente desnecessariamente.

A produção de grãos de milho não foi influenciada pela adubação potássica. Houve significância apenas para a produção com as doses de N aplicadas no milho nos dois experimentos (Apêndice L e N).

Sem a aplicação de N ao milho, considerando todas as doses de K, a produção média obtida foi de 4894 kg ha⁻¹ de grãos. Enquanto com o aumento das doses de N, o rendimento foi favorecido em 1744, 2835 e 3128 kg ha⁻¹ para as doses de 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹, respectivamente, no Experimento I (Figura 11).

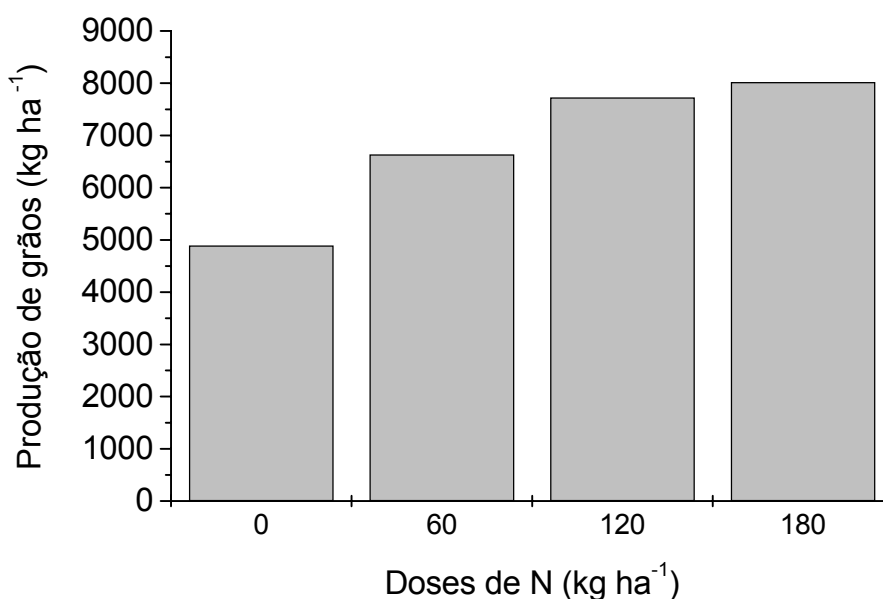


FIGURA 11. Produção de grãos do milho no Experimento I com a utilização de diferentes doses de N com todas as doses K₂O ha⁻¹. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

O Experimento II apresentou uma produção de 5592 kg ha⁻¹ de grãos para a testemunha (Figura 12), sendo, 603 kg ha⁻¹ maior que o mesmo tratamento no Experimento I. Este efeito positivo na produtividade se deve a inclusão da ervilhaca em consórcio com a aveia e menor imobilização microbiana, pois vários estudos demonstram o efeito desta prática usando a ervilhaca solteira ou consorciada (DA ROS & AITA, 1996; GIACOMINI, 2001; SANTI 2001).

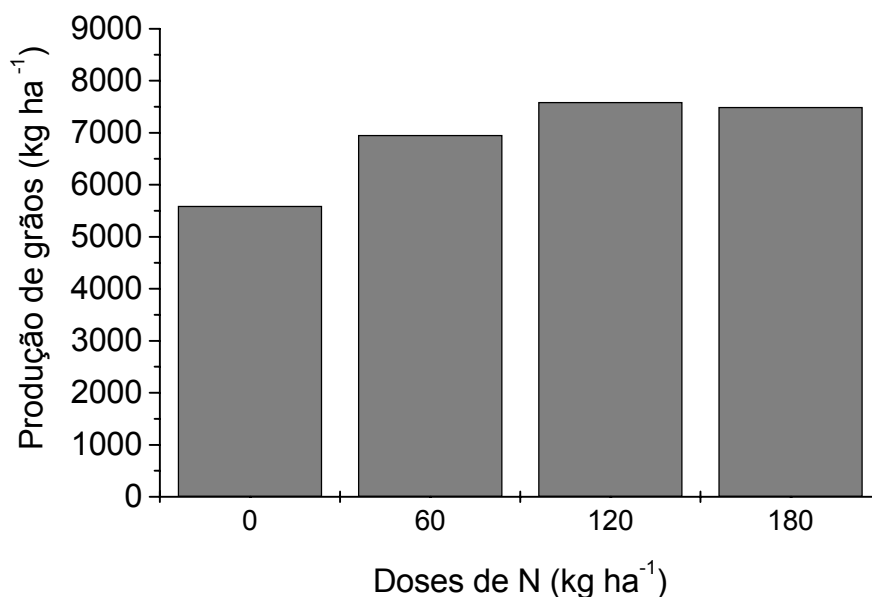


FIGURA 12. Produção de grãos de milho no Experimento II com a utilização de diferentes doses de N e de 80 kg de K₂O ha⁻¹. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

O fósforo encontrado na MS do milho na colheita, não foi influenciado significativamente pelas doses de N e K. No entanto, a produção de grãos apresentou diferenças estatisticamente significativas para as doses de N utilizadas (Apêndices H e J). A avaliação dos teores de nutrientes no florescimento, demonstraram que houve uma contínua absorção de P nos dois

experimentos, chegando a variação de 19 a 31 kg de P ha⁻¹ após o florescimento. Isto quando se compara o total de P obtido na colheita mais o total de P nos grãos, diminuindo-se o obtido no florescimento. Em todos os tratamentos dos dois experimentos a quantidade encontrada nos grãos foi maior do que aquela obtida no florescimento (Tabelas 13 e 14), demonstrando que há uma retirada de P considerável pelos grãos do milho, o que reforça a necessidade de maior atenção com adubação fosfatada em sistemas onde exista grande exportação.

Os saldos de P apresentaram um comportamento crescente no Experimento I, proporcional ao aumento das doses de N que no florescimento demonstraram efeito significativo para o acúmulo de P. Isto está relacionado ao melhor desenvolvimento da planta com a utilização de adubação nitrogenada, que proporcionou maior produção de MS e, portanto, maior necessidade de absorção de nutrientes.

TABELA 13. Acúmulo de P na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O e sua absorção após o florescimento no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Aveia		Milho			
	----- kg de P ha ⁻¹ -----					
	MS	Dose N/K ₂ O	Floresc. ⁽¹⁾	Colheita	Grãos	Absorção ⁽²⁾
12		0/todas	15	8	26	+19
		60/todas	18	8	37	+27
		120/todas	21	8	42	+29
		180/todas	23	8	50	+35

⁽¹⁾ Floresc.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Absorção após o florescimento (Absorção colheita + absorção grãos – absorção florescimento)

TABELA 14. Acúmulo de P na matéria seca (MS) de milho sobre diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ e sua absorção após o florescimento no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Av.+erv. ⁽¹⁾	Milho				Absor. ⁽³⁾
		----- kg de P ha ⁻¹ -----				
	MS	Dose N/K ₂ O	Floresc. ⁽²⁾	Colheita	Grão	
		0/80	17	7	29	+19
	13	60/80	20	8	43	+31
		120/80	21	8	41	+28
		180/80	23	10	37	+24

⁽¹⁾ Av+erv.: Aveia+ervilhaca; ⁽²⁾ Floresc.: Milho no florescimento ; ⁽³⁾ Absor.: Absorção após o florescimento (Absorção colheita + absorção grãos – absorção florescimento)

4.5 Produção de matéria seca, adição de carbono e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados pela parte aérea do nabo forrageiro.

Na Figura 13, está representada a produção de MS do nabo forrageiro implantado sobre o milho do Experimento I. A aplicação das doses de K₂O no milho não influenciaram significativamente a quantidade de biomassa produzida pelo nabo. No entanto, os níveis de N utilizados apresentaram valores significativos no Experimento I.

A maior produção de MS do nabo ocorreu no maior nível de N aplicado no milho (180 kg ha⁻¹) alcançando 4767 kg ha⁻¹ e diferindo estatisticamente da menor média (3684 kg ha⁻¹), verificada na dose de 0 de N ha⁻¹. Por outro lado, estes valores diferiram dos encontrados na produção de MS nas doses de 60 e 120 kg de N ha⁻¹ no milho, os quais também não diferiram entre si no Experimento I (Apêndice O). Estas produções ficam próximas as encontradas por GIACOMINI (2001) que no primeiro ano após soja produziu 5530 kg ha⁻¹

em 130 dias de cultivo. No entanto, nos outros dois anos quando o nabo foi implantado sobre a cultura do milho e recebeu 20 kg de N ha⁻¹ a produção média caiu para 3720 kg ha⁻¹ de MS.

Na Figura 14, observa-se que no Experimento II, a maior produção média também ocorreu no nível de 180 kg de N ha⁻¹ aplicados no milho correspondendo a 4927 kg ha⁻¹ de MS diferindo estatisticamente da dose 0 de N. A menor produção (3787 kg ha⁻¹) ocorreu nos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada no milho, enquanto as doses intermediárias de N não diferiram significativamente da melhor e da pior média dos tratamentos. Da mesma forma que no Experimento I as doses de K₂O não afetaram significativamente a biomassa total. Provavelmente os resultados encontrados nos dois experimentos estejam associados a relação C/N do milho e a disponibilidade de N, influenciando a produção de MS pelo nabo forrageiro.

