

SÉRGIO ROBERTO PIASKOWSKI

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA
PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO EM SISTEMA
DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Paraná, como parte dos pré-requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, vinculado ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo.

Orientador:

Prof. Dr. Pedro Ronzelli Júnior

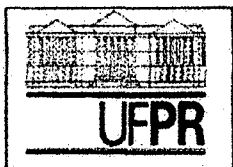
Co-orientadores:

Prof. Dr. Edelclaiton Daros

Prof. M.Sc. Henrique Soares Koehler

CURITIBA

1999



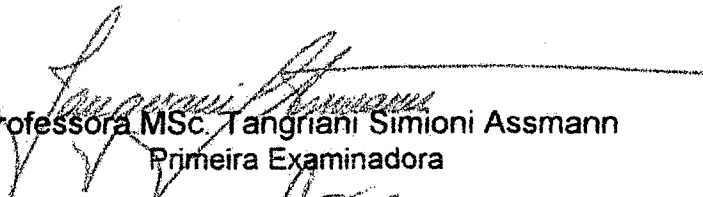
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pelo candidato **SÉRGIO ROBERTO PIASKOWSKI**, sob o título "Adubação Nitrogenada em Cobertura para a Cultura do Feijoeiro em Sistema de Plantio Direto na Palha", para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação.


Curitiba, 15 de dezembro de 1999.


Professora MSc. Tangriani Simioni Assmann
Primeira Examinadora


Professor Dr. Amir Pissaia
Segundo Examinador


Professor Dr. Edelclaiton Daros
Terceiro Examinador


Professor MSc. Henrique Soares Koehler
Quarto Examinador


Professor Dr. Pedro Ronzelli Júnior
Presidente da Banca e Orientador

A meus pais, Roberto e Elcyra,
esposa, Rosemary e meus
filhos Thamis, Tamara e Targus

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de mais esta realização em minha vida;

À Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ao Colégio Agrícola de Palmeira, pelo apoio material;

Ao corpo docente, discente e funcional da Universidade Federal do Paraná, Universidade Estadual de Ponta Grossa e Colégio Agrícola de Palmeira, sem o qual o presente trabalho feneceria;

Ao Prof. Dr. Pedro Ronzelli Junior pela perseverança, paciência e incentivo

Aos Professores Dr. Edelclaiton Daros, Henrique Soares Koelher e Luiz Alberto Koslowski pelas preciosas orientações;

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para êxito deste trabalho.

RESUMO

Nos anos agrícolas de 1996/97 e 1997/98 foram conduzidos experimentos, a campo, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa e na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, respectivamente, ambas com histórico de oito anos de plantio direto na palha, com o objetivo de estudar a adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro semeado no sistema de plantio direto na palha, avaliando o rendimento, seus componentes, as modificações morfológicas na planta e a matéria seca. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos (0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg de N.ha⁻¹) e cinco repetições, utilizando-se como indicadora a variedade 'FT - Nobre'. As parcelas experimentais tinham seis linhas de 6,00 m espaçadas de 0,45 m, no experimento conduzido em Ponta Grossa, e seis linhas espaçadas de 0,40 m no experimento conduzido em Palmeira. Foram separadas duas linhas com área útil de 4,50 m² para o experimento conduzido em Ponta Grossa, e 4,80 m² para o conduzido em Palmeira, com a finalidade de avaliar o rendimento. Em fileiras adicionais foram coletadas dez plantas, nos estádios de V₂ a R₉, onde no experimento conduzido em Ponta Grossa foi avaliada a matéria seca nos estádios V₂ a R₈ e no R₉, além desta, as características morfológicas, componentes de rendimento e rendimento. No experimento de Palmeira nos estádios V₂ a R₈, matéria seca, características morfológicas e no estádio R₉, além das já descritas, componentes de rendimento e rendimento. No experimento conduzido em Ponta Grossa, a melhor resposta foi para a dose de 100 kg de N.ha⁻¹ com produtividade de 2.207,0 kg.ha⁻¹ e a pior com 1.614,6 kg.ha⁻¹ na parcela testemunha enquanto que no conduzido em Palmeira, a melhor resposta ocorreu para a dose de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio com 2.230,0 kg.ha⁻¹ e a pior com 1.808,4 kg.ha⁻¹ na dose de 20 kg.ha⁻¹. Em ambos os experimentos não houve diferença estatística entre o melhor tratamento e a testemunha.

ABSTRACT

Field trials were carried out in the agricultural years of 1996/97 and 1997/98 at the State University of Ponta Grossa Scholl and at the Agricultural High School Farm of Palmeira, respectively, both of them under no tillage system for eight years, with the aim of study nitrogen fertilization for bean culture under no tillage system. Yield, their components, plant morphological modifications and dry matter were evaluated. The experimental design employed was a randomized complete block, six treatments (0, 20, 40, 60, 80 and and 100 kg.ha⁻¹) and five replications with the 'FT Nobre' as indicator variety. The experimental plots were six lines with 6,00 m each and 0,45 m among them, in the trial carried out at Ponta Grossa, and 0,40 m among the lines in the trial carried out at Palmeira. Two lines were left out, leaving with a usable area of 4,50 m² and 4,80 m² for the experiments carried out at Ponta Grossa and Palmeira, respectively, to evaluate the yield. Ten plants were harvested to evaluate dry matter during the V₂ to R₈ stages. In addition to dry matter, morphological characteristics, yield and their components were evaluated at the R₉ stage. At Palmeira evaluated dry matter and morphological characteristics were evaluated from V₂ to R₈ stages, to R₉ stage in addition these evaluations yield and their components were evaluated too. The best result was obtained at the higher nitrogen dosis 100 kg.ha⁻¹ and its production was 2.207,0 kg.ha⁻¹ and the worst result was 1.614,6 kg.ha⁻¹ at Ponta Grossa's trial. The trial located in Palmeira showed the best result at nitrogen dosis 40 kg.ha⁻¹ with production of 2.230,0 kg.ha⁻¹ and the worst was 1,808,4 kg.ha⁻¹. In both trials there were no statistical difference between the best treatment and the indicator.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	A CULTURA DO FEIJOEIRO	2
2.2	NITROGÊNIO	3
2.3	PLANTIO DIRETO NA PALHA	6
2.4	DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO NA PALHA	9
3	MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1	EXPERIMENTO 1	12
3.2	AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO 1	15
3.3	EXPERIMENTO 2	17
3.4	AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO 2	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	EXPERIMENTO DE PONTA GROSSA	21
4.2	EXPERIMENTO DE PALMEIRA	26
4.3	RELAÇÃO ENTRE OS EXPERIMENTOS DE PONTA GROSSA E PALMEIRA	29
5.	CONCLUSÕES	31
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
7	ANEXOS	38

LISTA DAS FIGURAS

- Figura 1 – Localização geográfica dos experimentos realizados em Ponta Grossa e Palmeira 13
- Figura 2 – Croqui da área, com detalhamento da unidade experimental, Fazenda Escola da UEPG, Ponta Grossa, PR 1997 16
- Figura 3 – Croqui da área com detalhamento da unidade experimental, Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1998. 20
- Figura 4 – Temperaturas, máxima e mínima, média de 28 anos e precipitação no período em que se desenvolveu o experimento na Fazenda Escola da UEPG em Ponta Grossa, PR, 1997 24
- Figura 5 – Temperaturas, máxima e mínima, média de 28 anos e precipitação no período em que se desenvolveu o experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, em Palmeira, PR, 1998. 27
- Figura 6 – Rendimento de sementes de feijão obtido por tratamento (dose de nitrogênio em kg N.há^{-1}), Fazenda Escola da UEPG, em Ponta Grossa, PR, 1997 e Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1998. 30

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos estádios de crescimento e desenvolvimento da cultura do feijoeiro	12
Tabela 2 – Resultado das análises das características químicas e argila do solo da área experimental em camada de 0 a 20 cm, Fazenda Escola da UEPG, Ponta Grossa, PR, 1996/1997	12
Tabela 3 – Histórico de utilização da área de implantação do experimento na Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, PR, 1996/1997	14
Tabela 4 – Resultado das análises das características químicas e argila do solo da área experimental em camada de 0 a 20 cm, Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1997/1998	17
Tabela 5 – Histórico de utilização da área de implantação do experimento no Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1997/1998	18
Tabela 6 – Relação entre a produtividade obtida nos tratamentos do Experimento conduzido na UEPG, Ponta Grossa, PR, 1997, relacionado com as médias estadual e brasileira.	25
Tabela 7 – Características morfológicas e matéria seca em dois estádios de desenvolvimento, na cultura do feijoeiro, submetido a seis doses de nitrogênio em cobertura, no sistema de plantio direto na palha, Fazenda Escola da UEPG, em Ponta Grossa, PR, 1997.	25
Tabela 8 – Características morfológicas, acúmulo de matéria seca e rendimento de sementes em quatro estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetido a seis doses de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto na palha, fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, em Palmeira, PR, 1998	28

1. INTRODUÇÃO

O feijão é um dos alimentos básicos da dieta do brasileiro e o Estado do Paraná é um dos principais produtores Nacionais dessa fabácea (leguminosa) que, em maioria, ainda é cultivada por mini e pequenos produtores mas, nos últimos anos, tem apresentado tendência de alteração do perfil do produtor.

O nitrogênio é um elemento de alta mobilidade no sistema solo – planta - atmosfera, perdendo-se facilmente, ora por volatilização, ora por lixiviação. Os adubos nitrogenados, apresentam baixa eficiência e alto custo de sintetização, eqüivalendo a aproximadamente U\$ 100,00.t⁻¹ no caso da uréia, por exemplo. Sua aplicação sem critério, além de elevar o custo final do produto, pode vir a contaminar o lençol freático e outras coleções de águas provocando um considerável impacto ambiental.

O sistema de plantio direto na palha faz parte das adoções tecnológicas tidas como modernas e constata-se, ano após ano, por meio dos relatos das instituições especializadas em levantamento de dados, que as áreas em cultivo por esse sistema são significativamente crescentes, inclusive entre os mini e pequenos agricultores, no Estado do Paraná.

Em condições de plantio direto na palha, em razão da presença mais intensa de matéria orgânica no solo, a cultura do feijoeiro deve ser menos exigente em adubação nitrogenada de cobertura, portanto estudou-se a adubação nitrogenada em cobertura para cultura do feijoeiro semeado no sistema de plantio direto na palha avaliando o rendimento e seus componentes, as modificações morfológicas da planta e a matéria seca.

As informações obtidas serão úteis tanto para os agricultores acostumados a utilizar o sistema de plantio direto na palha para outras culturas, quanto para o fomento da difusão da técnica, ainda incomum para a cultura do feijoeiro, gerando alternativa econômica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijoeiro, produzido em mais de cem países no mundo, é uma das mais importantes fontes de proteína. No Brasil, faz parte da maioria dos sistemas produtivos de pequenos e médios produtores, cuja produção é direcionada ao consumo familiar e à comercialização do excedente. Há tendência da adoção da cultura como produto alternativo, por produtores de porte médio a grande, geralmente usuários de mais tecnologia. Os principais sinalizadores dessa tendência são o aumento da área de cultivo, utilização de mecanização, adoção de insumos e técnicas modernas (6, 35, 65).

Considerada uma das mais importantes leguminosas comestíveis, o feijoeiro encontra-se distribuído, desde os trópicos até as zonas temperadas, atingindo os cinco continentes. Esta ampla difusão deve-se ao valor nutritivo, conferido pelo grande conteúdo protéico, constituindo-se na principal fonte de proteínas dos povos sul e centro-americanos (64).

A cultura é altamente exigente em nutrientes prontamente disponíveis porque seu ciclo é relativamente curto e o rápido desenvolvimento da planta, do início da floração até o enchimento de grãos, revela alta demanda de nutrientes num curto espaço de tempo. As quantidades de nutrientes extraídas pelas plantas dependem especialmente do cultivar, da produtividade, do clima, da fertilidade do solo, da adubação usada e dos tratos culturais. O conhecimento das exigências nutricionais, dos mecanismos de absorção e da dinâmica de cada nutriente são elementos auxiliares muito importantes para planejar o manejo da fertilidade do solo (9).

Com relação às condições climáticas o feijoeiro é sensível a variações bruscas de temperatura, sendo que a média ideal varia de 18° a 24°C, a mínima, -

para algumas fases de desenvolvimento, entre 8° e 10°C na germinação, 15°C na floração e 18°C na maturação. A precipitação pluviométrica ideal é de 100 mm por mês bem distribuídos. (37, 62).

Normalmente há duas safras por ano; a safra das "águas" e a da "seca". Existe a possibilidade de uma terceira safra, no outono - inverno, para áreas onde o inverno não é muito rigoroso e quando é disponível a irrigação (16, 17).

