

VARIABILIDADE E CONTROLE GENÉTICO DA NODULAÇÃO POR BACTÉRIAS DO GÊNERO
Rhizobium EM FEIJÃO-DE-CORDA, *Vigna sinensis* (L.) Savi.

POR

PAULO DIÓGENES BARRETO

Dissertação apresentada ao Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a Obtenção do Grau de "Mestre em Fitotecnia".

Fortaleza - Ceará

MARÇO/1978

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Esta dissertação faz parte dos requisitos exigidos pelo Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, para a obtenção do Grau de "Mestre em Fitotecnia".

Reprodução parcial permitida exclusivamente com referência da fonte e do autor.

PAULO DIÓGENES BARRETO

APROVADA em 07 de março de 1978.

Prof. RAIMUNDO DE PONTES NUNES, PhD

- Orientador -

Prof. JOSÉ ILO PONTE DE VASCONCELOS, Enghº Agrº

Prof. JOSÉ FERREIRA ALVES, MS

Prof. JOSÉ BRAGA PAIVA, Enghº Agrº

A meu pai JAIRO, como homenagem
póstuma

À minha esposa DECELE

Ao meu filho JAIRO NETO

Às minhas irmãs MARIA DO CARMO
e FÁTIMA

À minha mãe MARIA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela oportunidade e auxílio financeiro, que nos concederam, para a realização do Curso de Pós-Graduação.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFC, na pessoa do Professor CLAIRTON MARTINS DO CARMO, pela confiança depositada, pelo apoio e atenção.

Ao Professor RAIMUNDO DE PONTES NUNES, pela orientação no planejamento, investigação, análises, correção dos originais e pelo fornecimento dos materiais genéticos que possibilitaram a realização do presente trabalho.

Ao Professor JOSÉ BRAGA PAIVA, pela amizade e pelas informações que apoiaram a realização desta pesquisa.

Aos Professores JOSÉ ILO PONTE DE VASCONCELOS e JOSÉ FERREIRA ALVES, pelas valiosas sugestões que nos deram durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos Colegas do Curso de Mestrado em Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da U.F.C., pela amizade e incentivo.

Aos Professores que tornaram possível a existência deste Curso, pelo bom desempenho e incansável assistência durante todo o período letivo.

A todos aqueles que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

C O N T E Ú D O

	<u>PÁGINA</u>
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
MATERIAL E MÉTODOS	11
Material	11
Métodos	12
Procedimento Experimental	12
Análise Estatística	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
Peso dos Nódulos	20
Caracterização de Grupos de Genótipos com Base no Desenvol- vimento do Peso Nodular	23
Massa Verde	28
Número de Nódulos	32
Porcentagem de Nódulos Eficientes	35
Correlações entre Caracteres	38
RESUMO E CONCLUSÕES	57
LITERATURA CITADA	59

LISTA DE TABELAS

<u>TABELA</u>		<u>PÁGINA</u>
1	Tabela de Múltipla Entrada para Registro de Dados Relativos às Diversas Características Estudadas ..	16
2	Análise da Variância e Esperança dos Quadrados Médios	18
3	Análise da Variância para $\sqrt{X + 0,5}$, X = Peso dos Nódulos (mg)	21
4	Análise da Variância para Peso da Massa Verde (g).	29
5	Análise da Variância para $\sqrt{X + 0,5}$, X = Número de Nódulos por Planta	33
6	Análise da Variância para $\sqrt{X + 1}$, X = % de Nódulos Eficientes	36
7	Relação entre o Padrão de Desenvolvimento Nodular e outras Características em Feijão-de-Corda	39
8	Coefficientes de Correlação entre as Variáveis Estudadas do Cultivar Seridó	53
9	Coefficientes de Correlação entre as Variáveis Estudadas do Cultivar Pitiuba	54
10	Correlações entre as Variáveis Estudadas, dentro de Grupos do Cultivar Seridó	55
11	Correlações entre as Variáveis Estudadas, dentro de Grupos do Cultivar Pitiuba	56