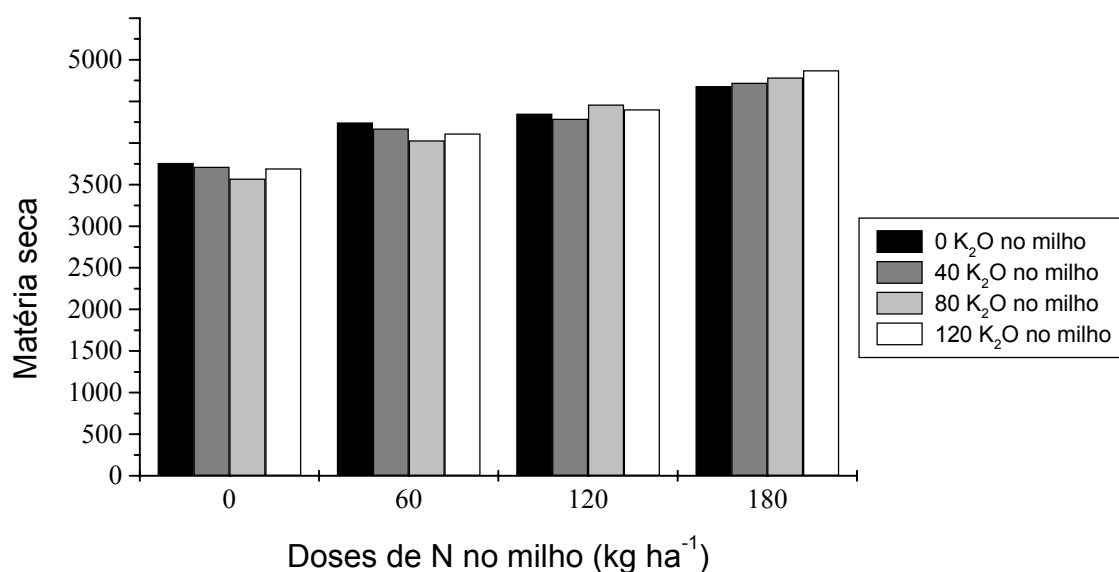


FIGURA 13. Produção de matéria seca do nabo forrageiro no Experimento I com a utilização de diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹ no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

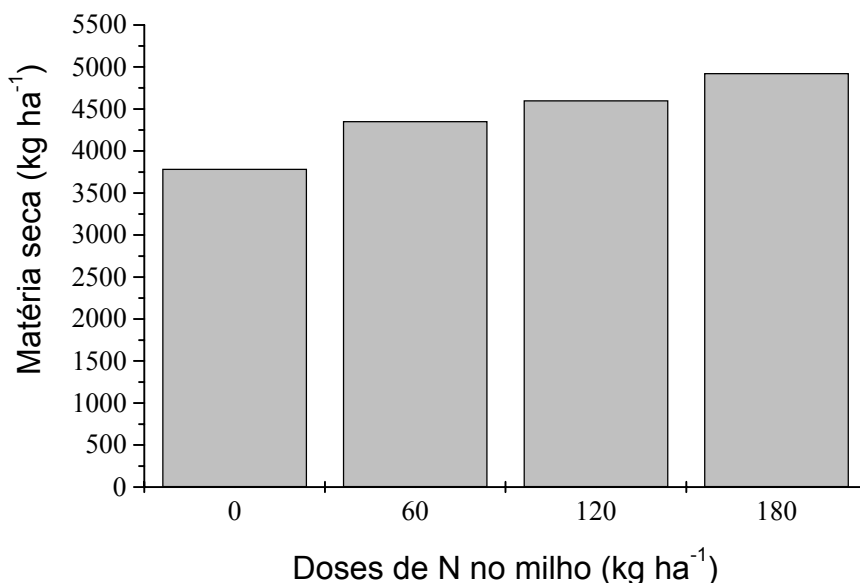


FIGURA 14. Produção de matéria seca do nabo forrageiro no Experimento II com a utilização de diferentes doses de N e de 80 kg de K₂O ha⁻¹ no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Igualmente como ocorreu na produção de MS, o acúmulo de C pelo nabo forrageiro no Experimento I, foi maior na aplicação de 180 kg de N ha⁻¹ no milho e menor na dose de 0 kg de N ha⁻¹. As doses de potássio não influenciaram significativamente a adição de C (Apêndice O).

O Experimento II não apresentou diferença significativa na adição de C. No entanto, ocorreu uma tendência de aumento no conteúdo de C adicionado com o aumento das doses de N no milho (Apêndice P). Comparando-se os tratamentos idênticos dos dois experimentos, nota-se que houve uma maior produção de MS nos tratamentos 0 e 60 Kg de N ha⁻¹ do Experimento II. Este resultado está associado aos teores na MS na colheita do milho e à variação na relação C/N do milho. No Experimento I, estas diferenças na relação C/N do milho no florescimento, entre os dois experimentos, podem ter ocasionado uma maior imobilização microbiana no Experimento I, refletindo-se em menor

acúmulo de C. enquanto no Experimento I foram encontrados valores de 45 e 36 para a relação C/N do milho nos tratamentos 0 e 60 Kg de N ha⁻¹, respectivamente, no Experimento II estes valores ficaram em torno de 36 a 30. Já quando as doses maiores são utilizadas os teores totais de C e as relações C/N do milho foram semelhantes para os dois experimentos em tratamentos idênticos.

Os efeitos da imobilização microbiana se refletiram no acúmulo total de N do nabo (Tabela 15), onde nas duas maiores doses de N aplicado no milho o comportamento foi significativamente diferente do que para as duas doses menores no Experimento I (Apêndice O). Provavelmente este efeito esteja relacionado à rápida decomposição das folhas do milho (WIETHÖLTER 1996), liberando N ao solo, e à pré-picagem da palha gerada pela semeadora na implantação do nabo. Deste modo, ocorreria um maior contato da palha com o solo ocasionando uma decomposição mais rápida e, conseqüentemente, maior mineralização. Este comportamento também foi evidenciado no Experimento II (Tabela 16). No entanto, as médias de acúmulo de N foram um tanto maior que as do Experimento I. As doses de 120 e 180 kg de N ha⁻¹ foram as maiores médias e onde não houve aplicação de N ao milho foi a menor média, sendo que a dose de 60 kg de N ha⁻¹ não se diferenciou estatisticamente da de 120 e da 0 kg de N ha⁻¹. A maior aproximação das doses inferiores se deve ao histórico das culturas utilizadas neste experimento que proporcionou menores diferenças entre as doses de N e maiores acúmulos no milho.

O maior acúmulo de N pelo nabo forrageiro foi de 98 kg ha⁻¹, obtido no Experimento II na dose de 180 kg de N ha⁻¹, já o menor ocorreu no Experimento I com a quantidade de 50 kg de N ha⁻¹ na dose de 0 de N ha⁻¹. Estes resultados corroboram os de GIACOMINI (2001) que encontrou um acúmulo de 101 kg de N ha⁻¹ no nabo com 130 dias de cultivo após soja no primeiro ano e 66,7 kg de N ha⁻¹ no segundo ano após milho. Em outro experimento, BASSO (1999) obteve, na média de dois anos, um acúmulo de 59 kg de N ha⁻¹ em solo de baixa fertilidade. Estes resultados mostram a dependência da cultura do nabo forrageiro à disponibilidade de N no solo, à

cultura antecedente, à adubação fornecida a esta e ao tempo de cultivo da cultura.

TABELA 15. Acúmulo de N na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O aplicados ao milho no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho				Nabo	% Ciclagem ⁽³⁾
	----- kg de N ha ⁻¹ -----					
N/K ₂ O	Flor. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS		
0/todas	57	21	53	50	94	
60/todas	87	38	84	59	70	
120/todas	113	51	112	76	67	
180/todas	138	57	119	83	70	

⁽¹⁾ Flor.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ % Ciclagem: ciclagem de N pelo nabo forrageiro em relação ao exportado pelos grãos de milho.

TABELA 16. Acúmulo de N na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho				Nabo	% Ciclagem
	----- kg de N ha ⁻¹ -----					
N/K ₂ O	Flor. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS		
0/80	75	26	64	60	94	
60/80	104	45	112	72	64	
120/80	123	53	108	84	77	
180/80	146	75	113	98	87	

⁽¹⁾ Flor.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ % Ciclagem: ciclagem de N pelo nabo forrageiro em relação ao exportado pelos grãos de milho.

Provavelmente, a coleta aos 97 dias após o plantio levou a cultura do nabo a um acúmulo inferior ao seu potencial, Segundo DERPSCH (1985), a plena floração ocorre aos 120 dias, período onde se encontraria a maior concentração de nutrientes da planta.

A porcentagem de ciclagem de N pelo nabo forrageiro foi feita levando-se em consideração a exportação de N pelos grãos de milho. Assim, nota-se que as porcentagens obtidas foram bastante significativas, variando de 64 a 94% de ciclagem do N retirado pelos grãos de milho, nos dois experimentos. Estes resultados demonstram a importância do cultivo de entressafra ao invés da utilização do pousio, pois a implantação do nabo após o milho proporcionou menores perdas de N no perfil do solo, colaborando para menor dependência de adubos nitrogenados devido à conservação de N no sistema.