Por ser cultura praticada especialmente por produtores que utilizam menos tecnologia, a maioria dos trabalhos sobre preparo do solo enfatiza o sistema tradicional, com aração e gradagens. Assim, poucos são os trabalhos existentes com o feijoeiro cultivado no sistema de plantio direto na palha. As primeiras pesquisas com o cultivo do feijoeiro, neste sistema, foram realizadas por pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Os resultados mostram ser viável a inclusão desta no sistema de rotação de culturas em plantio direto na palha, tendo sido, inclusive, desenvolvida uma semeadora adubadora com tração animal. (5, 7, 8, 28).

2.2 NITROGÊNIO

O assunto adubação para a cultura do feijoeiro em sistema de plantio convencional tem sido exaustivamente estudado por pesquisadores de todo o País, na obsessiva busca de esclarecer ao agricultor, sobre quantidade, forma, fonte, época, profundidade, entre outros. No entanto, sobre o sistema de plantio direto na palha pouco ou nada se sabe acerca do comportamento da cultura (1, 2, 5, 7, 24, 25, 47, 49).

As implicações agronômicas da ciclagem de nutrientes nitrogenados, especialmente mineralização e imobilização, são de grande interesse porque resultam em ganhos ou perdas na produtividade das culturas, com reflexos na economicidade dos sistemas agrícolas. No processo industrial empregado na fabricação da uréia, por exemplo, ocorre um gasto de seis barris de petróleo por tonelada de amônia sintetizada (38). Outro problema está relacionado à baixa eficiência desses fertilizantes, normalmente inferior a 50%, devido a perdas elevadas causadas pela lixiviação e volatilização (10, 38). Entretanto, o nitrogênio é um nutriente que apresenta ciclo biológico completo na natureza, onde a atmosfera é o

reservatório natural, contendo aproximadamente 78% do elemento (10, 33). O aporte de nitrogênio para a biomassa é feito, especialmente, por meio da chuva, da fixação industrial e da fixação biológica, seja simbiótica ou livre. Como nutriente é constituinte de bases nitrogenadas, aminoácidos, clorofila, vitaminas e coenzimas, participa das reações de formação de compostos orgânicos nitrogenados, ou seja, é envolvido nos processos vitais da planta (51).

No solo, mais de 95% do nitrogênio está na forma orgânica, geralmente protéica, que não é assimilável pela planta (35). Pela sua decomposição na matéria orgânica do solo, pode ser absorvido pelas plantas ou imobilizado pelos próprios microrganismos sendo liberado novamente ao solo após sua morte. Os dois processos, mineralização e imobilização, ocorrem simultaneamente, sendo a predominância de um ou de outro processo determinado pela relação C/N do material orgânico em decomposição (48, 56).

Além dos microrganismos envolvidos nos processos de reciclagem de nitrogênio pela decomposição da matéria orgânica existem as bactérias fixadoras de nitrogênio, que convertem o nitrogênio molecular em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, em compostos orgânicos como aminoácidos e proteínas (10).

O nitrogênio ocorre no solo na faixa média de 0,05 a 10%, variando conforme a época do ano em função, especialmente, da disponibilidade de água, numa relação direta, tendo como co-fatores temperatura, topografia, textura e teor de matéria orgânica. Há indicações de que são perdidos, anualmente, cerca de 13 a 15 kg.ha⁻¹ de nitrogênio por lixiviação (44, 55, 56).

Uma pequena parte do nitrogênio total do solo encontra-se nas formas minerais de amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) e nitrito (NO₂⁻). O ion amônio, sendo um cátion, permanece no solo em forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo ou, por meio da nitrificação pode ser oxidado a nitrato, em solos com boa disponibilidade de oxigênio. Por outro lado, o nitrato por ter carga negativa, é repellido pela superfície das partículas do solo permanecendo na solução e é, portanto, muito móvel no solo e suscetível de lixiviação. O nitrito é um ânion, em geral de existência efêmera no solo, sendo rapidamente oxidado a nitrato (51).

Dos macronutrientes o nitrogênio é o exigido em maior quantidade pelos feijoeiros (35). Neste contexto, define-se nível crítico interno a faixa de concentração

do nutriente no tecido foliar abaixo do qual a planta sofre carência nutricional e acima, toxicidade. Nível crítico externo refere-se a concentração de nutrientes disponíveis no solo nas proporções mínimas exigidas (20).

São encontrados no tecido vegetal teores de 3 a 5% da matéria seca (35, 36). Plantas com teores de nitrogênio abaixo de 1% são consideradas deficientes. A deficiência é caracterizada pela redução no desenvolvimento da planta, seguida por amarelecimento, em forma de clorose uniforme e homogênea, a partir das folhas mais velhas. A medida que os sintomas vão se desenvolvendo, as folhas tornam-se necróticas ocorrendo o desfolhamento precoce. O sistema radicular das plantas com deficiência de nitrogênio parece menos desenvolvido (33). A produção de matéria seca dos feijoeiros é relacionada com a absorção de nitrogênio e depende, portanto, do suprimento adequado do nutriente (39). O período em que a planta absorve todo o nitrogênio que precisa, compreende, em média os primeiros 50 dias. Na planta, participa da formação do ácido glutâmico e, cerca de vinte aminoácidos, em proteínas. Estas participam nos processos metabólicos implicando assim numa ação mais funcional que estrutural. Também participa da composição da molécula da clorofila (35, 42, 51).

Alguns ensaios tem sido realizados para avaliar diferenças entre as fontes de nitrogênio mas, na maioria dos casos, não se tem encontrado significância para as diferenças das respostas da cultura do feijoeiro para nitratos de cálcio e sódio, sulfato de amônio, uréia e nitrato de amônio (35, 52). Os parâmetros químicos, comumente obtidos da análise de solo, não tem sido eficazes como critérios para recomendação de adubação nitrogenada. O histórico da área e o conhecimento do manejo de outros fatores de produção, tais como clima, solo, cultivar, profundidade, densidade de plantio, época de plantio, entre outras, são, comumente, adotados como auxílio na estimativa da dose de nitrogênio a ser aplicada (46). Normalmente a dose de nitrogênio a ser recomendada para a cultura do feijoeiro, no Estado do Paraná, tem variado de 20 a 60 kg/ha de N.há⁻¹. Considerando-se tratar de um elemento de grande mobilidade no solo, especialmente por ser de fácil lixiviação, recomenda-se fazer o parcelamento da dose a ser aplicada (46).

As respostas da cultura do feijoeiro à aplicação de nitrogênio tem sido bastante variáveis em função de clima, condição fitossanitária e também pela

possibilidade de fixação biológica por bactérias nativas do solo (8). Em três municípios de Minas Gerais, em solos argilosos do tipo "massapé", não foi observado efeito favorável no aumento da produção em quaisquer dos locais (63), o que concorda com o resultado de experimentos realizados em outras condições (23, 31, 32, 35). Entretanto no Estado de São Paulo com adubação NPK isolada ou associada, aplicação de calagem, enxofre e micronutrientes, em diferentes tipos de solo foi observado, em muitos casos, que a aplicação de nitrogênio proporcionaram aumentos significativos na produção (4, 18, 22, 35, 57).

Quanto ao efeito de fontes dos adubos nitrogenados, observou-se que, entre sulfato de amônio, salitre-do-chile, uréia, cloreto de amônio e fosfato diamônio, que apenas o cloreto de amônio foi danoso para a cultura, em um experimento, sendo as demais fontes favoráveis e semelhantes, entre si. Relacionando com a época de aplicação, foi observado que os rendimentos máximos foram obtidos quando o nitrogênio foi utilizado na emergência das plantas e antes do florescimento. Quanto a doses crescentes, as respostas normalmente eram positivas (7, 11, 12, 13, 14, 29, 35, 40, 50, 52, 59, 61).

2.3 PLANTIO DIRETO NA PALHA

O sistema de plantio direto na palha faz parte das adoções tecnológicas tidas como modernas e constata-se, ano após ano, por meio dos relatos das instituições especializadas em levantamento de dados, que as áreas em cultivo por esse sistema são significativamente crescentes, inclusive entre mini e pequenos agricultores (19, 28, 54, 56).

O solo é o local onde a geologia e a biologia se encontram, constituindo uma massa composta de partículas minerais, resíduos orgânicos, água, gases, a biota, tendo um caráter predominante dinâmico onde os componentes físicos, químicos e biológicos interagem, continuamente, com reflexos sobre desenvolvimento das plantas, produtividade agrícola e qualidade do ambiente (10). Os microrganismos exercem tanto ação física na adesão entre as partículas do solo atuando como ligantes, como ação química pela produção de substâncias agregativas e cimentantes (polissacarídeos e substâncias húmicas), implicando no aumento do grau de

agregação das partículas e na porosidade. Estes processos são bastante estimulados na rizosfera, pelas substâncias nutritivas e estimulantes presentes nos exsudatos das raízes (aminoácidos, vitaminas, açúcares, etc.). Atuam ainda diretamente nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes sendo responsáveis pelos processos de mineralização e imobilização de elementos como o N, P, S, entre outros, pela decomposição da matéria orgânica do solo. A biomassa microbiana do solo contribui para liberação gradativa e contínua de nutrientes às plantas não só pela decomposição da matéria orgânica, como também após sua morte (10, 41, 42, 48).

Os diferentes sistemas de manejo do solo, incluindo tipos de preparo, rotações ou culturas intercalares, podem provocar profundas alterações no solo e, conseqüentemente, determinar mudanças qualitativas e quantitativas nos microrganismos e na sua atividade (41).

No plantio convencional ocorre maior homogeneização destes materiais promovido pela aração e gradagem, até uma camada mais profunda (20 cm), além do que, quando o solo é manejado sob preparo convencional, em função de sua menor cobertura, ocorrem maiores oscilações térmicas e de umidade causando também oscilações no desenvolvimento de microrganismos, implicando em maior velocidade de decomposição da matéria orgânica (10, 48, 56).

No plantio direto na palha, que foi viabilizado com a descoberta dos herbicidas, na década de quarenta e introduzido no Brasil a partir de meados da década de setenta (8, 28), o acúmulo de nutrientes e resíduos vegetais nas camadas mais superficiais (5 cm), cria condições favoráveis ao desenvolvimento dos microrganismos (10). É o que mais se aproxima de um sistema ecológico natural, tal como uma floresta, por suas características de não revolvimento do solo e manutenção de cobertura, verde ou morta, permanente no solo. É uma prática conservacionista, especialmente adequada para as condições ambientais de regiões tropicais, que maneja inteligentemente as próprias forças da natureza. O sol forte e chuvas torrenciais, características destas regiões, implicam na necessidade de se evitar a exposição do solo às intempéries. A matéria orgânica dos restos de cultura é triturada e incorporada ao sistema pela micro e mesofauna, cria as condições necessárias para que a micro e mesofauna presente no solo passem a atuar, produzindo como resultado um solo estruturado, pronto para ser semeado com,

reduzido índice de erosão. Neste contexto estão implícitos critérios de compatibilização, entre viabilidade econômica e prudência ecológica (54). Do processo de decomposição da matéria orgânica, mediado biologicamente, decorre uma concentração da atividade de biomassa nos primeiros 5 a 10 cm, diminuindo gradativamente. Esta biomassa corresponde ao nitrogênio imobilizado, que além de atuar como reserva de nitrogênio orgânico, tem grande participação na estrutura do solo por meio de formação e estabilização de agregados e da rede de poros que atuam na taxa de infiltração, e na retenção de água no perfil e na troca de gases, que certamente influenciam no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (4, 8, 10, 41, 48).

Em um solo submetido ao sistema de plantio direto na palha, com o passar dos anos, ocorre uma série de alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas em relação ao sistema plantio convencional, onde destaca-se o aumento de carbono orgânico, nitrogênio total, além de acúmulo de cálcio, magnésio, potássio e fósforo na camada superior, que seguramente interferem na disponibilidade de nutrientes para as plantas (34). Além destes aspectos ainda se pode elencar como vantagens, especialmente em pequenas propriedades, liberação de mão de obra, redução de esforços físicos de homem e equipamento/animal (7, 19). Deve-se considerar ainda que os benefícios oriundos do emprego do plantio direto na palha não estão restritos às grandes propriedades mecanizadas que empregam alto grau de tecnologia de produção. Há tecnologia disponível para implantação do sistema em pequenas propriedades que se utilizam de tração animal como é o caso, por exemplo, da semeadora "Gralha Azul"/IAPAR, desenvolvida por pesquisadores daquela instituição (8, 19, 53).

2.4 DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO NA PALHA

Embora o sistema de plantio direto na palha apresente condições que possam facilitar a desnitrificação tais como aumento da microporosidade, do conteúdo de água superficial e da quantidade de microorganismos desnitrificadores estas perdas são insignificantes não ultrapassando 10%. As perdas por lixiviação são

significativas somente em solos muito arenosos, pobres em matéria orgânica e elevadas precipitações pluviométricas além do que, o nitrato além de solúvel possui baixa energia de adsorção às partículas do solo (8, 15, 56).