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PÁGINA</u>
1	Evolução do peso médio de nódulos por planta para os cultivares Seridó e Pitiuba em quatro estágios do desenvolvimento da planta	22
2	Grupos de genótipos do cultivar Seridó, caracterizados com base no desenvolvimento do peso nodular.	24
3	Grupos de genótipos do cultivar Pitiuba, caracterizados com base no desenvolvimento do peso nodular.	25
4	Evolução da massa verde dos cultivares Seridó e Pitiuba	30
5	Comportamento dos cultivares Seridó e Pitiuba em relação ao número médio de nódulos por planta, no decorrer dos 56 primeiros dias do desenvolvimento da planta	34
6	Comportamento dos cultivares Seridó e Pitiuba em relação à percentagem de nódulos eficientes no intervalo de 14 a 56 dias de idade da planta	37

INTRODUÇÃO

Tem sido ressaltada, por alguns autores e por vários motivos, a importância do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, para o nordeste brasileiro. No Estado do Ceará o feijão-de-corda é tido como uma das principais culturas, contribuindo com 12% da renda bruta do Estado, cujo consumo per capita é estimado em 30 kg na zona urbana e 40 kg na zona rural, (ETENE/BNB, 1969). Tais dados confirmam o destacado papel desta leguminosa, tanto pelo aspecto econômico como pelo alimentar, representando um dos componentes básicos na dieta da população, sobretudo para as classes de poder aquisitivo inferior. Além disso, constitui-se numa fonte de proteínas das mais baratas e de boa qualidade.

Uma análise da composição química de cultivares pertencentes à coleção do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará revelou um percentual médio de proteínas, para as cultivares Pitiuba e Seridó, da ordem de 23,44 e 22,26%, respectivamente. Estes valores situam-se em torno de uma média entre cultivares, cujo limite inferior é de 17,5% e o superior 29,26%. Por outro lado, em valor nutritivo é superior ao feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, apresentando maior digestibilidade e maior percentagem de cistina, triptofano e metionina. A espécie revela-se também rica em sais minerais, apresentando valores médios de 97 mg Ca/100g, 5 mg Fe/100g e 1.006 mg P/100g, (PAIVA, BARRETO e SOBRAL, 1975).

Empiricamente cultivado e afetado pelas irregularidades climáticas regionais, o feijão-de-corda apresenta baixo rendimento cultural, (383 kg/ha em média). Lavouras tecnicamente orientadas podem atingir índices de produtividade superiores a 2.400 kg/ha, (PAIVA, BARRETO e SOBRAL, 1975).

Entre os fatores responsáveis pelo baixo rendimento agrícola da cultura no Estado do Ceará está, sem dúvida, a pobreza do solo, principalmente no que respeita fósforo.

Quanto ao nitrogênio, existe abundantemente na atmosfera (cerca de 79% do total de gases) na forma molecular (N_2). Entretanto, nessa forma é relativamente inerte, não podendo ser utilizado pelas plantas superiores, as quais são capazes de assimilar somente formas fixadas de nitrogênio, como nitrato e íons amônio, (FRITZ e NOGGLE, 1975).

A fixação de nitrogênio atmosférico pode ocorrer por processos industriais ou naturais. Estima-se em 125 milhões de toneladas a quantidade de nitrogênio fixado anualmente no mundo por ambos os processos. Deste total, aproximadamente 72% é resultante da ação de certos microorganismos, os quais podem ser assimióticos ou simbióticos de determinadas espécies de plantas. Segundo (FRITZ e NOGGLE, 1975), são conhecidas atualmente cerca de dez mil espécies de plantas superiores hospedeiras de microorganismos que fixam nitrogênio.

Do ponto de vista agrônomo, o mais importante dos sistemas simbióticos é o que inclui espécies da família das leguminosas. Exemplos clássicos de leguminosas que se desenvolvem em simbiose são o amendoim, soja, fava, trevo, alfafa, ervilha e feijão-de-corda.

Sabe-se, por outro lado, que indivíduos de uma mesma espécie ou mesmo variedade podem exibir diferentes capacidades de nodulação e fixação de nitrogênio. A presente investigação teve por objetivo estudar a possibilidade de obtenção de genótipos mais eficientes na fixação simbiótica de nitrogênio, através da seleção, visando desenvolver variedades comerciais capazes de substituir, as variedades atualmente cultivadas.