A aplicação de N no milho, nos dois experimentos, influenciou positivamente o acúmulo de K. No Experimento I as adições de K_2O não influenciaram os teores de K no nabo forrageiro, com a melhor média de acúmulo de K na maior dose de N aplicada ao milho, chegando a 260 kg de K ha^{-1} . A menor foi de 187 kg de K ha^{-1} , onde o milho não recebeu adubação nitrogenada (Tabela 17). Estes resultados são superiores aos encontrados por BIANCHI et al. (1997), que em 90 dias de cultivo encontraram acúmulo de potássio pelo nabo de 96 kg ha^{-1} . Em outro trabalho, WIETHÖLTER (2003), obteve para o nabo cultivado na entressafra do milho e trigo, um acúmulo de 190 kg de K ha^{-1} .

No Experimento II, o comportamento estatístico foi semelhante ao do Experimento I. No entanto, nas doses intermediárias de N (60 e 120 kg de N ha^{-1}) os acúmulos de K foram de 236 e 235 kg de K ha^{-1} (Tabela 18), respectivamente, não diferindo significativamente da maior e da menor média.

TABELA 17. Acúmulo de K na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O aplicados ao milho no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho				Nabo	% Ciclagem ⁽³⁾
	----- kg de K ha ⁻¹ -----					
N/K ₂ O	Flor. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS		
0/todas	171	79	38	187	492	
60/todas	222	111	51	215	421	
120/todas	253	134	50	237	370	
180/todas	280	147	64	260	406	

⁽¹⁾ Flor.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ % Ciclagem: ciclagem de N pelo nabo forrageiro em relação ao exportado pelos grãos de milho.

TABELA 18. Acúmulo de K na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho				Nabo	% Ciclagem ⁽³⁾
	----- kg de K ha ⁻¹ -----					
N/K ₂ O	Flor. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS		
0/80	201	92	38	197	518	
60/80	245	117	52	235	452	
120/80	270	140	57	236	414	
180/80	280	151	57	264	463	

⁽¹⁾ Flor.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ % Ciclagem: ciclagem de N pelo nabo forrageiro em relação ao exportado pelos grãos de milho.

Observa-se também que a quantidade de K acumulado pelo nabo superou a quantidade exportada pelos grãos, e aquela liberada pelo milho após o florescimento que estaria disponível a perdas (Tabelas 11 e 12). Isto demonstra a grande capacidade de absorção de K por esta cultura, em condições de alta disponibilidade, evitando deste modo perdas irreversíveis para o sistema, principalmente em condições de elevada precipitação durante o cultivo do nabo (Apêndice A). Os teores variaram no Experimento I de 187 a 260 kg de K ha⁻¹ na MS. A média de todos os tratamentos correspondeu a concentração de 53 kg K Mg⁻¹ de MS produzida, superior aos 47 kg de K Mg⁻¹ de MS relatados por WIETHÖLTER (2003), e dos 23 de kg K Mg⁻¹ de MS encontrado por GIACOMINI (2001) na média de dois anos.

A porcentagem de ciclagem foi calculada levando-se em consideração a exportação pelos grãos, obtendo-se uma variação de 370 a 518% maior que o retirado pela cultura do milho nos dois experimentos, posicionando o cultivo do nabo forrageiro como essencial em sistemas que tenham altas exportações de K e elevada disponibilidade deste elemento no solo.

O nabo forrageiro também se destaca no acúmulo de P atingindo, na média de todos os tratamentos do Experimento I (Tabela 19), valores que variaram de 15 a 20 kg de P ha⁻¹, enquanto que, no Experimento II este acúmulo chegou a 23 kg de P ha⁻¹ para o tratamento que recebeu 180 kg de N ha⁻¹ no milho (Tabela 20). Os maiores acúmulos não diferiram entre si para as maiores doses de N e os menores acúmulos ocorreram quando se excluiu ou utilizaram-se as menores aplicações de N no milho, sendo a aplicação potássica não significativa para o acúmulo de fósforo no Experimento I. O teor médio de P obtido na MS foi de 3,9 e 4,1 kg Mg⁻¹ para o Experimento I e Experimento II, respectivamente. Estes resultados são inferiores aos 4,3 kg de P Mg⁻¹ de MS encontrados por GIACOMINI (2001). No entanto deve-se considerar o tempo de cultivo deste estudo que foi de 33 dias a menos que o estudo acima citado. Já WIETHÖLTER (2003) apresenta resultados inferiores ao deste estudo (2,4 kg de P Mg⁻¹ de MS) no mesmo tempo de cultivo.

A ciclagem de P pelo nabo forrageiro também foi feita sobre a exportação deste elemento pelos grãos, chegando, nos dois experimentos a uma variação de 40 a 62% do exportado pelo milho.

TABELA 19. Acúmulo de P na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O aplicados ao milho no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho				Nabo	% Ciclagem ⁽³⁾
	----- kg de P ha ⁻¹ -----					
N/K ₂ O	Flor. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS		
0/todas	15	8	26	14		54
60/todas	18	8	37	15		40
120/todas	21	8	42	18		43
180/todas	23	8	50	20		40

⁽¹⁾ Flor.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ % Ciclagem: ciclagem de N pelo nabo forrageiro em relação ao exportado pelos grãos de milho.

TABELA 20. Acúmulo de P na matéria seca (MS) do nabo forrageiro sobre diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho				Nabo	% Ciclagem ⁽³⁾
	----- kg de P ha ⁻¹ -----					
N/K ₂ O	Flor. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS		
0/80	17	7	29	15		51
60/80	20	8	43	18		42
120/80	21	8	41	17		41
180/80	23	10	37	23		62

⁽¹⁾ Flor.: Milho no florescimento; ⁽²⁾ Colh.: Milho na colheita; ⁽³⁾ % Ciclagem: ciclagem de N pelo nabo forrageiro em relação ao exportado pelos grãos de milho.

Para a ciclagem dos nutrientes estudados, os resultados apresentados evidenciam a importância da utilização do nabo forrageiro ao invés de pousio no interstício de tempo entre as culturas do milho e trigo, inclusive para a finalidade de adição de C. Obtêm-se ainda, efeitos positivos na diminuição das perdas por lixiviação e escoamento superficial, além do aumento na disponibilidade de P pela redução do processo de quimioadsorção, aproximando o sistema dos conceitos de sustentabilidade agrícola, pela redução dos custos com adubação.

4.6 Produção de matéria seca, adição de carbono e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados pela parte aérea do trigo.

No Experimento I, a maior produção de MS de trigo no florescimento (Apêndice Q) foi obtida na média do tratamento que recebeu 180 kg de N ha⁻¹, combinada as aplicações de K no milho, com a utilização do nabo forrageiro como cultura antecedente, sendo 13% maior que a testemunha (3318 kg de MS ha⁻¹).

A testemunha do Experimento II apresentou uma quantidade total de MS de 3472 kg ha⁻¹ (Apêndice R), enquanto que, com a maior dose de N aplicado ao milho a produção média chegou a 4084 kg ha⁻¹. Comparando-se os tratamentos idênticos nos dois experimentos, observa-se que no segundo sempre ocorreu uma maior produção de MS em todos os tratamentos, colaborando para que a média de MS produzida fosse também maior (Figura 15).

O trigo implantado sobre a subsubparcela de pousio foi prejudicado na produção de MS (Figura 16), apresentando, na testemunha do Experimento I uma diferença de 620 kg de MS ha⁻¹, em relação à subsubparcela testemunha que recebeu nabo forrageiro. A maior produção média de MS nos tratamentos que receberam pousio antecedendo o trigo foi de 3320 kg ha⁻¹, na dose de 180 kg de N ha⁻¹ aplicados ao milho, sendo idêntica à produção média da testemunha onde o trigo foi semeado sobre o nabo forrageiro (Apêndice Q). Já no Experimento II, o comportamento em relação ao primeiro foi semelhante ao

obtido onde houve nabo antecedendo o trigo, pois, em todos os tratamentos, a produtividade de MS foi maior no Experimento II (Apêndice R).

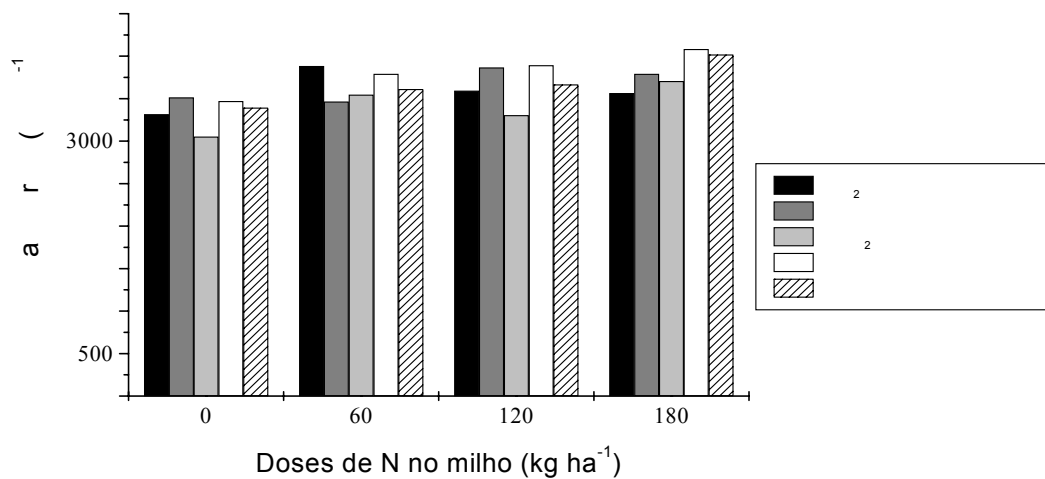


FIGURA 15. Produção de matéria seca do trigo implantado sobre nabo forrageiro nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e K_2O ha^{-1} no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

FIGURA 16. Produção de matéria seca do trigo implantado sobre pousio nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e K_2O ha^{-1} no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

A produção de MS está vinculada à produtividade das culturas. Deste modo, estes resultados demonstraram a influência positiva da utilização da cultura do nabo forrageiro na produção de MS do trigo e o efeito negativo nesta avaliação quando a área permaneceu em pousio durante a entressafra do milho e trigo.