O aumento da taxa de nitrogênio total do solo no sistema de plantio direto na palha, em relação à plantio convencional, com o tempo de cultivo é creditado a menor taxa de decomposição dos resíduos, na superfície do solo, e variam com tipo de solo e clima, intensificação, número de culturas utilizadas no tempo bem como as espécies (8, 56).

Os resíduos culturais são fontes de carbono e energia para os microrganismos heterotróficos do solo. No processo de decomposição, os microrganismos utilizam e retêm o nitrogênio incorporando-o e formando novas células microbianas, enquanto isso, uma quantidade de carbono, do resíduo, é progressivamente reduzida. A imobilização/mineralização do nitrogênio orgânico depende da relação C/N do resíduo. No sistema de plantio direto na palha existe uma grande variação de resíduos com diferentes relações C/N, já que a rotação de culturas é uma das condições básicas para a continuidade do sistema. Os resíduos de gramíneas predominam na superfície do solo, na maior parte do ano. Esses resíduos apresentam maior proporção de componentes estruturais de difícil decomposição e alta relação C/N, em relação aos resíduos de leguminosas (8, 34, 48).

Quanto as fontes de nitrogênio a uréia apresenta uma maior volatilização no sistema de plantio direto na palha devido ao processo de aplicação, normalmente a lanço. Também a aplicação em horários de menor temperatura do dia, em solo com boa umidade ou seguida de chuva, são coadjuvantes na melhora de eficiência e menor volatilização do amônio (15, 38, 58).

Os processos de imobilização e mineralização ocorrem simultaneamente no solo. A adição de um fertilizante nitrogenado pode resultar em imobilização do nitrogênio mineral e em mineralização do nitrogênio orgânico do solo ou nitrogênio dos resíduos. Observa-se, freqüentemente, que com a adição de fertilizante nitrogenado, ocorre um decréscimo na liberação de CO₂ para a atmosfera. O decréscimo deve-se a disponibilidade de nitrogênio mineral favorecer o aumento na incorporação de carbono pelos microrganismos do solo, aumentando a biomassa. Portanto, sabendo-se que os microrganismos têm maior capacidade de competir pelo nitrogênio mineral que as plantas, a disponibilidade de nitrogênio depende da

magnitude dos processos de imobilização e de mineralização no solo (8, 34, 38, 48). O teor de matéria orgânica do solo, embora utilizado como critério básico para recomendações de adubação nitrogenada para diferentes culturas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, fornece informações mais importantes do ponto de vista qualitativo. Altos teores de matéria orgânica ($MO > 50 \text{ g/dm}^3$), significam maior capacidade de retenção de cátions e maior poder tampão. Indicam ainda a possibilidade de se reduzir doses de adubos nitrogenados, maior disponibilidade de enxofre e boro, maior complexação de metais, menor toxidez por alumínio trocável, menor insolubilização de micronutrientes em pH elevado, deficiência de cobre e maior disponibilidade de fósforo. Por outro lado, baixos teores ($< 15 \text{ g/dm}^3$) indicam baixa CTC, total e efetiva, baixo poder tampão, alta possibilidade de lixiviação de bases, maior risco de efeitos danosos de adubos altamente salinose possibilidade de deficiência de enxofre e micronutrientes (15, 60).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi desenvolvido a campo, nos anos agrícolas 1996/97 e 1997/98. No primeiro ano foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em Ponta Grossa, PR, nas coordenadas geográficas Lat. 25°05'47" S, Lon. 50°03'04 W e altitude de 880 m. No segundo, foi conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, em Palmeira, PR, Lat. 25°24'02, Lon. 50°00'37" W e altitude de 902 m. As coordenadas geográficas foram determinadas, no campo, com um aparelho GPS (*Global Positioning System*) modelo GARMIN-40, como pode ser visto na Figura 1.

Ambas as áreas tem clima tipo Cfb, da classificação de Köepen, subtropical úmido, mesotérmico, verões frescos e geadas severas demasiado freqüentes e sem estação seca definida, temperaturas médias variando de 17 a 22°, excedente hídrico anual de 500 a 800 mm, sem déficit hídrico e umidade relativa do ar de 75 a 80% (27).

O delineamento experimental utilizado, também nos dois anos, foi o de blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram seis níveis de nitrogênio, quais sejam 0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg de N.ha⁻¹, fornecidos na forma de uréia, aplicada a lanço no estágio V₃, 15 dias após a emergência das plantas.

Nos dois anos agrícolas foi escolhida como indicadora a variedade 'FT-Nobre', oriunda do cruzamento triplo entre a variedade 'FT-120' e as linhagens FT 84-1806 e FT 84-424. O tegumento das sementes é de cor preta fosca. A planta é de hábito de crescimento indeterminado, tipo II, porte ereto, com altura de 60 a 70 cm, ciclo de 96 dias, vagens com oito grãos e massa de 100 sementes equivalente a 18,7 g (26).

As avaliações foram feitas em oito estádios de desenvolvimento da cultura, de V₂ a R₉. Na tabela 1 é apresentada a descrição dos estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro (21).

Tabela 1 - Descrição dos estádios de crescimento e desenvolvimento da cultura do feijoeiro.¹

ESTÁDIO	PRINCIPAIS EVENTOS
V2	Folhas primárias completamente expandidas.
V3	Primeira folha trifoliolada completamente aberta.
V4	Terceira folha trifoliolada completamente aberta.
R5	Primeiro botão floral.
R6	Primeira flor aberta
R7	Primeira vagem, com a corola da flor desprendendo-se
R8	Vagem atinge o comprimento máximo e começa o desenvolvimento das sementes.
R9	Maturidade fisiológica

Obs.: Se adotou como início de cada etapa quando 50% das plantas apresentavam as características do estágio.

¹Fonte: Fernandes et al., 1982.

As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa para microcomputador (*Personal computer – PC*) MSTATC. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto a homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os efeitos dos tratamentos foram analisados pelo teste de F a 5 e 1% de probabilidade. As variáveis cujas médias mostraram diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.1 EXPERIMENTO 1

A área utilizada para condução do experimento a campo tem solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro Álico, A-proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave (45). Foram coletadas amostras na faixa de 0 a 20 cm para análise química. Os resultados da análises são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Resultado das análises das características químicas e argila do solo da área experimental em camada de 0 a 20 cm, Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, PR, 1996/1997.¹

pH	Al ⁺³	H+Al	Ca+Mg	K ⁺¹	S	T	P	C	m	V	Argila
CaCl ₃	cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	%		
5,0	0,0	6,2	4,70	0,37	5,99	11,27	1,00	25,9	00,0	45,0	56,0

¹ Análises realizadas no laboratório de Análises de solo do Departamento de Solos da UFPR

O histórico agrônômico de utilização onde foi implantado o experimento, gleba 2, nos últimos dez anos é apresentado na tabela 3.

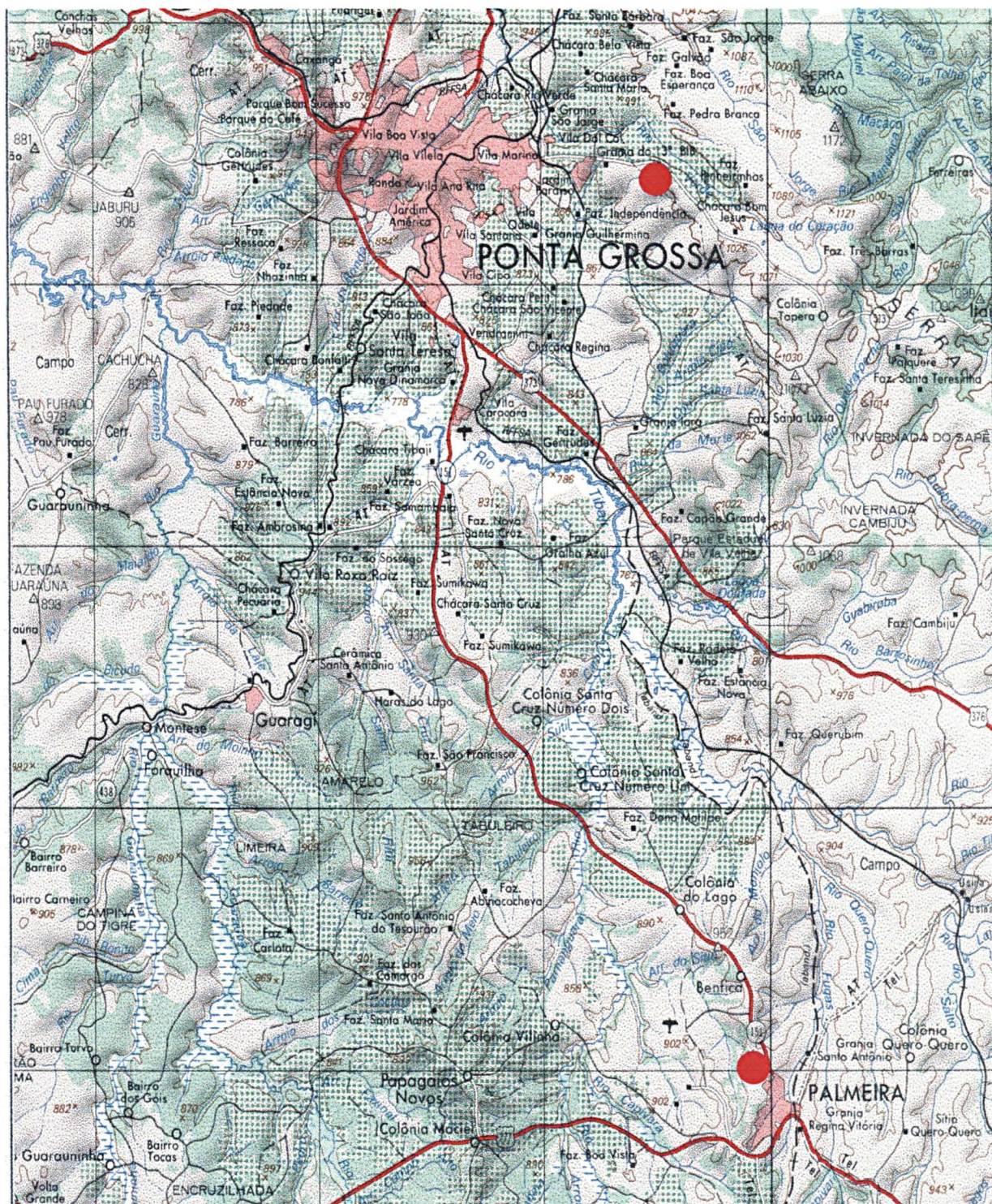


FIGURA 1 – Localização geográfica dos experimentos realizados em Ponta Grossa e Palmeira, no Estado do Paraná, 1999.

TABELA 3 - Histórico de utilização da área de implantação do experimento na Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, PR, 1996/1997¹

SAFRA	HISTÓRICO DA GLEBA 2	
	ÉPOCA	CULTURA
1988/1989	VERÃO	SOJA
1989	INVERNO	TRIGO
1989/1990	VERÃO	SOJA
1990	INVERNO	TREMOÇO
1990/1991	VERÃO	MILHO
1991	INVERNO	AVEIA-PRETA
1991/1992	VERÃO	MILHO
1992	INVERNO	TREMOÇO
1992/1993	VERÃO	MILHO
1993	INVERNO	AVEIA-PRETA
1993/1994	VERÃO	FEIJÃO/FEIJÃO
1994	INVERNO	TRIGO
1994/1995	VERÃO	SOJA
1995	INVERNO	ERVILHACA
1995/1996	VERÃO	MILHO
1996	INVERNO	TRIGO
1996/1997	VERÃO	PESQUISA

Fonte: UEPG

A unidade experimental era composta por oito fileiras com espaçamentos, entre si, de 0,45 m, perfazendo área total de 3,6 m x 6,0 m = 21,60 m². Dessas oito fileiras quatro foram utilizadas para as avaliações realizadas em oito estádios de desenvolvimento da cultura, de V₂ a R₉. Das quatro restantes as duas laterais foram desprezadas a título de bordadura, bem como os 0,50 m em cada extremidade, sendo colhidas, para avaliação do rendimento, as duas fileiras centrais, portanto 0,9 m x 5,0 m = 4,50 m² de área útil. As unidades experimentais estavam separadas, umas das outras, por 0,50 m de tal forma que cada bloco tinha área total de 3,6 m x 38,5 m = 138,60 m². Os blocos estavam separados, uns dos outros por 0,45 m, assim a área total do experimento foi de 21,6 m x 38,5 m = 831,60 m². Na Figura 2 é apresentado o croqui da área com detalhamento da unidade experimental.