REVISÃO DE LITERATURA

Grande parte dos trabalhos publicados sobre a fixação de nitrogênio em leguminosas dizem respeito à influência de fatores ambientais sobre a nodulação. Fatores hereditários do *Rhizobium*, influenciando na simbiose, são também razoavelmente conhecidos. Todavia, a respeito do controle genético da planta hospedeira sobre a fixação simbiótica de nitrogênio, não se conhece muito.

Supõe-se que, em condições ideais de fixação, a planta obtenhá aproximadamente 1/3 do N do solo e 2/3 do ar, podendo-se considerar razoável para muitas leguminosas, uma fixação de cerca de 55 kg por hectare (CARVALHO, 1946), equivalente à aplicação de aproximadamente 900 kg/ha de salitre do Chile.

CARVALHO, 1946, admite que a espécie de leguminosa cultivada, a maior ou menor eficiência da linhagem da bactéria inoculada, umidade, temperatura, reação do solo, teor em nitrato e sais de amônio, quantidades adequadas de Ca e P existentes no solo, etc, são fatores que influem decisivamente na quantidade de nitrogênio fixada.

A aplicação de sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de potássio reduz a massa nodular, não sendo este efeito observado com a uréia (RUSCHEL e RUSCHEL, 1975a). Ainda com base na mesma pesquisa, referidos autores afirmam que o número de nódulos diminuiu com a adição de nitrogênio ao solo, porém, não foi observada inibição da atividade da nitrogenase. A inoculação mostrou-se efetiva no sentido de aumentar o nitrogênio total e percentual da parte aérea da planta em todos os tratamentos estudados. Foi observado também um efeito aditivo da inoculação e da adubação nitrogenada no aumento do nitrogênio total da planta.

RUSCHEL e REUSZER (1973a), estudando o desenvolvimento da nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em variedades de soja, em diferentes estádios do desenvolvimento da planta, concluíram que as variações encontradas nas correlações entre o peso dos nódulos por planta e o etileno produzido pelo nódulo, sendo negativa em plantas jovens e positiva em plantas mais velhas, indicam que a fixação de nitrogênio é função do desenvolvimento da planta.

Em *Phaseolus vulgaris*, correlação positiva foi encontrada entre o acetileno reduzido e o teor de nitrogênio (total e percentual) da parte aérea, porém, não foi observada nenhuma correlação entre o acetileno produzido pelos nódulos e o peso seco das plantas (RUSCHEL e REUSZER, 1973b).

RUSCHEL e EIRA (1969) demonstraram que o revestimento de sementes de soja com molibidênio, mais a adição de cálcio ao solo, influenciou positivamente na fixação de nitrogênio.

A fixação simbiótica do nitrogênio poderá ser avaliada no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) através do peso seco das plantas com 65 dias de idade, ou, utilizando-se o teor de nitrogênio total da parte aérea, em plantas com 50 dias, (RUSCHEL e RUSCHEL, 1975a).

Em estudo sobre a inoculação cruzada de algumas leguminosas florestais, CAMPÊLO e DOBEREINER (1969) observaram alta especificidade hospedeira em algumas espécies como sabiã (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), o mesmo não ocorrendo em muitas outras espécies do grupo "cowpea".

RUSCHEL et al. (1974) sugerem uma sinergia entre a absorção do nitrogênio do solo e a fixação do nitrogênio atmosférico em soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

O revestimento de sementes de soja com boro, molibidênio ou zinco, em geral aumenta a nodulação e fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, sendo o molibidênio de efeito mais significativo, (RUSCHEL, BRITTO e CARVALHO, 1969).

Estudando a interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L., FRANCO e DOBEREINER (1968) concluíram que diferenças fisiológicas entre variedades, relacionadas com a nutrição de cálcio e nitrogênio, foram causas das diferenças hereditárias na nodulação.

Em *Glycine javanica* L., temperaturas máximas diurnas do solo entre 34 e 42°C prejudicaram sensivelmente o peso dos nódulos, o nitrogênio fixado e, conseqüentemente, a produção de forragem e o seu teor de proteína, quando comparadas com máximas diurnas entre 29 e 32°C (SOUTO e DOBEREINER, 1968).