O acúmulo de C pelas plantas de trigo, também foi influenciado pela utilização do nabo forrageiro. No Experimento I, considerando todas as doses de K_2O e onde não houve aplicação de N no milho, a média de acúmulo foi de 1474 kg ha^{-1} . Já com $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$ no milho, a quantidade de C acumulada foi de 1652 kg ha^{-1} .

O trigo, que foi coletado nas subsubparcelas que não receberam nabo forrageiro, apresentou menores quantidades de C em sua fitomassa no florescimento quando comparado com o trigo das subsubparcelas que tiveram nabo na entressafra, apresentando uma queda na produção média de C de 23, 31, 17 e 11% no Experimento I, nas doses de 0, 60, 120, $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$, respectivamente, aplicados ao milho com todas as doses de K_2O utilizadas.

No Experimento II, a quantidade média de C acumulado nos tratamentos com pousio foi menor do que nos tratamentos com nabo. Comparando-se cada tratamento do Experimento I com seu equivalente no Experimento II, as médias do primeiro sempre foram inferiores as do segundo. Este fato provavelmente esteja relacionado a maior presença de N, nas culturas utilizadas no Experimento II, refletindo em melhor produção de MS.

Em relação ao N, a maior quantidade acumulada no Experimento I foi de 34 kg ha^{-1} , nos tratamentos com $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$ no milho, com o cultivo do nabo forrageiro em seqüência. Com a mesma sucessão de culturas, mas sem a utilização de N no milho houve uma queda de 27% no acúmulo (Apêndice Q). Já no Experimento II, a quantidade média acumulada chegou a $31 \text{ kg de N ha}^{-1}$ e as comparações das médias entre os dois experimentos onde foram aplicados os mesmos tratamentos, foram sempre maiores para o Experimento II. Estes resultados estão relacionados às quantidades acumuladas de N pela cultura utilizada na entressafra. BASSO (1999) obteve uma liberação de N dos

resíduos do nabo forrageiro cultivado na entressafra de 50% nos primeiros 30 dias após o manejo, esta rápida liberação se deve ao comportamento semelhante ao das leguminosas (AMADO et al. 2002). Desta forma é necessário para a maximização do aproveitamento do N a semeadura da cultura econômica deve ser efetuada o mais breve possível, conforme sugere HEINZMANN (1985) prática efetuada neste estudo.

A permanência de parte da área em pousio ocasionou uma diminuição na absorção de N pelo trigo no florescimento em todos os tratamentos, nos dois experimentos, quando comparado às subsubparcelas que receberam nabo (Apêndices Q e R). No Experimento I esta diferença foi de 25, 12, 14 e 13% respectivamente para as doses de 0, 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹, considerando todas as doses de K₂O aplicados ao milho. No Experimento II este comportamento se repetiu com diferenças de 18, 16, 15 e 12% para as doses citadas acima. Estes resultados demonstram, que onde o nabo forrageiro é adotado, ocorre aumento da disponibilidade de N para o trigo, bem como para diminuir as perdas de N para o sistema.

O acúmulo de K pelo trigo implantado sobre o nabo no Experimento I foi de 64, 70, 71 e 74 kg ha⁻¹, respectivamente, para as médias obtidas através das doses 0, 60, 120 e 180 kg de N ha⁻¹ considerando em cada dose a inclusão das diferentes adubações potássicas. O acúmulo de K foi menor nas subsubparcelas onde o trigo foi implantado sobre o pousio, promovendo uma redução média de 56, 39, 33 e 27% respectivamente, para os tratamentos citados acima quando a comparação é feita com as subsubparcelas que receberam nabo, observou-se uma maior absorção de K pelo trigo com o aumento do N aplicado ao milho, efeito também observado para as subsubparcelas que tiveram o pousio (Apêndice Q). Isto se deve a maior inclusão de N ao sistema pelas doses aplicadas na cultura de verão. Este comportamento também foi observado no Experimento II, onde o trigo teve um acúmulo médio de 76 kg de K ha⁻¹ sobre nabo forrageiro e 52 kg ha⁻¹ onde o pousio foi utilizado anteriormente à cultura, apresentando uma diferença de 24

kg de K ha⁻¹, que foram absorvidos pela cultura, não ficando disponíveis a perdas para o ambiente.

A quantidade de P acumulado na MS do trigo no florescimento também foi beneficiada pela utilização do nabo forrageiro, apresentando no Experimento I uma média geral 24% maior do que onde o pousio antecedeu o trigo. No Experimento II esta diferença média foi de 17% maior onde o nabo forrageiro foi implantado no interstício do milho e trigo (Apêndices Q e R). Isto provavelmente esteja relacionado a maior disponibilidade do P, devido ao acúmulo na MS do nabo, diminuindo a fixação do mesmo ao solo e sua indisponibilidade.

4.7 Produtividade de trigo e nitrogênio, fósforo e potássio acumulados nos grãos.

No Experimento I, a maior produção média de grãos de trigo foi de 2414 kg grãos ha⁻¹, quando este foi implantado sobre o nabo forrageiro que apresentou acúmulo de 83 kg de N ha⁻¹ em sua MS. Esta produção é 5% maior que nos tratamentos que não receberam nitrogênio no milho e a cultura do nabo havia acumulado 50 kg de N ha⁻¹ (Apêndice S). Já no Experimento II esta variação caiu para 4%, pois as médias de produção foram maiores entre os tratamentos semelhantes dos dois experimentos (Figura 17). No Experimento II, houve maior acúmulo de N pela cultura antecessora ao trigo proporcionando maior oferta de N em todos os tratamentos diminuindo, portanto as diferenças na produtividade.

As subparcelas que receberam pousio nos dois experimentos apresentaram rendimentos inferiores as que tiveram o cultivo do nabo na entressafra (Figura 18). No Experimento I, os rendimentos de grãos médios dos tratamentos sem N no milho, obtiveram 2109 kg de grãos ha⁻¹, sendo 9% menor que os tratamentos equivalentes do Experimento II, e 115 kg de grãos ha⁻¹ menor que a melhor média de produção do Experimento I. Já os tratamentos do Experimento II na média geral foram 11% mais produtivos que

os seus semelhantes do Experimento I, enquanto, quando se utilizou a produtividade média de grãos de trigo dos tratamentos que receberam o nabo forrageiro comparada aos que ficaram sob pousio a diferença de produção foi 8% maior (Apêndices S e T). As produções obtidas neste estudo são inferiores aos resultados encontrados por WIETHÖLTER (2003), que obteve uma produção de 2584 kg grãos ha⁻¹ de trigo após nabo sem aplicação de nitrogênio e com duas aplicações de fungicida. Já BIANCHI et al. (1997) estudaram a resposta do trigo a aplicação de N sobre diferentes culturas cultivadas após o milho, obtiveram uma produção de 2695 kg grãos ha⁻¹ sem aplicação de N em cobertura quando o nabo forrageiro foi utilizado na entressafra, destacando ainda que não houve resposta no rendimento de grãos de trigo com a utilização das doses de N em cobertura. As diferentes condições edafoclimáticas e práticas de manejo da cultura provavelmente influenciaram as produtividades do trigo nestes estudos.

FIGURA 17. Produção de grãos de trigo implantado sobre nabo forrageiro nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹ no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

FIGURA 18. Produção de grãos de trigo implantado sobre pousio nos dois experimentos com a utilização de diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹ no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

A diferença de 8% na produção média de trigo entre as subsubparcelas que receberam nabo forrageiro e pousio, provavelmente esteja relacionada a passagem da semeadora vazia nas subsubparcelas que receberam o pousio quando da semeadura do trigo, procedimento este efetuado para que o efeito da pré-picagem da palha de milho fosse idêntico em toda área experimental. Com esta pré-picagem, ocorre uma decomposição mais rápida da palhada do milho, provocando uma imobilização inicial e, posteriormente, uma remineralização do N absorvido pela biomassa microbiana para o trigo, o que explicaria a proximidade das produtividades. Por outro lado, WIETHÖLTER (2003) encontrou uma diferença de 18% de produtividade para os tratamentos que foram antecidos pelo nabo, em relação ao pousio onde não houve o corte da palha e sua parcial incorporação ao solo. Por sua vez, KOCHHANN et al. (2004), estudando a resposta do trigo a adubação nitrogenada e utilização de pousio e nabo forrageiro na entressafra em dois locais do Rio Grande do

Sul, durante dois anos, obteve uma diferença de 29% na produtividade em favor da cultura do nabo sem aplicação de N no trigo com a manutenção da palha do milho sem fracionamento físico no pousio. No entanto, BIANCHI et al. (1997) trabalhando em um Latossolo Vermelho distrófico com teor de matéria orgânica semelhante ao deste estudo, tiveram uma diferença de 13% na produção de trigo após nabo, mas a utilização de 15 kg de N ha⁻¹ na semeadura do trigo em todos os tratamentos pode ter influenciado este resultado, pelo fato de que trigo sobre pousio pode apresentar melhor desenvolvimento com a utilização desta dose, devido a maior disponibilidade de N e menor intensidade da imobilização microbiana diminuindo assim, as diferenças de produção.