A área experimental estava coberta com a cultura do trigo em fase vegetativa. Foi feito em 26 SET 1996 a dessecação da cultura com glifosate na dose de 2,0 L.ha⁻¹. Antes da semeadura foi feito o manejo mecânico da cobertura com equipamento "Rolo-Faca". No dia 30 SET 1996 foi feita a semeadura do feijão, em sistema plantio direto na palha, utilizando equipamento SEMEATO PS-8 de oito

linhas. A máquina foi regulada para distribuir 15 sementes por metro visando uma população de pouco mais de 300 mil plantas por hectare. Foi feita adubação, no sulco, com o equivalente a 360 kg.ha^{-1} , utilizando o formulado 2-25-25. A emergência foi identificada no dia 07 OUT 1996. Observou-se desuniformidade. Os tratos culturais foram duas aplicações seqüenciais da mistura comercial dos herbicidas fluazifop-p-butil + fomesafem, na dose de $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$, cada uma nos Estádios V_3 e V_4 com equipamento pressurizado a CO_2 com barra de quatro bicos tipo leque XR-110.02, para controle das plantas daninhas, uma aplicação dos fungicidas tiofanato metílico + clorothalonil na dose de $2,5 \text{ kg.ha}^{-1}$, para o controle das principais doenças fúngicas das folhas e uma aplicação do inseticida methamidophos na proporção de $1,0 \text{ L.ha}^{-1}$, para o controle das principais pragas da cultura com equipamento pressurizado a CO_2 com barra de quatro bicos tipo cônico.

3.3 AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO 1

As avaliações de matéria seca (MS) foram feitas nos estádios de desenvolvimento V_2 , V_3 , V_4 , R_6 e R_7 , nas áreas específicas, conforme descrito no detalhamento da parcela apresentado na Figura 2. As plantas foram colhidas, secas em estufa a 70°C por 72 h até atingir massa constante e em seguida, determinada a massa da matéria seca.

Em R_9 foram colhidas, também, as dez plantas conforme descrito anteriormente. Nelas foram determinadas a estatura das plantas, número de vagens no caule e nos ramos, número de ramos, número de sementes no caule e nos ramos, matéria seca do caule e dos ramos, da sementes do caule e dos ramos. Por meio destas medidas foram calculados: número médio de sementes no caule, nos ramos e nas vagens do caule e dos ramos, e número médio de sementes por vagem. A massa média de 100 sementes, foi determinada a partir de três amostras de 100 sementes de cada parcela, que após pesadas foram corrigidas analiticamente para 13% de umidade. O rendimento das plantas foi obtido na área útil das parcelas. As plantas foram colhidas e trilhadas. Determinou-se a umidade relativa das sementes, por parcela, corrigindo-se os resultados para 13% de umidade relativa. Os resultados obtidos em gramas por parcela foram convertidos para kg.ha^{-1} .

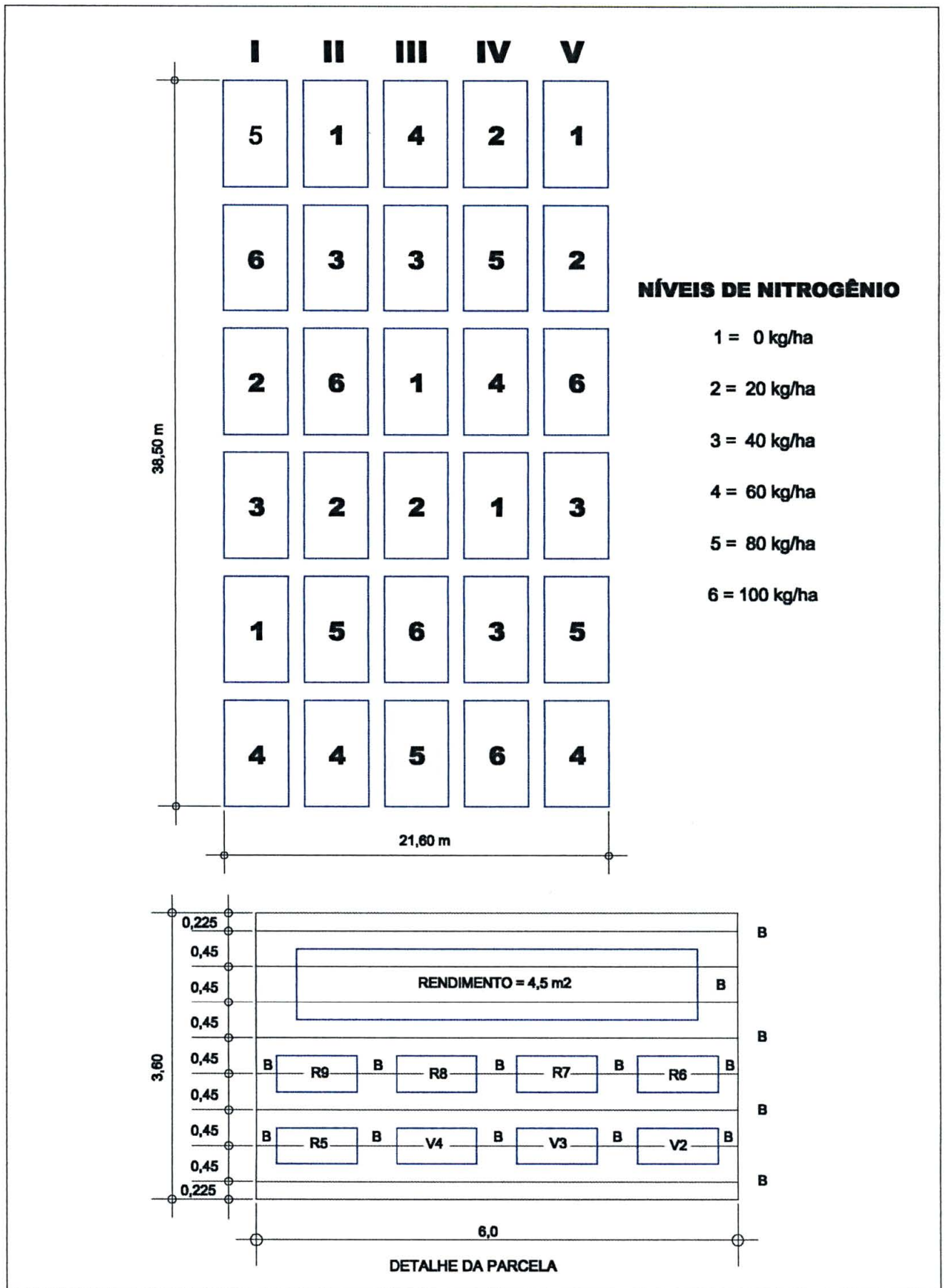


Figura 2 – Croqui da área, com detalhamento da unidade experimental, Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, PR, 1997.

3.4 EXPERIMENTO 2

A área utilizada para condução do experimento a campo tem solo classificado como um Cambissolo (45). Foram coletadas amostras na faixa de 0 a 20 cm para análises químicas e físicas. Os resultados destas análises são apresentados na tabela 4.

TABELA 4 - Resultado das análises das características químicas e argila do solo da área experimental em camada de 0 a 20 cm, Colégio Agrícola de Palmeira, PR, 1997/98.¹

pH	Al ⁺³	H+Al	Ca+Mg	K	S	T	P	C	m	V	Argila
CaCl ₃		cmol _c .dm ⁻³				mg.dm ⁻³		g.dm ⁻³		%	
5,1	0,07	4,80	5,86	0,12	5,99	10,79	4,60	13,3	1,16	55,7	32,0

¹ Analisado no laboratório da COOPAGEV

O histórico agrônômico de utilização da área onde foi implantado o experimento nos últimos oito anos é apresentado na tabela 5.

A unidade experimental era composta por oito linhas com espaçamentos, entre si, de 0,40 m, perfazendo área total de 3,2 m x 6,5 m = 20,80 m². Esta modificação em relação ao experimento anterior decorre da disponibilidade local de equipamentos. Dessas oito fileiras quatro foram utilizadas para as avaliações realizadas em oito estádios de desenvolvimento da cultura, de V₂ a R₉. Das quatro restantes as duas laterais foram desprezadas a título de bordadura, bem como os 0,25 m em cada extremidade, sendo colhidas, para avaliação do rendimento, as duas fileiras centrais, portanto 0,8 m x 6,0 m = 4,80 m² de área útil. As unidades experimentais estavam separadas, umas das outras, por 0,50 m de tal forma que cada bloco tinha área total de 3,2 m x 41,5 m = 132,80 m². Os blocos estavam separados, uns dos outros, por 0,40 m, assim, a área total do experimento foi de 17,6 m x 41,5 m = 730,40 m². Na Figura 3 é apresentado o croqui da área com detalhamento da unidade experimental.

TABELA 5 - Histórico de utilização da área de implantação do experimento no Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1997/1998¹

SAFRA	HISTÓRICO ÁREA	
	ÉPOCA	CULTURA
1989	INVERNO	TRIGO
	VERÃO	MILHO
1990	INVERNO	AVEIA PRETA
	VERÃO	SOJA
1991	INVERNO	TRIGO
	VERÃO	SOJA
1992	INVERNO	TREMOÇO AZUL
	VERÃO	MILHO
1993	INVERNO	TRIGO
	VERÃO	SOJA
1994	INVERNO	NABO
	VERÃO	FORRAGEIRO
1995	INVERNO	MILHO
	VERÃO	AVEIA PRETA
1996	INVERNO	FEIJÃO
	VERÃO	NABO
1997	INVERNO	FORRAGEIRO
	VERÃO	MILHO
1997	INVERNO	AVEIA PRETA
	VERÃO	PESQUISA

¹ Fonte: Colégio Agrícola de Palmeira.

A área experimental estava coberta com a cultura da aveia preta em fase vegetativa. Foi feita em 26 NOV 1997 a dessecassão da cultura com sulfosate na dose de 2,0 L.ha⁻¹. No dia 05 DEZ 1997 foi feita a semeadura do feijão, em sistema plantio direto na palha, utilizando equipamento PAR-2800 SEMEATO de oito linhas. A máquina foi regulada para distribuir 16 sementes por metro visando uma população de aproximada de 400 mil plantas por hectare. Foi feita adubação, no sulco com equivalente a 300 kg.ha⁻¹, utilizando o formulado 0-30-10. Esta modificação em relação ao experimento anterior se deveu também à disponibilidade do insumo no local, onde a dosagem foi alterada, em relação ao fósforo. A emergência foi identificada no dia 10 DEZ 1997. Os tratos culturais foram uma aplicação da mistura comercial dos herbicidas fluazifop-p-butyl + fomesafem, na dose de 1,0 L.ha⁻¹, para controle das plantas daninhas no estágio V₃ com equipamento pressurizado a CO₂ com barra de quatro bicos tipo leque XR-110.02, uma aplicação

dos fungicidas tiofanato metílico + clorotalonil na dose de $2,5 \text{ kg.ha}^{-1}$, para o controle das principais doenças fúngicas das folhas e uma aplicação do inseticida methamidophos na dose de $1,0 \text{ L.ha}^{-1}$, para o controle das principais pragas da cultura, ambas no estágio V_4 com equipamento pressurizado a CO_2 com barra de quatro bicos tipo cônico.

3.5 AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO 2

Nos Estádios V_2 e V_3 foram colhidas dez plantas, secas em estufa a 70°C por 72 h para atingir massa constante e determinada a massa do caule, pecíolo e folhas. Para o Estádio V_4 , acrescentou-se a massa dos ramos. No Estádio R_5 a matéria seca das flores e estatura de caule e ramos, em laboratório utilizando-se de trena. Nos Estádios R_6 , R_7 e R_8 , acrescentou-se a matéria seca e contagem das vagens.

Em R_9 foram colhidas, também, dez plantas conforme descrito anteriormente. Nelas foram determinados o número total de vagens e o número total de sementes. Por meio destes valores foram calculados os componentes de rendimento: número médio de vagens por planta e número médio de sementes por vagem. A massa média de 100 sementes, outra dos componentes do rendimento, foi determinada por três pesagens de 100 sementes de cada parcela e uniformizados a 13% de umidade relativa.

Na mesma amostra de plantas de R_9 foram determinadas a estatura das plantas, ainda no campo, medindo-se com trena do nível do solo até a extremidade esticada da planta, número de vagens no caule e nos ramos, número de ramos, número de sementes no caule e nos ramos, matéria seca do caule e dos ramos, da sementes do caule e dos ramos. Por meio destas medidas foram calculados: número médio de sementes no caule, nos ramos e nas vagens do caule e dos ramos.

O rendimento das plantas foi obtido na área útil das parcelas. As plantas foram colhidas e trilhadas. Determinou-se a umidade das sementes, por parcela, corrigindo-se os resultados para 13% de umidade relativa. Os resultados obtidos em gramas por parcela foram convertidos para kg.ha^{-1} .