ALMEIDA, PESSANHA e PENTEADO (1973) verificaram que o peso dos nódulos foi aumentado pela aplicação de fósforo e calcário, no entanto, não foi significativa a correlação entre nodulação e produção no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

Estudando a especificidade hospedeira na simbiose *Rhizobium*-Feijão e influência de diferentes nutrientes, FRANCO e DOBEREINER (1967) comprovaram existir um comportamento diferente na fixação de nitrogênio das estirpes quando em simbiose em diferentes variedades, e ainda, que o potássio e o magnésio foram prejudiciais, enquanto cálcio e molibidênio foram indispensáveis para um perfeito processamento da simbiose. O adubo nitrogenado, entretanto, agiu diferencialmente na simbiose das variedades, inibindo a nodulação da variedade "Rico 23" e não das outras.

Segundo PESSANHA et al. (1972) em solos onde o nitrogênio não é fator limitante há uma correlação negativa entre nodulação e produção de feijão, *Phaseolus vulgaris* L.

Em pesquisa conduzida por GUSS e DOBEREINER (1972) a aplicação de 23 ppm de nitrogênio no plantio ou 20 dias após, em vasos com areia, evitou a fase crítica de deficiência de nitrogênio, aumentando o número e peso dos nódulos e o desenvolvimento das plantas. No solo, esta dosagem de nitrogênio não afetou a nodulação nem o peso das plantas. A dosagem dupla, 46 ppm, aumentou o desenvolvimento das plantas, principalmente nos tratamentos "quentes". Nos vasos "frios" algumas estirpes fixaram nitrogênio equivalente a adubação mineral com 46 ppm. Temperaturas máximas diurnas acima de 32°C prejudicaram seriamente a eficiência nodular, o que foi compensado, por algumas estirpes, pelo aumento do número e peso dos nódulos em *Phaseolus vulgaris* L.

De acordo com BALASUBRAMANTIAN e SINHA (1976), a salinidade (NaCl) afeta negativamente o número total de nódulos, peso e conteúdo de nitrogênio por planta em "cowpea", *Vigna sinensis* (L.) Savi.

Pesquisando o efeito de exsudatos de leguminosas sobre bactérias noduladoras, PETERS e ALEXANDER (1966) sugeriram que a seletividade entre macro e micro-simbiontes é, provavelmente, exercida primariamente por sítios receptores localizados na superfície radicular do hospedeiro.

Diferenças relacionadas com o potencial de crescimento radicular em *Vigna unguiculata* (L.) Walp., podem influir sobre a infecção e nodulação (SUMMERFIELD e MINCHIN, 1976).

HABISH e MAHDI (1976) observaram que, sob condições de campo, o número e o peso seco dos nódulos foi afetado pelo intervalo de irrigação, enquanto o crescimento da planta foi afetado pela quantidade de água aplicada em "cowpea", *Vigna unguiculata* (L.) Walp. A aplicação de 75 mm a intervalos semanais proporcionou a melhor combinação para a nodulação e crescimento da planta.

A aplicação de nitrato e, em alguns casos, amônio à plantas de soja resultou em uma diminuição da atividade da nitrato-redutase nos nódulos. O conteúdo de leghemoglobina dos nódulos também diminuiu pelo tratamento com nitrato mas não com amônio. Deficiências de ferro e molibidênio resultaram numa acentuada redução da atividade da nitrato-redutase (CHENIAE e EVANS, 1959).

Em pesquisa realizada por DELWICHE et al. (1960) foi observado um efeito significativo do cobalto sobre a fixação do nitrogênio em alfafa (*Medicago sativa*).

Estudando a nodulação em *Galactia striata*, MATTOS (1970) obteve alta correlação entre massa nodular e massa verde. Seus resultados mostram que a adubação produziu aumentos altamente significativos, tanto na produção de massa verde como na nodulação.

Pesquisando o efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica do nitrogênio pela soja, VIDOR e FREIRE (1970) encontraram uma resposta crescente do peso dos nódulos à adição de fósforo, enquanto para o calcário a melhor resposta foi na faixa de pH 5,5 a 6,0. A interação Ca x P não foi significativa.