O acúmulo de N pelos grãos de trigo foi maior nas subsubparcelas onde o trigo foi precedido pelo nabo forrageiro, do que, onde o pousio antecedeu a implantação a cultura de inverno (Tabela 21). O maior acúmulo nos dois experimentos foi de 42 kg de N ha⁻¹, estando este, relacionado ao maior teor de N encontrado na MS do nabo, uma vez que, onde a cultura intercalar teve o menor acúmulo de N a quantidade absorvida pelos grãos de trigo foi 31% menor (Apêndices S e T).

TABELA 21. Acúmulo de N nos grãos do trigo sobre nabo forrageiro e pousio e diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O aplicados ao milho no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho		Nabo		Trigo		Floresc. ⁽¹⁾		Trigo Grãos	
	----- kg de N ha ⁻¹ -----									
N/K ₂ O	Floresc. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS ⁽³⁾	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
0/todas	57	21	53	50	25	20	32	28	32	28
60/todas	87	38	84	59	29	26	34	31	34	31
120/todas	113	51	112	76	32	28	37	32	37	32
180/todas	138	57	119	83	34	30	42	35	42	35

⁽¹⁾ Floresc.: Florescimento; ⁽²⁾ Colh.: colheita ; ⁽³⁾ MS: matéria seca

A área que recebeu o pousio antecedendo o trigo, no Experimento I, apresentou teores de N nos grãos inferiores aos obtidos na área onde houve utilização do nabo forrageiro, ocorrendo o mesmo no Experimento II (Tabela 22). Quando são considerados todos os tratamentos sobre nabo forrageiro comparando-os com os que tiveram o pousio antecedendo o trigo a diferença no acúmulo de N é de 15%, evidenciando que a maior oferta de N proporcionada pelo cultivo de entressafra refletiu no acúmulo de N nos grãos do trigo. Observa-se também que no Experimento I e II a exportação de N pelos grãos de trigo foi menor do que o proporcionado pela utilização do nabo forrageiro (Apêndices S e T). No entanto, deve-se levar em consideração, que provavelmente o N liberado pela cultura intercalar não é todo aproveitado pela cultura posterior devido aos processos de perdas e sincronização entre liberação e absorção do N.

TABELA 22. Acúmulo de N nos grãos do trigo sobre nabo forrageiro e pousio e diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho		Nabo		Trigo Floresc. ⁽¹⁾		Trigo Grãos	
	----- kg de N ha ⁻¹ -----							
N/K ₂ O	Floresc. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS ⁽³⁾	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
0/80	75	26	64	60	27	23	37	31
60/80	104	45	112	72	30	26	39	34
120/80	123	53	108	84	32	28	43	38
180/80	146	75	113	98	34	31	47	40

⁽¹⁾ Floresc.: Florescimento; ⁽²⁾ Colh.: colheita ; ⁽³⁾ MS: matéria seca

A exportação de K pelos grãos de trigo também foi menor que o proporcionado pela utilização do nabo forrageiro nos dois experimentos (Tabelas 23 e 24). No entanto, deve-se levar em consideração que os altos índices deste elemento no solo proporcionaram elevados teores de acúmulo no

nabo forrageiro nos dois experimentos, o que levou a cultura do trigo a não apresentar deficiências deste elemento tanto sobre o pousio como sobre o nabo forrageiro, sendo que, a diferença de acúmulo entre estes dois manejos foi ocasionada, principalmente, pela maior oferta de N do sistema que utilizou uma cultura na entressafra.

A média de exportação de P pelos grãos de trigo no Experimento I cultivado sobre nabo forrageiro foi de 9 kg de P ha⁻¹, enquanto a oferta média proporcionada pelo cultivo do nabo foi de 13 kg de P ha⁻¹. Já quando o pousio foi utilizado, a exportação foi de 8 kg de P ha⁻¹. O Experimento II apresentou média de 18 kg de P ha⁻¹ na matéria seca do nabo forrageiro, com exportação de 9 kg de P ha⁻¹ para os dois manejos utilizados precedentes ao trigo. Desta forma, a utilização de uma cultura na entressafra do trigo e milho proporcionou maior oferta de P a cultura subsequente, beneficiando a manutenção dos índices de fertilidade do solo.

TABELA 23. Acúmulo de K nos grãos do trigo sobre nabo forrageiro e pousio com utilização de diferentes doses de N considerando-se todas doses de K₂O aplicados ao milho no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho		Nabo		Trigo Floresc. ⁽¹⁾		Trigo Grãos	
	----- kg de K ha ⁻¹ -----							
N/K ₂ O	Floresc. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS ⁽³⁾	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
0/todas	171	79	38	187	64	41	11	10
60/todas	222	111	51	215	70	43	12	10
120/todas	253	134	50	237	71	47	12	11
180/todas	280	147	64	260	72	52	13	11

⁽¹⁾ Floresc.: Florescimento; ⁽²⁾ Colh.: colheita ; ⁽³⁾ MS: matéria seca

TABELA 24. Acúmulo de K nos grãos do trigo sobre nabo forrageiro e pousio com utilização de diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados ao milho no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Milho		Nabo		Trigo Floresc. ⁽¹⁾		Trigo Grãos	
	----- kg de K ha ⁻¹ -----							
N/K ₂ O	Floresc. ⁽¹⁾	Colh. ⁽²⁾	Grãos	MS ⁽³⁾	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
0/80	201	92	38	197	66	46	13	11
60/80	245	117	52	235	79	52	14	12
120/80	270	140	57	236	80	56	12	13
180/80	280	151	57	264	80	58	15	13

⁽¹⁾ Floresc.: Florescimento; ⁽²⁾ Colh.: colheita ; ⁽³⁾ MS: matéria seca

4.8 Adições de carbono proporcionadas pelo cultivo das espécies envolvidas

A adição de C pelas plantas é de extrema importância para o SPD, pois com o aumento da adição de C, ocorre aumentos nos teores de matéria orgânica do solo e conseqüentemente melhoria da qualidade do solo.

A Tabela 25 demonstra o incremento de C com a utilização maior de N no milho e cultivo na entressafra. O cultivo da aveia preta solteira proporcionou uma adição de 529 kg de C ha⁻¹, do que o obtido no Experimento II. No entanto, esta diferença deve levar em consideração as diferentes quantidades de sementes utilizadas e a baixa produção de MS da ervilhaca utilizada no consórcio. A adição de C obtida com a aveia do Experimento I é 19% maior que a encontrada por GIACOMINI (2001). No entanto o mesmo autor trabalhando com um consórcio semelhante ao deste estudo (30% aveia preta+70% ervilhaca) obteve, 1725 kg de C ha⁻¹, na média de dois anos. Estes resultados diversos se devem as diferentes condições edafoclimáticas

ocorridas em cada estudo e as diferentes quantidades de semente de aveia utilizadas. A quantidade de C adicionada pelo milho nos dois experimentos apresentou efeito estatístico apenas para as doses de N aplicadas à cultura, Desta forma, as maiores adições corresponderam às maiores doses de N fornecidas a cultura. As adições ocasionadas pelo cultivo do nabo forrageiro na entressafra foram comentadas no item 4.5 deste estudo, deste modo não serão novamente citadas.

O acúmulo de C no trigo foi favorecido pelo cultivo do nabo forrageiro, proporcionando uma adição de 21%, em relação ao pousio no Experimento I. No Experimento II esta diferença foi de 20% (Tabela 26). Este comportamento provavelmente esteja relacionado aos benefícios proporcionados pelo cultivo do nabo forrageiro na entressafra e as culturas utilizadas antecedendo o milho.

TABELA 25. Adições de carbono proporcionadas pelo cultivo das espécies envolvidas no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	Aveia	Milho	Nabo	Pousio	Trigo sobre		Saldo Final	
					Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
----- kg de C ha ⁻¹ -----								
	N/K ₂ O							
	0/todas	2358	1370	-	1474	1194	7578	5928
	2376 60/todas	3188	1501	-	1599	1220	8664	6784
	120/todas	3398	1565	-	1595	1360	8934	7134
	180/todas	3585	1723	-	1652	1485	9336	7446

TABELA 26. Adições de carbono proporcionadas pelo cultivo das espécies envolvidas no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Cultura	A+E ⁽¹⁾	Milho	Nabo	Pousio	Trigo sobre	Saldo Final	
		----- kg de C ha ⁻¹ -----					
	N/K ₂ O				Nabo	Pousio	Nabo Pousio
	0/80	2744	1374	-	1503	1366	7468 5957
1847	60/80	3294	1576	-	1615	1523	8332 6664
	120/80	3523	1598	-	1675	1578	8643 6948
	180/80	3597	1710	-	1756	1692	8910 7136

⁽¹⁾ A+E: Aveia+ervilhaca

O saldo total obtido pela soma de todas as adições de C ao sistema, apresentou-se, sempre inferior onde o pousio foi utilizado, tanto para o Experimento I como para o Experimento II. Desta forma, a utilização do nabo forrageiro no interstício do milho e trigo, provoca maior adição de C ao solo, o que é de extrema importância para que a sustentabilidade do sistema seja atingida e a qualidade do ambiente melhorada.