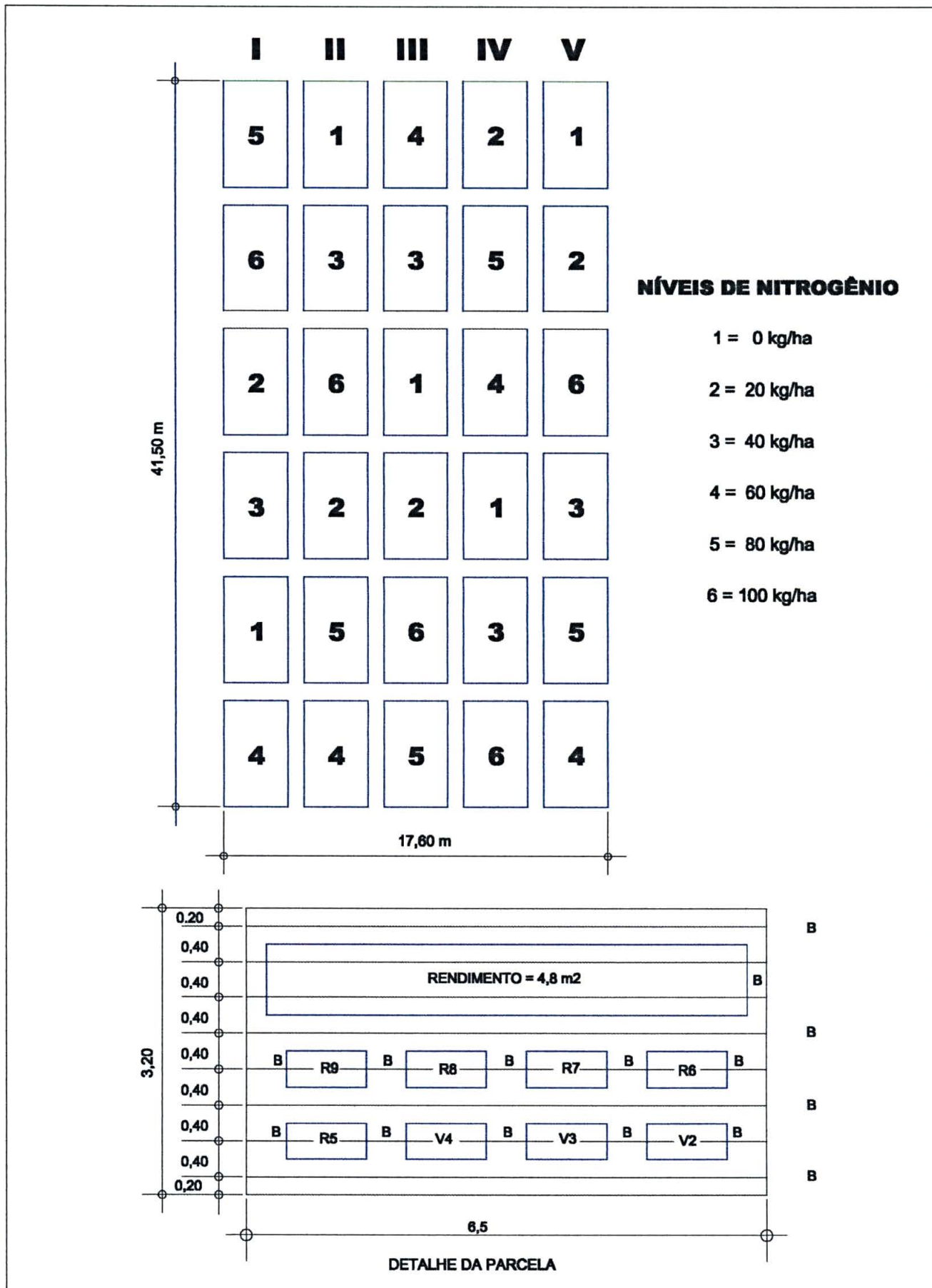


Figura 3 – Croqui da área, com detalhamento da unidade experimental, Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1998.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O feijoeiro comum cultivado no sistema plantio direto na palha, como pode ser verificado na introdução e revisão de literatura, é assunto muito pouco estudado de sorte que, os parâmetros que nortearam a concepção e desenvolvimento dos experimentos conduzidos nos anos agrícolas de 1996-1997 e 1997-1998 em Ponta Grossa e Palmeira, respectivamente, foram extrapolados de experimentos desenvolvido no sistema convencional de preparo de solo.

Em ambos os experimentos, a produtividade superou as médias, estadual e brasileira. O tratamento que redundou em melhor produtividade foi a dose de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio com produtividade de 2.236 kg.ha⁻¹, obtida na fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, que superou em 269% a média estadual e 378% a brasileira. O pior resultado foi detectado na Fazenda – Escola da UEPG, na parcela testemunha com produtividade de 1.614 kg.ha⁻¹, que mesmo assim, superou em 195% a média estadual e 273% a brasileira.

4.1 EXPERIMENTO DE PONTA GROSSA

Reportando-se aos quadros dos Anexos de um a quatro, que apresentam as análises de variância dos dados referentes ao Experimento conduzido na Fazenda – Escola da UEPG, 1996-1997, verifica-se a princípio que houve diferenças significativas no nível de 1% de probabilidade para matéria seca das plantas no estágio R₆, matéria seca do caule e total das plantas no estágio R₉, número de ramos, de vagens do caule e da planta e número de grãos, do caule e da planta, no estágio R₉. No nível de 5% de probabilidade, para número de grãos na planta no estágio R₉ e número médio de vagens por planta.

Do ponto de vista meteorológico, apenas no mês de novembro a precipitação pluviométrica foi inferior a média de 28 anos, enquanto que, a temperatura mínima foi inferior em todo o ciclo da cultura, também em relação a média de 28 anos. Agora, reportando-se aos dados climáticos tabulados dia a dia, conforme também ser visualizado na Figura – 4, observa-se variações de temperatura de menos de 10° C a mais de 30° C, sendo que no período mais crítico, coincidente com os estádios R₅ e R₆, a temperatura variou de menos de 10° a mais de 25°C, além de picos de precipitação pluviométrica diária superior a 40 mm.dia⁻¹. Entre os estádios V₂ e V₃ e um superior a 55 mm no estádio R₈. Estes fatores climáticos, à nossa avaliação não interferiram de forma drástica a ponto de mascarar os resultados obtidos.

O rendimento, como pode ser observado na Tabela–6, embora apresentasse uma diferença de 592 kg.ha⁻¹ entre a dose de nitrogênio de 100 kg.ha⁻¹, que constituiu o melhor tratamento e o tratamento testemunha, a análise de variância não revelou diferença significativa entre os tratamentos. Considerando que a área em estudo tinha um histórico de dez anos de prática da semeadura direta e ainda que a cultura que antecedeu a implantação do experimento foi o trigo, dessecado em pleno estádio de desenvolvimento vegetativo uma semana antes da implantação do experimento, imputa-se a adubação residual da cultura do trigo, que somado ao nitrogênio fixado na palha e matéria orgânica do solo supriram as necessidades da cultura.

Tabela 6 – Relação entre a produtividade obtida nos tratamentos do Experimento conduzido na UEPG em Ponta Grossa (1997), com as médias, estadual e brasileira.

	Tratamento kg N.ha ⁻¹	Rendimento Kg.ha ⁻¹	Relação (%)	
			Média estadual	Média brasileira
1	0	1.614,6	+194,1	+273,2
2	20	1.730,6	+208,0	+292,8
3	40	1.638,2	+196,9	+277,2
4	60	2.144,6	+257,8	+362,9
5	80	2.124,4	+255,3	+359,5
6	100	2.207,0	+265,3	+373,4
Média estadual		832,0		
Média brasileira		592,0		

Comparando-se estes resultados com os obtidos em sistema de semeadura convencional, observa-se que relacionam-se positiva e negativamente com os obtidos com diversos autores (1, 22, 23, 30, 31, 34, 62), onde a melhor interpretação é dada por Malavolta, 1971 (34), que em sua revisão, praticamente esgota o tema adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro comum no sistema convencional de preparo de solo, concluindo que entre 232 ensaios com nitrogênio, 67 apresentaram relação positiva para adubação nitrogenada.

Dentre os componentes de rendimento, a análise de variância identificou diferenças significativas pelo teste F no nível de 1% de probabilidade, testados pelo Teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade, como pode ser observado na Tabela – 7 que relaciona os resultados significativos do experimento conduzido na Fazenda Escola da UEPG, 1997 em Ponta Grossa, para a variável “Número de vagens por planta”.

A desuniformidade da população foi determinante nos resultados apresentados pelo experimento. Esta, é creditada a uma possível interação alelopática da palha do trigo dessecado para implantação do experimento, que se manifestou da emergência até a colheita, reforçada pelo fato de em outro experimento, conduzido em área contígua ao lado deste, com outro objetivo, onde não foi realizado o manejo mecânico da cobertura com o equipamento “Rolo-faca” a desuniformidade não se manifestou. Na busca por subsídios a esta observação, na literatura encontramos referência a interferência da palha de trigo sobre a cultura do feijoeiro comum relatada por Almeida, 1988 (3). Observou-se ainda diferenças significativas na matéria seca do caule e conseqüentemente da planta, mostrando resposta positiva para doses crescentes de nitrogênio.

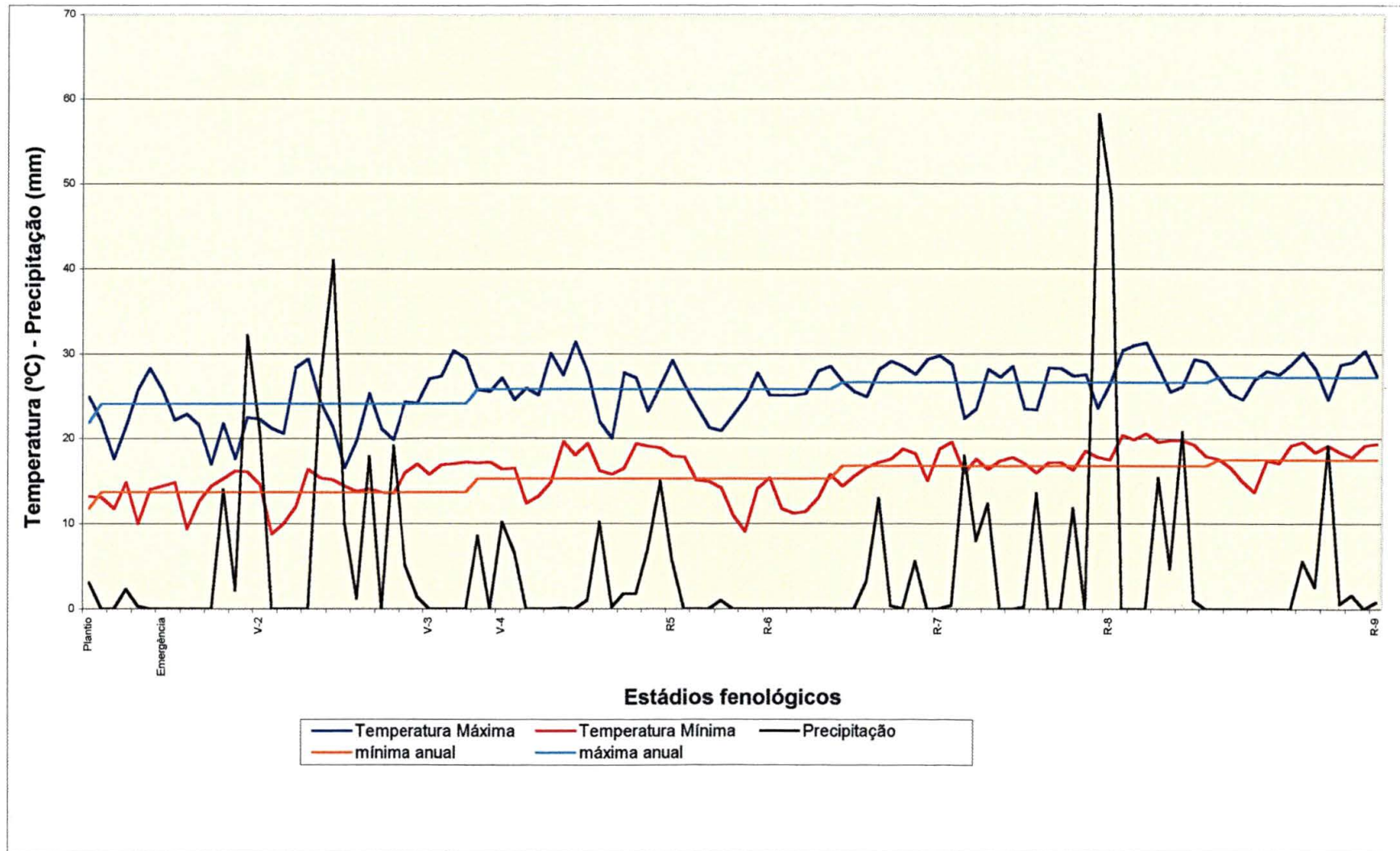


Figura 4 - Temperaturas, máxima e mínima, média de 28 anos e precipitação no período em que se desenvolveu o experimento na Fazenda Escola da UEPG em Ponta Grossa, PR, 1997.