Em pesquisa realizada por SIQUEIRA e VOLKWEISS (1970) foi constatado que, em trevo vermelho o maior peso dos nódulos esteve associado aos teores de N nítrico ao redor de 35 a 40 ppm, exceto para um solo da ordem oxisol, bastante arenoso, em que este valor foi de 17 ppm. Maiores teores de nitrogênio nítrico no solo provocam diminuição da eficiência da simbiose. Por outro lado, o máximo rendimento de matéria seca de trevo foi obtido em solos com pH ao redor de 6,0.

Sobre a especificidade hospedeira de variedades de "alfafa do nordeste", *Stylosanthes gracilis* H.B.K., na simbiose com *Rhizobium* sp, SOUTO, COSER e DOBEREINER (1970) encontraram que a eficiência nodular, avaliada pela regressão do N total nas plantas sobre o peso dos nódulos, variou com as variedades de *Stylosanthes* e com os inoculantes. Nas variedades "FAO 13381" e "Deodoro" a eficiência nodular foi quatro vezes maior do que na variedade "IRI 1022", com estirpes puras. Na variedade "IRI 1022" a eficiência nodular foi triplicada pelos inoculantes do solo.

ALVES (1970) observou que o capim Mato Grosso em cobertura contribuiu para a redução da temperatura do solo e esse foi o principal fator para o aumento da nodulação natural do "cowpea", *Vigna sinensis* (L.) Savi. Acima de 30°C a nodulação foi bastante prejudicada. As plantas se desenvolveram melhor em temperaturas mais baixas e foi encontrado um coeficiente de correlação igual a -0,87, próximo do limite de 5% de probabilidade, entre o peso seco das plantas e a temperatura.

Em pesquisa realizada com o objetivo de estudar a influência da intensidade da luz solar na simbiose e desenvolvimento do "siratro", *Phaseolus antropurpureus* D.C., SOUTO, FRANCO e DOBEREINER (1970) observaram que a falta de luz não afetou a iniciação dos nódulos, mas sim o seu

desenvolvimento. Houve correlação altamente significativa entre área foliar e peso dos nódulos, independente do sombreamento e idade da planta, mostrando com isso a dependência do desenvolvimento dos nódulos face à disponibilidade de produtos fotossintéticos.

Em soja, *Glycine max* (L.) Merrill, RIOS e DOBEREINER (1970) constataram diferenças significativas entre inoculantes quanto ao número de nódulos, sendo que o efeito das variedades foi mais pronunciado no peso total e tamanho médio dos mesmos. Também ficou evidenciado o efeito de variedades na velocidade de formação dos nódulos.

HUBBELL (1969) promoveu inoculações cruzadas de leguminosas de zonas temperadas, sub-tropicais e tropicais com diversas estirpes de *Rhizobium* sp. Foi constatada a infecção, porém não houve formação de nódulos eficientes em nenhuma delas.

Estudando a compatibilidade de três estirpes de *Rhizobium phaseoli* e alguns pesticidas, DIEST (1970) concluiu que seria possível a obtenção de estirpes resistentes a alguns deles.

MASCARENHAS et al. (1969) estudaram o comportamento de cinco variedades de soja cujas sementes foram inoculadas, ou não, com diferentes misturas de estirpes de *Rhizobium*. A adubação nitrogenada não aumentou a produção, e as respostas aos inoculantes não foram significativas. Conquanto a área experimental nunca houvesse sido cultivada com soja, a nodulação foi intensa em todos os canteiros, e não se notou aumento em consequência da inoculação experimental.

Segundo ROCHA, ALVIN e DOBEREINER (1969) a radiação solar exerce uma influência positiva no desenvolvimento dos nódulos, na fixação de nitrogênio e assimilação deste elemento pela planta de soja. Esses autores encontraram relação direta entre níveis de sombreamento e produção de matéria seca. Observaram também que há uma regressão linear positiva do logarítimo do conteúdo de N total na planta sobre o peso dos nódulos em cada nível de sombreamento e no conjunto destes.