5. CONCLUSÕES

As diferentes culturas de cobertura utilizadas antecedendo o milho, influenciaram a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes no florescimento do milho.

As doses de N utilizadas apresentaram efeito significativo em todas as avaliações feitas no milho, enquanto as doses de K_2O não diferiram estatisticamente para os parâmetros avaliados.

A maior dose de N aplicado ao milho, refletiu em maior acúmulo de MS, N, P e K no nabo forrageiro nos dois experimentos, enquanto para a adição de C o mesmo efeito foi encontrado no Experimento I, mas no Experimento II não houve diferença estatística.

O nabo forrageiro apresentou elevado potencial de ciclagem de nutrientes, especialmente de K, pois os teores acumulados pelo nabo forrageiro foram maiores do que o exportado pelos grãos do milho e trigo.

A produção de MS os nutrientes acumulados e a produção de grãos de trigo foram maiores onde houve o cultivo da entressafra com a cultura do nabo forrageiro do que onde o pousio antecedeu a cultura do trigo.

A adição de C foi crescente com a adição de N no sistema e com o cultivo do nabo forrageiro na entressafra do milho e trigo.

6. 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: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D., eds. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em Plantio Direto**. Santa Maria, UFSM/Departamento de Solos, 1997. p. 76-111.

AITA, C.; FRIES, M.R.; GIACOMINI, S.J. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: FERTIBIO 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2000, CD-ROM.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; VENDRÚSCULO, E.R.O.; et al. Leguminosas de verão como culturas intercalares ao Milho e sua influência sobre a associação de Aveia (*Avena sTrigosa* Schieb)+ Ervilhaca (*Vicia sativa* L.). In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIÊNCIA DEL SUELO, 2000, Mar Del Plata. **CD-ROM...** Mar Del Plata, 2000.

AJWA, H.A.; TABATABAI, M.A. Decomposition of different organic materials in soils. **Biol. Fertil. Soils**, Berlin, v. 18, p. 175-182, 1994.

ALEXANDER, M. Decomposition of organic matter. In: **Introducción a la microbiología del suelo**. México, AGT, 1980, p. 142 – 152, cap. 9.

AMADO, T.J.C.; ELTZ, F.L.F. Plantio Direto na palha rumo à sustentabilidade agrícola nos trópicos. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 49-66, 2003.

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

AMADO, T.J.C. O desafio da obtenção de elevados rendimentos em sistemas sustentáveis de produção de Soja. In: Congresso Brasileiro de Soja. **Anais...** Londrina. p.113-118. 1999.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o Milho em sistemas de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p. 179-189, 2000.

AZAM, F.; MULVANEY, R.L.; SIMMONS, F.W. Effects of ammonium and nitrate on mineralization of nitrogen from leguminous residues. **Biol. Fertil. Soils**, Berlin, v. 20, p. 49-52, 1995.

BARTZ, H.R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob Plantio Direto. In: FRIES, M.R. (Ed.). **Plantio Direto em solos arenosos: alternativas para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Ed. Pallotti, 1998. p. 52-81.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.;CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999b. p. 9 - 23.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, v.21, p. 105-112, 1997.

BIANCHI, M.A., FIORIN, J.E.; CANAL, I.N.; PETRERE, C.; CAMPOS, B.C. de. Resposta do trigo à culturas semeadas após o milho no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **CD-ROM...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para Soja me Latossolo Roxo distrófico. **R. Bras. Ci. Solo**, v.17, p. 223-226, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Recife. 1973, 431p. (Boletim Técnico 30).

BREMNER, J.M. Organic forms of nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: ASA/SSSA, part 2, 1965 b. p. 1238-1255.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do Milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do Milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p. 63-146.

BUCHANAN, M.; KING, L.D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional till agroecosystems. **Agron. J.**, Madison, 85:631-638,1993.

CALEGARI, A. O uso de plantas de cobertura e a rotação de culturas visando alto rendimento. In: IV CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DE SOLO EM PLANTIO DIRETO. 4, 2001. Ijuí. **Resumos de palestras...** Passo Fundo:Aldeia Norte, 2001. p. 5-20.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; RIBOLDI, J.; MEURER, E.J. Empirical models to predict soil nitrogen mineralization. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, 1999 (submetido).

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.;CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto alegre: Gênese, 1999. p. 117-138.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 473-480, 1997.

CATTELAN, A. & VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 14, p. 125-132, 1990.

CERETTA, C.A. **Fracionamento de N-orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de culturas sob Plantio Direto**. 1995. 127 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,1995.

CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. **Adubação nitrogenada no sistema Plantio Direto**. In: NUERNBERG, N. J., (Ed.). Conceitos e fundamentos do sistema Plantio Direto. Lages: Sociedade Brasileira de ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, p. 160, 1998.

CERETTA, C.A. & PAVINATO, P.S. Adubação em linha ou a lanço no Plantio Direto. In: VI CURSO DE FERTILIDADE DE SOLO EM PLANTIO DIRETO, 2003. Ibirubá. **Resumos de palestras...** Passo Fundo:Aldeia Norte, 2003, p. 23-36.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo: **SBCS-Núcleo Regional Sul**, 1995. 223p.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, n. 6630, p. 253-260, may 1997.

DA ROS, C.O. **Plantas de cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio para o milho em plantio direto.** UFSM, Santa Maria, 1993, 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

DA ROS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 20, p. 135-140, 1996.

DERPSCH, R. **Guia de plantas para adubação verde no inverno.** Londrina, IAPAR, 1985. 95 p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq. Agropec. Bras.** 20:761-773. 1985

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** – Brasília: Embrapa Produção de Informações: Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 26, 412p. 1999.

FANCELLI, A.L. **Ecofisiologia e fenologia.** In: CAD – tecnologia de produção de Milho. Piracicaba, SP. Mod. 1, 50 p. 2002.

FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; VASCONCELLOS, C.A.; et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do Milho em Latossolo sob vegetação de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 247-254, 1998.

FIORIN, J.E., **A rotação de culturas e as plantas de cobertura do solo.** Informativo Fundacep. Nº 02, Cruz Alta, p. 1-8. 1999.

FIORIN, J. E., CAMPOS, B.C. de. Rotação de culturas. In: CAMPOS, B. C. de. Coord., **A cultura do Milho no Plantio Direto.** Cruz alta, FUNDACEP FECOTRIGO. p. 7-14, 1998.

GAMA-RODRIGUES, E.F. da; DE-POLLI, H.C. Biomassa na ciclagem de nutrientes. In: FERTIBIO 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2000, CD-ROM.

GASSEN, D. Manejo integrado de pragas em sistema de Plantio Direto. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, **Anais...**, 8., 2002, Águas de Lindóia, CD-ROM.

GIACOMINI, S.J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao Milho em sistema Plantio Direto.** 2001. 124f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

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

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 291-297, 2001.

JAMA, B.A. & NAIR, P.K.R. Decomposition and nitrogen mineralization patterns of *Leucaena leucocephala* na *Cassia siamea* mulch under tropical semiarid conditions in Kenia. **Plant and Soil**. Netherland, v. 179, p. 275-285, 1996.

JANSSEN, B.H. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. **Plant and Soil**. Netherland, v. 181, p. 39-45, 1996.

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

KÖCHHANN, R.A.; VOSS, M.; SANTOS, H.P.; DENARDIN, J.E. Rendimento de grãos de Trigo após Nabo forrageiro como cultura intercalar de verão, em dois locais do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico**, EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, p. 1-11, 2004.

KOENIG, R.T. & COCHRAN, V.L. Decomposition and nitrogen mineralization from legume and non-legume crop residues in a subarctic agricultural soil. **Biol. Fertil. Soils**, Berlin, v. 17, p. 269-275, 1994.

LAL, R. Sustainable Land Use Systems and Soil Resilience. In: Greenland, D.J. & Szabolcs, I. (Eds.) **Soil resilience and sustainable land use**. Budapest, SWCS, p. 41-67. 1994.

LARA CABEZAS, W.A.R. & YAMADA, T. **Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio!** Informações Agronômicas, 86, Piracicaba, POTAFOS. p. 9-10, 1999.

LINN, D.M. & DORAN, J.W. Aerobic and anaerobic microbial activity in no-till and plowed soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 45, p. 794-799, 1984.

LOPES, A.S. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p. Cap. 3, p. 37-50: Nitrogênio

LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e nitrogênio do solo afetada por preparos do solo, sistemas de culturas e adubo nitrogenado.** 2001. 133p. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. Academic Press. San Diego, 1995. 889p.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D.; et al. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil.** Netherland, v. 181, p. 71-82, 1996.

MATZENBACHER, R. G. Manejo e utilização da cultura. In: MATZENBACHER, R. G. Coord., **A cultura da Aveia no sistema Plantio Direto.** Cruz alta, FUNDACEP FECOTRIGO. p. 161-180, 1999.

MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.17, p. 377-382, 1993.

MEURER, E.J. & CASTILHOS, R.M.V. Liberação de potássio de frações de solos e sua cinética. **R. Bras. Ci. Solo**, v.25, p. 823-829, 2001.