Tabela 7 – Características morfológicas e matéria seca em dois estádios de desenvolvimento na cultura do feijoeiro submetido a seis doses de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto na palha, Fazenda Escola da UEPG em Ponta Grossa, PR, 1997/1998.

Tratamento N (kg.ha ⁻¹)	ESTÁDIOS							
	R ₆	R ₉			R ₉		R ₉	
	Matéria seca	Matéria seca		Número de ramos	Numero de vagens		Número de sementes	
		Caule	Total		Caule	Planta	Caule	Planta
0	28,56 b	1658 bc	3.314 c	3,28 ab	6,1 b	17,0 b	30,2 bc	71,6 b
20	41,42 ab	1.526 c	3.556 bc	3,12 b	6,0 b	17,9 ab	28,6 c	81,7 ab
40	43,36 ab	1.770 bc	4.376 abc	3,82 ab	7,0 ab	22,0 ab	33,0 abc	92,2 ab
60	58,18 a	1.942 abc	4.156 abc	3,62 ab	7,4 ab	20,6 ab	37,1 abc	89,9 ab
80	58,70 a	2.154 ab	5.014 ab	4,06 a	9,0 a	25,3 a	41,0 ab	114,4 a
100	42,66 ab	2.380 a	5.260 a	4,04 a	8,4 a	25,0 a	42,1 a	107,2 a

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

4.2 EXPERIMENTO DE PALMEIRA

A análise de variância referentes ao experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1997/1998, encontram-se nos anexos cinco a treze. As que apresentaram diferenças estatísticas significativas no nível de 5% e 1%, foram estatura do caule nos Estádios R₅, R₇ e R₈ e matéria seca dos ramos, sementes do caule, grãos da planta e rendimento no Estádio R₉, conforme está apresentado na Tabela – 8.

Na Figura 5, os dados meteorológicos referentes ao período em que foi desenvolvido o experimento, observa-se que as temperaturas, máxima e mínima se comportaram de modo semelhante à média de 28 anos para a região. A precipitação, porém, foi melhor distribuída que no ano anterior, embora tenha ocorrido um veranico entre os estádios R₅ e R₆, época da florada. Desta forma pode se afirmar, neste experimento, que o clima não influenciou decisivamente no resultado do experimento.

Como pode ser observado na Tabela – 8, a melhor produtividade, com rendimento de 2.236,0 kg.ha⁻¹ foi conseguida na dose de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio e a pior no tratamento de 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio com 1.976 kg.ha⁻¹. Embora tenha havido diferença estatística significativa no nível de 5% de probabilidade, esta não ocorreu entre melhor resposta e a testemunha com uma diferença de 173 kg.ha⁻¹. O alto rendimento conseguido no tratamento testemunha, da mesma forma como se deu no Experimento conduzido na Fazenda Escola da UEPG, 1996/1997, se deve provavelmente ao nitrogênio residual das culturas anteriores.

Quanto a morfologia, verifica-se diferenças significativas para estatura do caule nos estádios R₅ onde a maior foi obtida na dose de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, porém não foi possível detectar um padrão de comportamento. No estádio R₇, verificou-se uma relação positiva até a dose de 80 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, constituindo-se esta a melhor a resposta para estatura e matéria seca do caule. O estádio R₈ também apresentou relação positiva, se bem que, a dose de 80 kg.ha⁻¹ tenha mostrado um comportamento atípico, também para estatura e matéria seca do caule. Já o estádio R₉ não apresentou diferença significativa para estatura, porém para matéria seca e sementes da planta, com maior concentração no caule numa relação direta até a dose de 60 kg.ha⁻¹.

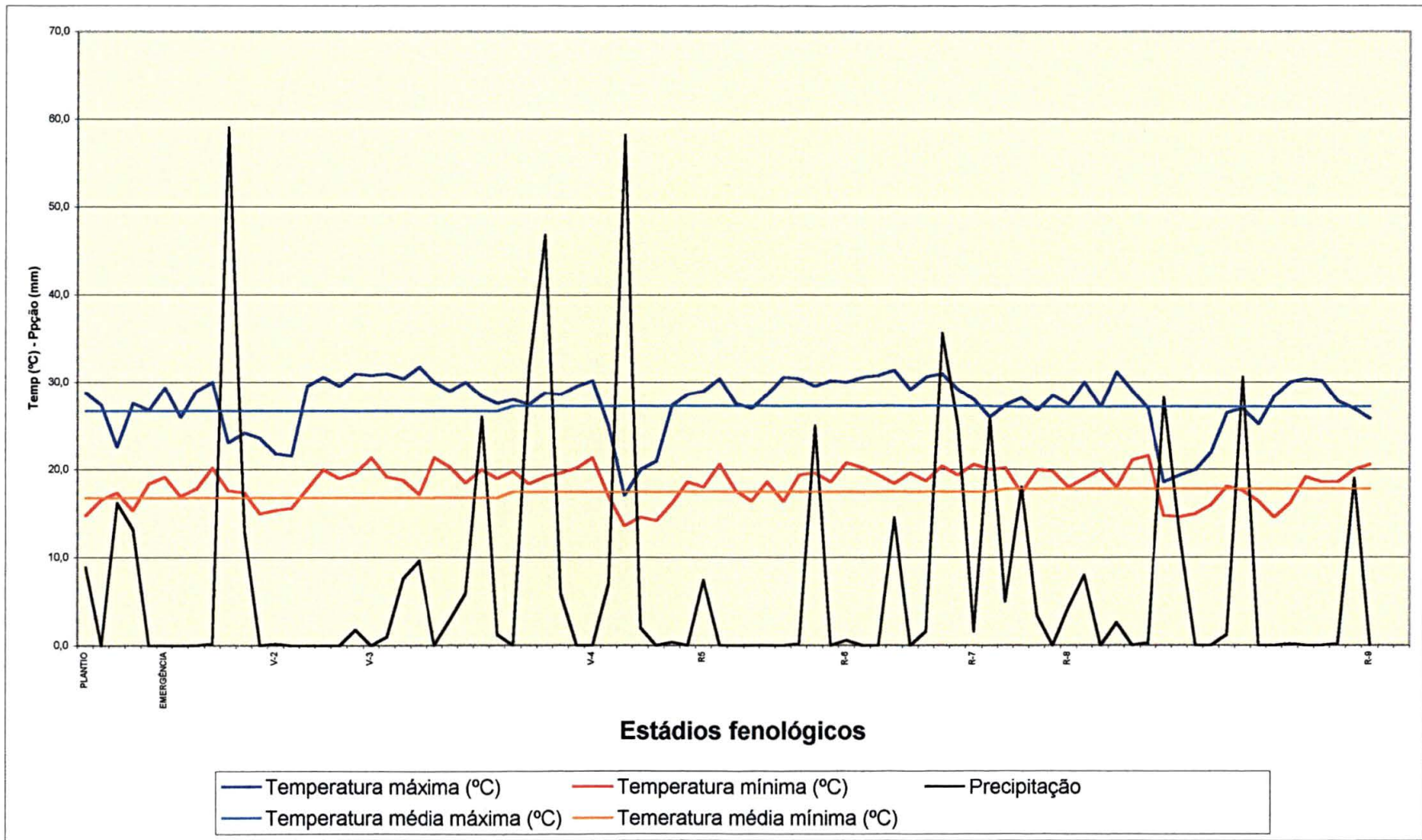


Figura 5 - Temperaturas, máxima e mínima, média de 28 anos e precipitação no período em que se desenvolveu o experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, em Palmeira, PR, 1998.

Tabela 8: Características morfológicas, acúmulo de matéria seca e rendimento de sementes em quatro estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetido a seis doses de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto na palha, Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira em Palmeira, PR, 1998.

Tratamento (kg N.ha ⁻¹)	Estádios							Rendimento (kg.ha ⁻¹)
	R ₅	R ₇		R ₈	R ₉			
	Estatura do caule (cm)	Estatura do caule (cm)	Matéria seca do caule (g)	Estatura do caule (cm)	MS			
				Ramos (g)	Sementes do caule (g)	Sementes da planta (g)		
0	28.6 ab	59.06 c	1.92 b	61.32 b	0.29 b	6.92 b	10.30 b	1.976,0 ab
20	28,0 ab	62.42 bc	2.02 ab	64.16 b	0.41 b	7.29 ab	11.09 ab	1.805,4 b
40	32.5 a	70.14 abc	2.26 ab	66.96 b	0.43 b	8.49 ab	12.33 ab	2.236,0 a
60	31.28 ab	79.72 ab	2.38 ab	74.36 ab	0.58 b	8.69 a	13.24 a	2.092,9 ab
80	26.94 b	82.06 a	2.48 a	73.64 ab	0.40 b	7.72 ab	11.61 ab	2.200,6 a
100	27,27 b	69.66 abc	2.34 ab	84.56 a	0.89 a	7.82 ab	12.17 ab	2.095,2 ab

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade

4.3 RELAÇÃO ENTRE OS EXPERIMENTOS DE PONTA GROSSA E PALMEIRA

Observando-se a Figura 6, que relaciona o rendimento dos Experimentos conduzidos na Fazenda Escola da UEPG, 1996-1997, e Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, verifica-se ao comparar as respostas às doses de nitrogênio, um comportamento antagônico, mais pronunciado até a dose de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, onde a melhor resposta para o experimento conduzido em Ponta Grossa verificou-se na dose de 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio com 2.207 kg.ha⁻¹, enquanto que para o conduzido em Palmeira na dose de 40 kg.ha⁻¹ de nitrogênio com 2.230 kg.ha⁻¹. Em ambos os experimentos, não houve diferença significativa entre a dose que provocou a melhor resposta e o tratamento testemunha, sugerindo que o nitrogênio pre-existente no solo, fixado na matéria orgânica e o fixado na palha das culturas anteriores, supriu as necessidades da planta, comprovando assim a hipótese formulada para tratar o problema, principalmente se comparadas às médias nacional e estadual.

Por regressão matemática, identificou-se que as retas apresentaram melhor correlação estatística entre doses aplicadas e resposta a adubação nitrogenada, onde no experimento conduzido na Fazenda Escola da UEPG em Ponta Grossa, 1997 a equação foi " $Y = 1.577,8 + 6,64 \cdot X$ " e no conduzido na fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira em Palmeira, Pr, foi " $Y = 1.950,7 + 2,34 \cdot X$ ".