SERPA e CUNHA FILHO (1970) constataram que em *Centrosema pu*
bescens ocorrem diferenças significativas ao nível de 1% de probabili-
dade entre progênes de uma só planta selecionada em relação a comprimen-
to da raiz principal e número de nódulos aos 21 e 35 dias. Na população
estudada, o efeito do ambiente sobre os dois caracteres é sensivelmente
maior que o efeito genético, determinando valores baixos para a herdabi-
lidade "lato sensu".

VASCONCELOS, FROTA e PAIVA (1974) observaram diferenças en-
tre variedades de soja em resposta a inoculantes, sendo o cultivar Peli-
cano superior ao I.A. Ireen.

Sob as condições vigentes no Campus do Pici, do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, foi constatado um
efeito favorável da interação rizobio versus moderada adubação nitrogen
a em soja (VASCONCELOS, PAIVA e FROTA, 1974).

Em pesquisa realizada com o objetivo de verificar o desempe-
nho de nove estirpes de *Rhizobium* sp em simbiose com feijão-de-corda, *Vig*
na sinensis (L.) Savi, VASCONCELOS, LIMA e ALVES (1975) concluíram que
as estirpes locais apresentaram superioridade em relação as estirpes pro-
cedentes do Sul do País e as integrantes da população nativa. Admitiram
a possibilidade de seleção a partir de isolamentos de nódulos produzidos
por rizóbios nativos, objetivando a obtenção de estirpes de boa ou mesmo
de eficiência excepcional.

Em conclusão a um estudo sobre a nodulação do feijão-de-cor-
da, *Vigna sinensis* (L.) Savi, ao longo do ciclo cultural da planta, VAS-
CONCELOS, ALVES e LIMA (1976) afirmaram que o período de 35 a 45 dias é
mais apropriado para a coleta de dados e seu ajuizamento, com respeito à
nodulação e sua influência sobre o desenvolvimento de feijão-de-corda de
ciclo médio.

Resultados experimentais obtidos por VASCONCELOS et al. (1976) permitem concluir serem desnecessárias a inoculação e a adubação química nitrogenada da cultura do feijão-de-corda nas microrregiões homogêneas do Baixo-Jaguaribe (Russas) e da Serra de Baturité (Redenção), no Estado do Ceará, bem como pela ocorrência, naquelas regiões, de uma população rizobiana autóctone, dotada de eficiência fixadora em simbiose com a referida leguminosa.

Em seminário apresentado na V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*, sobre genética da nodulação em leguminosas, NUTMAN (1970) afirmou ter conseguido acréscimos na eficiência da fixação de nitrogênio da ordem de 5 a 10%, com apenas duas gerações de seleção, em trevo vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

O material utilizado no presente trabalho foi cedido pelo Dr. RAIMUNDO DE PONTES NUNES e consistiu de 100 seleções individuais de cada um dos dois cultivares, CE-1 e CE-31 conhecidas como Seridó e Pitiuba, pertencentes à coleção do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (CCA-UFC). Referidas seleções são parte de um projeto de melhoramento genético que está sendo conduzido no CCA-UFC pelo referido professor.

Em face da morte ou da baixa percentagem de germinação observada em determinados genótipos, 25 deles de ambas as variedades foram eliminados por deficiência de dados. Para se conseguir igual número de indivíduos nos dois cultivares, foi necessário ainda calcular dois valores para o cultivar Seridó, pelo método das parcelas perdidas.

Sementes de uma única vagem de cada seleção foram utilizadas, tendo em vista assegurar a uniformidade das progênes. Os seguintes dados foram obtidos de cada vagem: comprimento, peso total, peso das sementes e número de sementes.

A identificação do material utilizado foi feita da seguinte maneira: As letras "S" e "P" precedem a identificação dos cultivares Seridó e Pitiuba, respectivamente; os três algarismos seguintes identificam a seleção dentro de cada variedade e os dois últimos se referem à vagem que foi utilizada de cada seleção. Assim, temos por exemplo, genótipos como S02105 ou P00301, significando vagem número 5 da seleção número 21 do cultivar Seridó e vagem número 1 da seleção número 3 do cultivar Pitiuba, respectivamente.