MEURER, E.J.; KÄMPF, N. ANGHINONI, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.20, p. 41-47, 1996.

MEURER, E.J.; RHEINHEIMER D.S.; BISSANI C.A. **Fenômenos de Superfície.** In: MEURER E.J. In: Fundamentos de Química do Solo./ Egon J. Meurer, editor - Porto Alegre: Gênese, 2000.

MEURER, E.J. & ROSSO, J.I.. Cinética da liberação de potássio em solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.21, p. 553-558, 1997.

MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração – experiências brasileiras. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982, p. 555.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo.** 5. Ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984, p. 80.

MIELNICZUK, J. Matéria Orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.;CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 1-9.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapecó (SC): Ed. do autor, 1991, 337 p.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos do solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA J. O. (Ed.). **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: editora UFLA, 2002. p. 626.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961, 46p.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 31-36, 1962.

MUZZILI, O.; OLIVEIRA, C.L.; TORNERO, M.J. Emprego da análise de solo e estimativa de doses econômicas para adubação fosfatada e potássica em cultura de Milho no Estado do Paraná, Brasil. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 17, p. 203-209. 1982.

MUZZILI, O. Influência do sistema Plantio Direto, comparado ao Convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.7, p. 95-102, 1983.

NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.15, p. 37-42, 1991a.

NACHTIGALL, G.R. & VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.15, p. 43-47, 1991b.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. **Soil Microbiology and Biochemistry.** California: 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. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 29, p. 427-432, 1994.

RANNELS, N.N. & WAGGER, M.G. Nitrogen release grass and legume cover crop monocultures e bicultures. **Agron. J.**, 88: 777-782, 1996

REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; URQUIAGA, S.C. Fate of fertilizer nitrogen in soil-plant systems with emphasis on the tropics. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (Ed.). **Agrochemicals: fate in food and the environment.** Viena, 1982. p. 277-290.

REICOSKY, D.C. & FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. **J. Soil Wat. Cons.**, 53:224-229, 1998.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO (35.:2003: Passo Fundo, RS). **Indicações técnicas da Comissão Sul-brasileira de Pesquisa de Trigo**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2003. Disponível em site da Internet: <http://www.cnpt.embrapa.br/rcsbpt03> acesso 17/02/2004

RUEDELL, J. **Plantio Direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO. 1995.134 p.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no Plantio Direto**. Castro: FUNDAÇÃO ABC, 1993. 96 p.

SÁ, J. C.M. Evolução da matéria orgânica do solo no sistema Plantio Direto. In: IV CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DE SOLO EM PLANTIO DIRETO. 4, 2001. Ijuí. **Resumos de palestras...** Passo Fundo:Aldeia Norte, 2001. p. 5-20.

SANTI, A. **Adubação nitrogenada na Aveia preta (*Avena sTrigosa*, Schieb): influência na disponibilidade de nitrogênio, decomposição da fitomassa e rendimento do Milho em sucessão**. 2001. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

SCHERER, E.E. Níveis críticos de potássio para a Soja em Latossolo Húmico de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, v.22, p. 57-62, 1998.

SCHOMBERG, H.H. & STEINER, J.L. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on fallow no-till surface. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 63, p. 607-613, 1999.

SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L.; UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: residues quality and water effects. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 58, p. 372-381, 1994.

SIDIRAS, N., VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob Plantio Direto e preparo Convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 8, p. 265-268. 1984.

SIDIRAS, N. & PAVAN, M. A. influência do sistema de manejo no seu nível de fertilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 9, p. 249-254,1985.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. **Composição da fase sólida orgânica do solo**. In: Fundamentos de Química do Solo./ Egon J. Meurer, editor - Porto Alegre: Gênese, 2000.

STEVENSON, F.J. Origen and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F. J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: ASA/SSSA, 1982b. p. 67-122.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystem**. Oxford, blackwel, 1979. 372 p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J.; **Análise de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 1995,174p.

TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSAARD, L.; Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions – decomposition and nutrient release. **Soil Biol. Biochem.**, Exter, 24: 1051 – 1060,1992.

USHERWOOD, N.R.; Interação do potássio com outros íons. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, p. 555. 1982

VAUGHAN, J.D. & EVANYLO, G.K. Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. **Agron. J.** 90:536-544,1998.

VEDUIM, J.V.R. **Estimativa da disponibilidade de potássio em solo arenoso**. Santa Maria, UFSM, CPG em Agronomia, 1994. p. 43 (Dissertação de Mestrado).

WIETHÖLTER, S. **Adubação nitrogenada no sistema Plantio Direto**. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1996. 44p.

WIETHÖLTER, S. Nitrogênio para Trigo obtido através do cultivo intercalar de Nabo forrageiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003, CD-ROM.

WILDNER, L.P. **Adubação verde, cobertura e recuperação do solo em sistemas diversificados de produção**. CPPP / EMPASC, Chapecó. 1990 (relatório final de projeto – PNP Manejo e Conservação do solo) – EMBRAPA.

WOLSCHICK, D. **Perdas de nitrogênio por lixiviação durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do Milho em condições de excesso hídrico**. Santa Maria, UFSM, CPEA,2000. p. 76 (Dissertação de Mestrado).

YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do Milho?** (Informações Agronômicas, 74), Piracicaba, POTAFOS. p. 1-5, 2000.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A – Precipitação mensal ocorrida nos anos de 2002 e 2003.
Fortaleza dos Valos, RS.

Meses do ano	2002	2003
	----- mm -----	
Janeiro	-	180
Fevereiro	-	120
Março	-	224
Abril	-	245
Maio	-	58
Junho	150	147
Julho	196	169
Agosto	249	59
Setembro	281	77
Outubro	409	292
Novembro	215	225
Dezembro	274	-

APÊNDICE C – Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento I e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	MS	C	N	P	K	Rel. C/N
----- kg ha ⁻¹ -----							
0	0	5649	2347	60	14	162	39
0	40	5733	2381	55	17	169	44
0	80	5602	2332	51	16	179	46
0	120	5753	2371	61	15	177	39
60	0	7513	3156	92	19	193	35
60	40	7388	3093	83	17	210	38
60	80	7819	3271	90	20	226	37
60	120	7687	3235	85	18	260	38
120	0	7569	3166	104	19	210	32
120	40	8181	3483	112	22	258	31
120	80	8719	3684	118	21	274	31
120	120	7939	3260	116	21	273	28
180	0	8174	3379	131	21	258	26
180	40	8482	3556	137	24	268	26
180	80	8653	3584	137	23	297	25
180	120	9157	3819	147	25	300	26

APÊNDICE D – Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento I e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Avaliação	Equação	
MS	N: $Y = 6106,47 + 15,49x$ K: Média = 7501	$r^2: 0,88$
C	N: $Y = 2555,09 + 6,45x$ K: Média = 3136	$r^2: 0,85$
N	N: $Y = 58,50 + 0,45x$ K: Média = 99	$r^2: 0,99$
P	N: $Y = 15,63 + 0,04x$ K: Média = 19	$r^2: 0,99$
K	N: $Y = 178,43 + 0,59x$ K: Média = 205	$r^2: 0,97$
C/N	N: $Y = 41,82 - 0,09x$ K: Média = 33	$r^2: 1,00$

APÊNDICE E – Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento II e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	MS	C	N	P	K	Rel. C/N
----- kg ha ⁻¹ -----							
0	80	6641	2745	75	17	201	37
60	80	7960	3294	105	20	245	30
120	80	8348	3524	124	21	270	31
180	80	8689	3597	146	23	280	28

APÊNDICE F – Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho no florescimento no Experimento II e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Avaliação	Equação	
MS	N: $Y = 6929,4 + 10,9x$ K: Média = 7909	$r^2: 0,88$
C	N: $Y = 2871,43 + 4,64x$ K: Média = 3289	$r^2: 0,87$
N	N: $Y = 77,8 + 0,38x$ K: Média = 112	$r^2: 1,00$
P	N: $Y = 17,11 + 0,03x$ K: Média = 20	$r^2: 0,96$
K	N: $Y = 210,31 + 0,43x$ K: Média = 249	$r^2: 0,92$

Continuação Apêndice F.