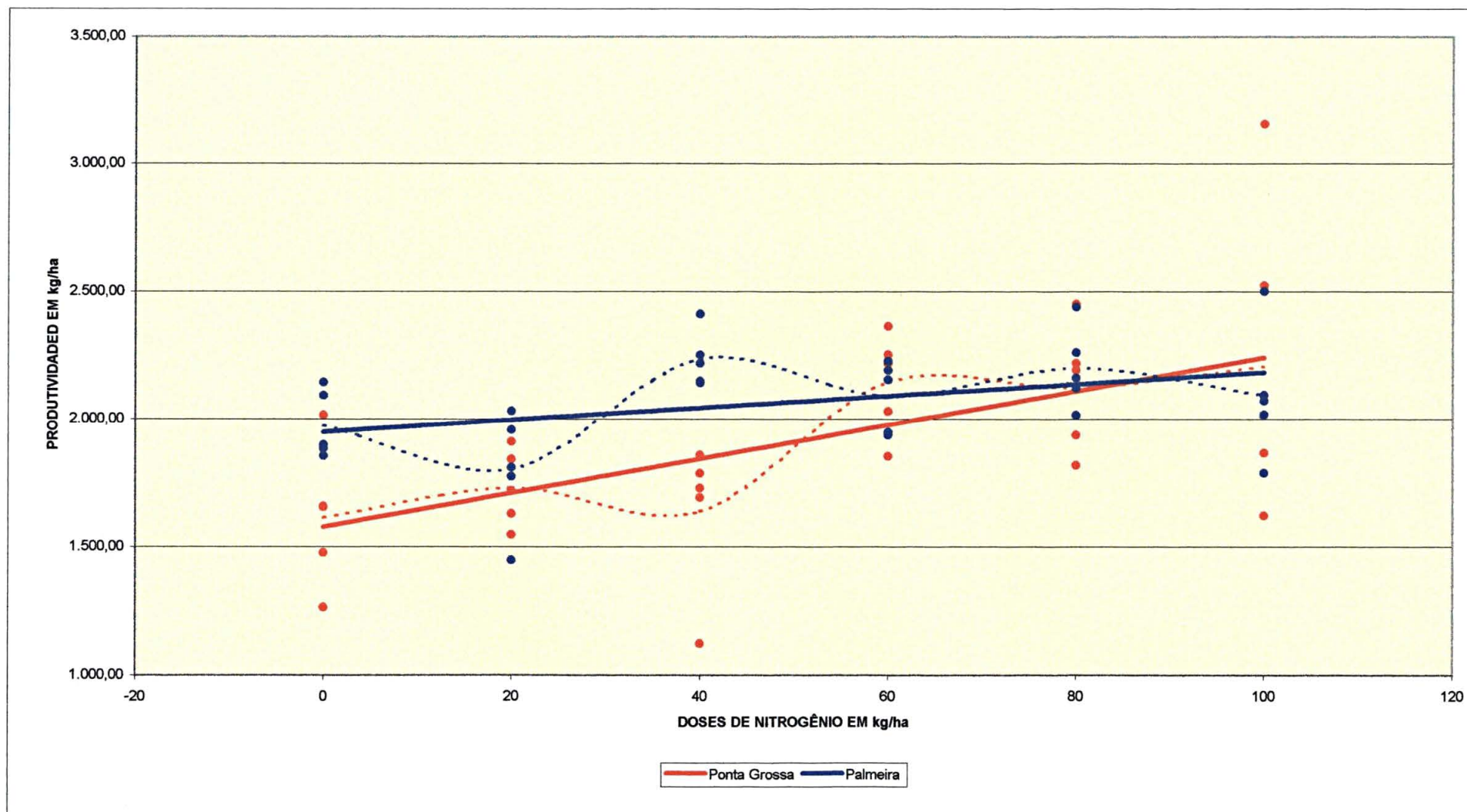


Figura 6 - Rendimento de sementes de feijão obtido por tratamento (dose de nitrogênio em kg N.há⁻¹), Fazenda Escola da UEPG, em Ponta Grossa, PR, 1997 e Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, Palmeira, PR, 1998.

5 CONCLUSÕES

- As respostas às doses de nitrogênio apresentaram um comportamento antagônico entre os experimentos conduzidos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa e Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, de uma forma mais pronunciada até a dose de 40 kg.ha^{-1} de nitrogênio.
- Não houve diferenças significativas entre as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.
- A incorporação da técnica do plantio direto na palha para a cultura do feijoeiro, além de viável, proporciona sensível economia de adubos nitrogenados visto que, o nitrogênio fixado pela matéria orgânica do solo, somado ao fixado na palha, suplementarão as necessidades da planta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALMEIDA, A A; LOPES, N F; OLIVA, M A BARROS, R S. **Doses de nitrogênio e densidades de luz no crescimento do feijoeiro e na conversão da energia solar.** Brasília. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 23(8):849-859, 1988.
- 2 ALMEIDA, A A; LOPES, N F; OLIVA, M A; BARROS, R S. **Efeito do nitrogênio e da luz sobre os teores de carboidratos e nitrogênio em Phaseolus vulgaris.** Brasília. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 23(9):979-985, 1988.
- 3 ALMEIDA, F S. **A alelopatia e as plantas.** Londrina In Circular 53: IAPAR. 60 p, 1988.
- 4 ALMEIDA, L D'A, de; PESSANHA, G G; PENTEADO, A de F. **Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.).** Brasília. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasileira, 8:12-130, 1973.
- 5 AMANE, M I V; VIEIRA, C; CARDOSO, A A; ARAÚJO, G A A. **Resposta de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) às adubações nitrogenada e molibídica.** Viçosa. Revista Ceres, 41(234):202-216, 1994.
- 6 ARAÚJO, R S; RAVA, C A; STONE, L F; ZIMMERMANN, M J O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1-3; 301-343, 1996.
- 7 ARRAYA, V R; VIEIRA, C; TEIXEIRA MONTEIRO, A A; CARDOSO, A A; BRUNE, W. **Adubação nitrogenada na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) na Zona da Mata de Minas Gerais.** Viçosa, Revista Ceres, 28(156): 134-149, 1981.
- 8 BALBINO, L C; MOREIRA, J A A; SILVA, J G; OLIVEIRA, E F; OLIVEIRA, I P. **Plantio direto** In ZIMMERMANN, M J O. - Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1-3; 301-352, 1996.
- 9 BALDISSERA, I T; SCHERER, E E. **Correção da acidez do solo e adubação da cultura do feijão.** In: A cultura do feijão em Santa Catarina. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina - EPAGRI, 115-136, 1992.

- 10 BALOTA, E L. **Alterações microbiológicas em solo cultivado sob o plantio direto.** in PEIXOTO, R T G; AHRENS, D C; SAMAHA, M J. **Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável.** Ponta Grossa: IAPAR 222-231, 1997.
- 11 BERGER, P G; VIEIRA, C; CHAGAS, J M; BRAGA, J M; CARDOSO, A A. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a adubação nitrogenada e fosfatada.** Viçosa, Revista Ceres, 30(169):211-223, 1983.
- 12 BOLSANELLO, J; VIEIRA, C; SEDIYAMA, C S; VIEIRA, H A. **Ensaio de adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona Metalúrgica, Minas Gerais.** Viçosa, Revista Ceres, 22(124):423-430. 1975.
- 13 BRAGA, J M; DEFELIPO, B V; VIEIRA, C; FONTES, L A N. **Vinte ensaios de adubação NPK da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais.** Viçosa, Revista Ceres, 20(11):30-380. 1973.
- 14 CARDOSO, A A; FONTES, L A N; VIEIRA, C. **Efeito de fontes e doses de adubo nitrogenado sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa, Revista Ceres, 25(139):292-295, 1978.
- 15 CERETTA, C A. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia – milho.** III Conferência Anual de Plantio Direto – Resumos e Palestras
- 16 CHAGAS, J M; KLUTHCOUSKI, J; AQUINO, A R L. **Leucena leucocephala como adubo verde para cultura do feijão em cerrado.** Brasília, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 16:809-814, 1981.
- 17 CHAGAS, J M; PEREIRA FILHO, I A; VIEIRA C. **Efeitos da leucena e da adubação NPK sobre a cultura do feijão no cerrado.** Viçosa, Revista Ceres, 30(172):481-485, 1983.
- 18 CHAGAS, J M; VIEIRA, C. **Efeitos de intervalos de plantio e de níveis de adubação sobre o rendimento e seus componentes, em algumas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa, Revista Ceres, 22(122):244-263, 1975.
- 19 DAROLT, M R. **Manejo do Sistema Plantio Direto na Pequena Propriedade** in PEIXOTO, R G; AHRENS, D C; SAMAHA, M J. **Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável.** Ponta Grossa: IAPAR, 72-83, 1997.
- 20 FEITOSA, C T; RONZELLI JR, P; ALMEIDA, L R'A; VEIGA, A A; HIROCE, R; JORGE, J P N. **Adubação NP para o Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário.** Campinas: Revista Brasileira da Ciência do solo, V 4 n° 3, 156-159, 1980.

- 21 FERNANDES, F; GEPTS, P; LOPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común**. Cali - Colombia. Centro Internacional de agricultura tropical 26p, 1982.
- 22 FORNASIERI FILHO, D; BELLINDIERI, P A; VITTI, G C; MALHEIROS, E B; HORIZANTE, E C. **Efeitos da inoculação com Rhizobium phaseoli de fertilizantes as sementes e nitrogênio mineral na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) Carioca das "águas"**. São Paulo, Científica, 16(2):229-238, 1988.
- 23 FORNASIERI FILHO, D; VITTI, G C; MALHEIROS, E B; DECARO, S; LÁM-SANCHES, A. **Efeito da inoculação associada a aplicação de micronutrientes e nitrogênio mineral na cultura do feijoeiro cv. Carioca 80**. São Paulo, Científica, 16(2):197-207, 1988.
- 24 FRONZA, V; VIEIRA, C; CARDOSO, A A; CRUZ, C D. **Resposta de cultivares eretos de feijão (Phaseolus vulgaris L.) a espaçamentos entre linhas e níveis de adubação**. Viçosa, Revista Ceres 4(235):317-326, 1994.
- 25 FRONZA, V; VIEIRA, C; CARDOSO, A A; CRUZ, C D; PEREIRA, P R G. **Resposta de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) de porte ereto ao efeito de espaçamentos entre linhas e níveis de adubação mineral**. Viçosa, Revista Ceres 41(237):567-583, 1994.
- 26 GODOI, H; CORRÊA, A R. **Cartas Climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1978.
- 27 GRASSEM, D N; GRASSEM, F R. **Plantio direto – o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 207 p., 1996.
- 28 GUEDES, G A A; JUNQUEIRA NETO, A. **Calagem e adubação, as necessidades nutricionais do feijoeiro**. Informe Agropecuário, 4(26):21-23, 1978.
- 29 LLANILLO, R; GUERREIRO, E. - **Panorama da Produção Paranaense de Feijão**. In O Feijão no Paraná - Londrina Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 9-23, 1989.
- 30 MACHADO, J R; ROSOLEM, C A; NAKAGAWA, J N. **Adubação foliar e épocas de aplicação do adubo nitrogenado**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (1982: Goiânia). Anais. Goiânia: EMBRAPA, 196-198, 1982.
- 31 MAFRA, R C; PORTELA, M C L S; PEREIRA, J T. **Manejo da adubação nitrogenada, fontes, épocas de aplicação e sistema de parcelamento na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO (1982: Goiânia). Anais. Goiânia; EMBRAPA, 177-178, 1982.

- 32 MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- 33 MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo, Agronômica Ceres, 528p, 1976.
- 34 MALAVOLTA, E. **Nutrição e Adubação**. In **Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão**. Viçosa: UFV, 211-242, 1972.
- 35 MALAVOLTA, E; VITTI, G C; OLIVEIRA, S A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1989.
- 36 MEDINA, J C. **Aspectos gerais - o feijão no Brasil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO (1972: Campinas). Anais. Campinas: UFV, Imprensa Universitária, 1-106, 1972.
- 37 MENGUEL, K; KIRBY, E A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987.
- 38 MORAES, J F V. **Calagem e adubação**. In: ZIMMERMANN, M J O. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 261-301, 1988.
- 39 NEPTUNE, A M L; MURAOKA, T. **Aplicação de uréia 15N em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) cultivar Carioca**. Campinas, Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2(1) 51-55, 1978.
- 40 OADES, J M. **Soil organic and structural stability: mechanisms and implications of management**. Netherlands. Plant and soil, 76:319-337. 1984.
- 41 OLIVEIRA, I P; ARAÚJO, R S; DUTRA, L G. **Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio** In ZIMMERMANN, M J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1-3; 169-221, 1996.
- 42 OLIVEIRA, I P de; DANTAS, J P. **Sintomas de deficiências nutricionais e recomendações de adubação para o caupi**. Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, (EMBRAPA - CNPAF. DOCUMENTOS, 8), 23 p, 1984.
- 43 OLIVEIRA, I P; THUNG, M D T. **Nutrição mineral**. In: ZIMMERMANN, M J O. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 175-212, 1988.
- 44 OLMOS, I L J; CARDOSO, A; CARVALHO, A P; HOCHMÜLER, D P; FASOLO, P J; RAÜEN, M J. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina, EMBRAPA/SNLCS/SUDESUL/IAPAR, (Boletim Técnico, 57), 412 p. 1984.

- 45 PARRA, M S. **Nutrição e adubação**. In: Instituto Agrônomo do Paraná. Londrina: IAPAR: 79-100, 1989.
- 46 PARRA, M S; HOEPFNER, M A VOSS, M. **Adubação do feijoeiro no Estado do Paraná**. Londrina, IAPAR.
- 47 PEIXOTO, R TG. **Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema Plantio Direto** in PEIXOTO, R T G; AHRENS, D C; SAMAHA, M J. Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR, 196-205, 1997.
- 48 PEREIRA, E B; CARDOSO, A A; VIEIRA, C; LOURES, E G. **Efeitos do composto orgânico sobre a cultura do feijão**. Viçosa, Revista Ceres 35(198):182-198, 1988.
- 49 PONS, A L; GOEPFERT, C F; OLIVEIRA, F C. **Efeito da adubação nitrogenada em feijoeiro**. II. Solo Vila. Agronomia Sulriograndense. Porto Alegre, 12(2):201-206, 1976.
- 50 RAIJ, B, van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991.
- 51 REIS, M S; GOEPFERT, C F; OLIVEIRA, F C. **Efeito de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. Viçosa, Revista Ceres, 19(101):25-42, 1972.
- 52 RIBEIRO, M F S. **Aspectos de seleção e manejo de semeadoras – adubadoras de plantio direto a tração animal**. in PEIXOTO, R T G; AHRENS, D C; SAMAHA, M J. Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR, 252-256, 1997.
- 53 ROMEIRO, A D. **Agricultura sustentável e tecnologia** in PEIXOTO, R T G; AHRENS, D C; SAMAHA, M J. Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR, 2-8, 1997.
- 54 ROSOELM, C A. **Calagem a adubação mineral** In: ZIMMERMANN, M J O. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 261-301, 1988.
- 55 SALET, R L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, UFRS, 110 p., 1994.
- 56 SANTA-CECÍLIA, F C; RAMALHO, M A P; SILVA, C C. **Efeitos da adubação NPK na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) na Zona Sul de Minas Gerais**. Lavras, Agros, 4(2):3-10, 1974.