Avaliação	Equação	
C/N	N: $Y = 35,11 - 0,03x$ K: Média = 31	$r^2: 0,87$

APÊNDICE G – Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento I e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	MS	C	N	P	K	Rel. C/N
----- kg ha ⁻¹ -----							
0	0	4508	1866	21	9	81	88
0	40	4188	1746	19	7	71	92
0	80	4410	1834	23	8	83	82
0	120	4580	191	21	9	83	92
60	0	6895	2872	44	9	89	67
60	40	6408	2710	35	9	122	80
60	80	6176	2582	34	8	115	72
60	120	6683	2788	41	8	120	68
120	0	6935	2878	46	7	120	63
120	40	7730	3219	57	8	135	58
120	80	7409	3128	52	8	159	64
120	120	6708	2799	49	8	128	66
180	0	7034	2972	54	8	143	55
180	40	7470	3126	46	7	128	69
180	80	7635	3221	61	8	153	53
180	120	8200	3460	71	10	170	52

APÊNDICE H – Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento I e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Avaliação	Equação	
MS	N: $Y = 4481,45 + 38,52x - 0,12x^2$	$r^2: 0,98$
	K: Média = 6425	
C	N: $Y = 2043,85 + 7,72x$	$r^2: 0,90$
	K: Média = 2694	
N	N: $Y = 23,6 + 0,2x$	$r^2: 0,96$
	K: Média = 42	
P	N: Média = 8,17	
	K: Média = 8,17	
K	N: $Y = 84,05 + 0,38x$	$r^2: 0,96$
	K: Média = 118	
C/N	N: $Y = 85,18 - 0,17x$	$r^2: 0,94$
	K: Média = 69	

APÊNDICE I – Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento II e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	MS	C	N	P	K	Rel. C/N
----- kg ha ⁻¹ -----							
0	80	4869	1980	26	7	92	79
60	80	6910	2841	45	9	117	63
120	80	7221	2998	54	8	140	58
180	80	7617	3127	75	10	152	42

APÊNDICE J – Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do milho na colheita no Experimento II e sua relação C/N. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Avaliação	Equação	
MS	N: $Y = 5371,02 + 14,25x$ K: Média = 6654	$r^2: 0,82$
C	N: $Y = 2196,1 + 5,99x$ K: Média = 2735	$r^2: 0,86$
N	N: $Y = 26,67 + 0,26x$ K: Média = 50	$r^2: 0,97$
P	N: Média = 8,03 K: Média = 8,03	
K	N: $Y = 94,89 + 0,33x$ K: Média = 125	$r^2: 0,97$

Continuação Apêndice J.

Avaliação	Equação	
C/N	N: $Y = 78,37 - 0,2x$ K: Média = 60	$r^2: 0,96$

APÊNDICE K – Produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	Grãos	N	P	K
----- kg ha ⁻¹ -----					
0	0	5227	61	27	39
0	40	4277	53	24	33
0	80	4989	54	30	46
0	120	5054	46	25	36
60	0	6968	90	36	55
60	40	6327	71	34	46
60	80	7072	99	44	61
60	120	6226	79	35	49
120	0	8772	122	51	53
120	40	7538	100	40	50
120	80	7477	133	42	55
120	120	7132	97	35	47
180	0	8692	128	49	63
180	40	7937	96	48	68
180	80	7218	123	55	63
180	120	8242	133	49	62

APÊNDICE L – Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento I. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Avaliação	Equação	
Grãos	N: $Y = 4882,52 + 36,3x - 0,1x^2$ K: Média = 6834	$r^2: 0,99$
N	N: $Y = 58,32 + 0,38x$ K: Média = 92	$r^2: 0,94$
P	N: $Y = 27,51 + 0,12x$ K: Média = 39	$r^2: 0,97$
K	N: $Y = 40,83 + 0,13x$ K: Média = 53	$r^2: 0,94$

APÊNDICE M – Produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Dose N	Dose K ₂ O	Grãos	N	P	K
----- kg ha ⁻¹ -----					
0	80	5592	64	28	38
60	80	6958	112	43	52
120	80	7592	108	41	58
180	80	7497	114	37	57

APÊNDICE N – Equações obtidas através da análise de regressão e seus coeficientes de correlação para a produtividade de milho e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos no Experimento II. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Avaliação	Equação	
Grãos	N: $Y = 5927,65 + 10,58x$ K: Média = 6909	$r^2: 0,79$
N	N: $Y = 77,96 + 0,24x$ K: Média = 99	$r^2: 0,62$
P	N: $Y = 33,72 + 0,03x$ K: Média = 37,26	$r^2: 0,22$
K	N: $Y = 41,66 + 0,10x$ K: Média = 51	$r^2: 0,76$

APÊNDICE O – Produção de matéria seca (MS) pelo nabo forrageiro, adição de carbono (C), relação C/N e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no Experimento I em relação às doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) utilizadas no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Tratamentos	MS	C	N	P	K	Relação C/N	
-----Kg ha ⁻¹ -----							
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	0	3684 B ⁽¹⁾	1370 B	50 B	15 BC	187 C	27 A
	60	4141 AB	1501 AB	59 B	14 C	216 BC	27 A
	120	4337 AB	1565 AB	76 A	18 AB	237 AB	21 B
	180	4767 A	1723 A	83 A	20 A	260 A	21 B
Potássio (kg ha ⁻¹)	0	4260 A	1559 A	71 A	18 A	218 A	23 B
	40	4225 A	1502 A	65 A	17 A	235 A	24 AB
	80	4214 A	1530 A	70 A	16 A	227 A	21 B
	120	4271 A	1567 A	62 A	16 A	219 A	27 A
CV %	14	14	30	14	17	22	

(1): Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro

CV : Coeficiente de Variação

APÊNDICE P – Produção de matéria seca (MS) pelo nabo forrageiro, adição de carbono (C), relação C/N e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no Experimento II em relação às doses de nitrogênio e 80 kg de potássio ha⁻¹ utilizadas no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

Tratamentos	MS	C	N	P	K	Relação C/N	
-----Kg ha ⁻¹ -----							
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	0	3787 B ⁽¹⁾	1374 A	60 C	14 C	197 B	23 A
	60	4354 AB	1576 A	72 BC	15 C	236 AB	21 A
	120	4603 AB	1598 A	83 AB	22 B	235 AB	20 A
	180	4927 A	1710 A	98 A	30 A	264 A	18 A
CV %	10	11	13	5	8,5	15	

(1): Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro

CV : Coeficiente de Variação

APÊNDICE Q – Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do trigo no florescimento precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento I e suas relações C/N com as diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹ aplicados no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

N	K ₂ O	MS		C		N		P		K		C/N	
		Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
-----Kg ha ⁻¹ -----													
0	0	3318	2508	1508	1216	26	19	10	6	66	40	58	64
0	40	3515	2809	1509	1281	29	21	10	6	64	42	52	61
0	80	3053	2990	1380	1298	20	22	8	7	54	45	69	59
0	120	3393	2423	1575	1134	25	21	9	6	70	38	63	54
60	0	3884	2822	1782	1320	33	30	11	7	77	44	54	44
60	40	3467	2740	1512	1175	28	25	10	7	64	43	54	47
60	80	3547	2644	1647	1200	27	24	10	6	70	43	61	50
60	120	3613	2773	1652	1242	28	27	9	7	68	42	59	46
120	0	3594	3083	1595	1395	29	31	9	7	72	46	55	45
120	40	3867	3047	1705	1404	31	26	10	8	71	47	55	54
120	80	3306	3016	1440	1380	30	30	9	7	62	48	48	46
120	120	3667	3022	1656	1539	36	27	9	7	77	47	46	57
180	0	3566	3386	1581	1581	31	31	9	8	68	51	51	51
180	40	3791	3380	1734	1568	34	32	10	8	70	52	51	49
180	80	3707	3312	1800	1458	36	27	9	8	71	56	50	54
180	120	4019	3204	1802	1472	34	32	10	8	77	51	53	46

APÊNDICE R – Produção de matéria seca (MS), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pela parte aérea do trigo no florescimento precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento II e suas relações C/N com as diferentes doses de N e 80 kg de K₂O ha⁻¹ aplicados no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

N	K ₂ O	MS		C		N		P		K		C/N	
		Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
-----Kg ha ⁻¹ -----													
0	80	3472	3029	1512	1380	27	23	9	8	66	46	56	60
60	80	3793	3406	1590	1560	30	26	10	9	79	51	52	60
120	80	3895	3520	1664	1596	32	28	10	9	80	55	53	57
180	80	4084	3781	1768	1705	34	31	10	9	81	58	53	55

APÊNDICE S – Produtividade de trigo e nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pelos grãos, no trigo precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento I com as diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹ aplicados no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

N	K ₂ O	Grãos		N		P		K	
		Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
-----Kg ha ⁻¹ -----									
0	0	2452	1986	34	29	10	7	12	11
0	40	2321	2097	30	29	9	8	12	10
0	80	2309	2108	34	24	9	8	11	10
0	120	2079	2246	29	30	8	8	10	11
60	0	2461	2088	37	27	10	8	13	10
60	40	2332	2292	34	34	9	8	12	10

Continuação Apêndice S.

N	K ₂ O	Grãos		N		P		K	
		-----Kg ha ⁻¹ -----							
		Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
60	80	2405	2041	34	30	9	7	12	9
60	120	2219	2179	31	32	8	7	11	10
120	0	2367	2046	33	30	9	7	13	10
120	40	2420	2187	35	34	10	8	12	10
120	80	2347	2139	40	33	9	8	11	10
120	120	2424	2408	39	32	10	9	12	12
180	0	2393	2200	40	33	9	7	14	10
180	40	2368	2188	41	38	9	9	13	12
180	80	2335	2099	43	33	8	7	12	9
180	120	2560	2410	46	37	9	9	13	12

APÊNDICE T – Produtividade de trigo e nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) acumulados pelos grãos, no trigo precedido pelo nabo forrageiro e pousio no Experimento II com as diferentes doses de N e K₂O ha⁻¹ aplicados no milho. Fortaleza dos Valos, RS, 2003.

N	K ₂ O	Grãos		N		P		K	
		-----Kg ha ⁻¹ -----							
		Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio	Nabo	Pousio
0	80	2427	2304	37	31	10	7	13	11
60	80	2483	2361	39	34	9	9	14	12
120	80	2499	2399	43	38	9	10	12	13
180	80	2539	2461	47	40	10	9	15	13