- 57 SILVA, A J; LIMA JÚNIOR, M A; FERRERIA, N C M; FRAGA, V S. **Perdas de amônia por volatilização provenientes da uréia aplicada a solos dos trópicos úmidos.** Campinas. Revista Brasileira da Ciência do Solo, 19:141-144, 1995.
- 58 SILVA, M I; DARINA, T; KAMINSKI, J; XAVIER, I M. **Efeitos de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de feijão (Phaseolus vulgaris L.).** Santa Maria, Revista do Centro de Ciências Rurais, 7(4):395-401, 1977.
- 59 TOMÉ JR, J B. **Manual para interpretação de Análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 247p, 1997
- 60 URBEN FILHO, G; CARDOSO, A A; VIEIRA, C; FONTES, L A N; THIÉBAUT, J T L. **Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.).** Viçosa, Revista Ceres, 27(151):302-312, 1980.
- 61 VIEIRA, C. **O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento.** Viçosa: UFV - Imprensa Universitária, 1978.
- 62 VIEIRA, C; GOMES, F R. **Ensaio de adubação química do feijoeiro.** Viçosa. Revista Ceres, 11(65):253-264. 1961.
- 63 VIEIRA, J C; HEMP, S. **Taxonomia e morfologia do Feijoeiro.** In: **A cultura do feijão em Santa Catarina.** Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina - EPAGRI, 37-51, 1992.
- 64 YOKOYAMA, L P; BANNO, K; KLUTHCOUSKI, J. **Aspectos socioeconômicos da cultura.** In ZIMMERMANN, M J O. - **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1-21, 1996.

ANEXOS

Anexo 1 – Análise de variância dos dados referentes a Matéria Seca das plantas medidas nos estádios V₃, V₄, R₆ e R₇ do experimento conduzido na Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, 1997

Causa da variação	G.L.	Quadrados médios				
		V ₂	V ₃	V ₄	R ₆	R ₇
Tratamento	5	0,07 ^{NS}	2,42 ^{NS}	2,75 ^{NS}	651,28 ^{**}	1.065,33 ^{NS}
Bloco	4	0,02	0,87	2,42	55,16	970,73
Erro	20	0,02	1,22	2,24	111,57	1.565,85
Coefficiente de variação (%)		20,40	53,66	20,50	23,22	728,76
χ^2		2,23	4,61	9,21	5,94	11,01

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 2 – Análise da variância dos dados referentes Matéria seca das plantas medidas no estádio R₉ do experimento conduzido na Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, 1997

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio								
		Planta			Vagens			Sementes		
		caule	ramo	total	Caule	ramo	total	caule	ramo	total
Tratamento	5	0,51 ^{**}	1,20 ^{NS}	2,97 ^{**}	0,27 ^{NS}	0,89 ^{NS}	1,84 ^{NS}	2,27 ^{NS}	-	50,38 ^{NS}
Bloco	4	0,07	0,30	0,43	0,01	0,39	0,36	0,39	-	11,85
Erro	20	0,08	0,41	0,58	0,21	1,22	1,65	2,29	-	23,74
Coefficiente de variação (%)		14,90	27,00	17,70	24,00	32,10	24,10	29,00	-	34,60
χ^2		2,02	3,50	3,65	8,66	8,42	2,89	6,14	23,83	9,01

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 3 – Análise da variância dos dados referentes Características Morfológicas, Matéria seca das plantas medidas no estádio R₉ do experimento conduzido na Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, 1997

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio							
		Estatura	Nº ramos	Nº de Vagens			Nº de Sementes		
				Caule	Ramos	planta	Caule	ramos	Planta
Tratamento	5	0,025 ^{NS}	0,77 ^{**}	7,28 ^{**}	27,99 ^{NS}	60,99 ^{**}	158,62 ^{**}	612,47 ^{NS}	1.253,25 [*]
Bloco	4	0,028	0,76	3,97	8,06	16,02	6,97	189,82	176,55
Erro	20	0,028	0,17	1,12	13,19	14,19	34,75	320,22	404,22
Coeficiente de variação (%)		4,00	11,40	14,50	26,00	17,70	16,70	31,10	21,70
χ^2		2,00	4,18	4,09	7,39	1,67	4,83	2,78	1,65

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 4 – Análise da variância dos componentes de rendimento e rendimento das parcelas das plantas, medidas no Estádio R₉ do experimento conduzido na Fazenda Experimental da UEPG, Ponta Grossa, 1997

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio			
		Número de vagens/planta	Número de sementes/vagem	Peso de 100 sementes	Rendimento
Tratamento	5	60,991 [*]	0,133 ^{NS}	23,420 ^{NS}	0,174 ^{NS}
Bloco	4	16,020	0,234	13,592	0,029
Erro	20	14,189	0,373	13,074	0,056
Coeficiente de variação (%)		17,70	13,93	23,12	18,42
χ^2		1,67	2,36	9,91	9,77

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 5 – Análise da variância para matéria das plantas medidas no estágio V₂ e V₃ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio							
		V ₂				V ₃			
		caule	Pecíolo	Folhas	Total	caule	pecíolo	Folhas	Total
Tratamento	5	0,001 ^{NS}	-	0,003 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,000 ^{NS}	0,000 ^{NS}	0,000 ^{NS}	0,006 ^{NS}
Bloco	4	0,001	-	0,004	0,007	0,001	0,000	0,008	0,009
Erro	20	0,001	-	0,003	0,006	0,000	0,000	0,005	0,005
Coefficiente de variação (%)		38,70	-	34,20	29,63	14,90	19,20	21,40	17,48
χ^2		4,15	36,67	10,31	2,21	2,16	1,62	10,63	12,06

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 6 – Análise da variância para matéria seca das plantas medidas no estágio V₄ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio				
		Caule	Ramos	pecíolo	Folhas	Total
Tratamento	5	0,003 ^{NS}	0,000 ^{NS}	0,009 ^{NS}	0,245 ^{NS}	0,208 ^{NS}
Bloco	4	0,007	0,000	0,004	0,082	0,140
Erro	20	0,004	0,000	0,005	0,112	0,159
Coefficiente de variação (%)		17,10	41,40	30,90	22,30	18,68
χ^2		6,93	8,87	4,72	8,30	11,83

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 7 – Análise da variância para a estatura e matéria seca das plantas medidas no estágio R₅ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio						
		Estatura		Matéria seca				
		Caule	Ramos	caule	ramos	Pecíolo	Folhas	Flores
Tratamento	5	26,016**	18,629 ^{NS}	0,020 ^{NS}	0,002**	0,011 ^{NS}	0,088 ^{NS}	0,000 ^{NS}
Bloco	4	12,116	15,345	0,020	0,000	0,016	0,203	0,000
Erro	20	6,273	15,406	0,011	0,001	0,010	0,101	0,000
Coefficiente de variação (%)		8,60	28,50	14,10	22,32	20,70	12,80	21,70
χ^2		11,08	4,26	10,89	10,59	2,28	9,23	3,62

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 8 – Análise da variância para a estatura, número de vagens e matéria seca das plantas medidas no estágio R₆ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio								
		Estatura		Nº de vagens	Matéria seca					
		Caule	ramos		Caule	Ramos	pecíolos	folhas	Flores	vagens
Tratamento	5	194,377 ^{NS}	186,547 ^{NS}	1,071 ^{NS}	0,067 ^{NS}	0,028 ^{NS}	0,067 ^{NS}	0,395 ^{NS}	0,001 ^{NS}	0,002 ^{NS}
Bloco	4	44,931	156,336	4,586	0,019	0,008	0,236	0,308	0,001	0,005
Erro	20	107,494	131,704	1,320	0,045	0,004	0,068	0,197	0,002	0,001
Coefficiente de variação (%)		17,50	20,90	19,80	12,70	18,10	22,70	12,10	20,90	21,10
χ^2		7,16	9,96	8,50	3,01	8,78	9,79	6,27	4,06	8,50

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 9 – Análise da variância para a estatura, número de vagens e matéria seca das plantas medidas no estádio R₇ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio								
		Estatura		Nº de vagens	Matéria seca					
		caule	ramos		Caule	ramos	pecíolos	folhas	Flores	Vagens
Tratamento	5	415,637**	124,237 ^{NS}	15,064 ^{NS}	0,233*	0,019 ^{NS}	0,028 ^{NS}	1,267 ^{NS}	0,000 ^{NS}	0,167 ^{NS}
Bloco	4	44,129	384,326	6,536	0,044	0,030	0,076	0,046	0,000	0,266
Erro	20	64,870	276,058	9,760	0,069	0,011	0,052	0,517	0,000	0,107
Coeficiente de variação (%)		11,40	25,60	20,10	11,80	21,20	16,50	21,80	21,90	17,70
χ^2		10,70	0,50	2,30	8,60	2,40	7,10	3,10	3,40	9,80

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 10 – Análise da variância para a estatura, número de vagens e matéria seca das plantas medidas no estádio R₈ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio								
		Estatura		Nº de vagens	Matéria seca					
		caule	ramos		Caule	ramos	pecíolos	folhas	Flores	Vagens
Tratamento	5	358,776**	63,473 ^{NS}	2,770 ^{NS}	0,761 ^{NS}	0,012 ^{NS}	0,095 ^{NS}	0,114 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,324 ^{NS}
Bloco	4	124,936	24,181	5,309	0,705	0,031	0,075	0,205	0,019	0,315
Erro	20	74,010	59,794	11,486	0,171	0,013	0,099	0,502	0,018	0,480
Coeficiente de variação (%)		12,20	23,90	23,30	21,80	31,20	23,90	24,30	75,50	15,11
χ^2		8,80	0,90	2,80	4,60	5,50	9,40	4,40	8,40	3,50

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 11 – Análise da variância para a matéria seca das plantas medidas no estádio R₉ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio								
		Planta			Vagens			Sementes		
		caule	ramo	pecíolo	Caule	ramos	total	caule	Ramos	total
Tratamento	5	0,054 ^{NS}	0,226 ^{**}	0,002 ^{NS}	0,143 ^{NS}	0,239 ^{NS}	0,480 ^{NS}	2,303 ^{**}	0,891 ^{NS}	5,296 [*]
Bloco	4	0,067	0,029	0,002	0,043	0,200	0,226	0,419	2,130	4,153
Erro	20	0,053	0,015	0,002	0,130	0,097	0,220	0,747	0,883	1,765
Coefficiente de variação (%)		10,20	24,50	38,40	19,40	36,60	17,30	11,10	23,70	11,30
χ^2		5,40	9,00	4,20	6,40	6,80	0,90	0,90	6,50	7,60

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 12 – Análise da variância para as características morfológicas das plantas medidas no estádio R₉ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Quadrado médio								
		estatura		Número médio de vagens			Número médio de sementes			
		caule	ramos	caule	ramos	total	caule	Ramos	Total	
Tratamento	5	73,989 ^{NS}	376,380 ^{NS}	0,528 ^{NS}	1,177 ^{NS}	2,212 ^{NS}	30,629 ^{NS}	40,565 ^{NS}	100,871 ^{NS}	
Bloco	4	50,858	273,510	0,356	1,047	3,654	7,763	25,693	96,887	
Erro	20	61,943	130,028	0,627	0,789	1,775	17,615	17,585	43,768	
Coefficiente de variação (%)		11,60	23,40	10,90	22,20	11,80	10,00	20,70	10,60	
χ^2		5,80	7,00	4,50	5,50	4,90	2,10	3,40	7,90	

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade

Anexo 13 – Análise da variância para os componentes de rendimento das plantas medidas no estádio R₅ do experimento conduzido na Fazenda do Colégio Agrícola de Palmeira, 1998.

Causa da variação	G.L.	Número de vagens	Número de sementes/vagem	Massa de 100 sementes	Rendimento
Tratamento	5	2,212 ^{NS}	0,142 ^{NS}	2,055 ^{NS}	28.712,611*
Bloco	4	3,654	0,163	0,373	1.421,439
Erro	20	1,775	0,118	2,237	8.532,011
Coefficiente de variação (%)		11,80	6,20	6,40	9,30
χ^2		4,90	4,50	3,40	4,00

NS = F não significativo; * = F significativo a 5% de probabilidade; ** = F significativo a 1% de probabilidade