Métodos

Procedimento Experimental

Plantio

O experimento foi instalado em vasos, no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

As sementes de cada vagem selecionada foram plantadas em cinco vasos. Após o desbaste, realizado oito dias após o plantio, foram deixadas duas plantas por vaso. Quatro destes vasos se destinaram a observações sobre a nodulação e desenvolvimento vegetativo, em quatro diferentes idades da planta. O quinto vaso foi reservado para a estimação do potencial genético de produção, obtenção de sementes destinadas a um novo ciclo de seleção e determinação de possíveis correlações de dados referentes à nodulação com o desenvolvimento vegetativo e a produção de sementes.

As observações sobre nodulação e desenvolvimento vegetativo envolveram processos destrutivos da planta de sorte que as correlações entre essas características e a produção de sementes se basearam em medidas tomadas sobre indivíduos diferentes e não, como usual, em medidas concomitantes tomadas sobre o mesmo indivíduo. Entretanto, esses indivíduos eram originários de sementes de uma mesma vagem e, portanto, de mesmo genótipo, considerando-se que o feijão-de-corda é uma espécie autógama. Ressaldando-se a possibilidade mínima (mas real) de fecundação cruzada, todas as plantas da progênie deveriam expressar o mesmo comportamento fenotípico, exceto por variações ambientais, não genéticas. Desta forma, se as correlações encontradas forem de natureza genética poderiam ser aceitas como legítimas.

O plantio foi realizado nos dias 22 a 26 de agosto de 1977, sendo que em cada dia foram plantadas as sementes de vinte seleções de cada cultivar. Este procedimento foi adotado com o objetivo de evitar o acúmulo de trabalho por ocasião da coleta dos dados, assim como minimizar o erro introduzido pela colheita desuniforme das diversas seleções nas quatro épocas.

Adubação

Os vasos foram cheios com 6 kg de solo arenoso, pobre em matéria orgânica, pertencente a um Podzol Bruno Acinzentado, Série Pici, conforme LIMA *et al.* (1974), citado por VASCONCELOS (1976a). Este solo foi preferido pela riqueza em *Rhizobium* do grupo simbiote de feijão-de-corda.

Cada um dos vasos recebeu a mesma adubação básica de macronutrientes nas seguintes quantidades:

- N - 30 kg/ha = 22 mg de uréia por quilograma de solo;
 P_2O_5 - 80 kg/ha = 148 mg de superfosfato simples por quilograma de solo;
 K_2O - 30 kg/ha = 17 mg de cloreto de potássio por quilograma de solo.

A uréia e o cloreto de potássio foram dissolvidos em água para facilitar a distribuição nos vasos. Duas soluções de cada um destes fertilizantes foram feitas de tal modo que 5 ml de solução continham a quantidade necessária para adubar um vaso.

O superfosfato simples, insolúvel em água, foi triturado e suas partículas uniformizadas. A distribuição deste fertilizante em todos os vasos foi feita utilizando-se um tubo de pequeno diâmetro, capaz de oferecer uma medida mais precisa em volume para a quantidade calculada em miligrama.

Irrigação

As regas foram realizadas em intervalos regulares de dois dias, quando, cada vaso, recebia uma quantidade de água suficiente para atingir a capacidade de campo.

Coleta de Dados

As observações relacionadas com o desenvolvimento nodular e vegetativo das plantas foram feitas em intervalos de duas semanas, isto é, aos 14, 28, 42 e 56 dias de idade de planta, enquanto os dados associados com a produção foram obtidos em intervalos de duas semanas, mas aos 88, 102, 116, 130 e 144 dias.

Diariamente, de segunda a sexta-feira de cada semana destinava-se a coleta dos dados, entre 7 e 9 horas, eram arrancadas plantas de quarenta vasos, sendo vinte de cada cultivar. As plantas, devidamente identificadas, eram levadas ao laboratório do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará. Procedia-se então, à lavagem das raízes e as plantas colocadas em uma câmara úmida para evitar o erro de amostragem devido à perda diferencial de umidade durante o tempo em que se efetuavam as determinações. Feito isto, as plantas iam sendo retiradas pouco a pouco, para fins de obtenção dos seguintes dados:

- (a) Peso dos nódulos por planta - a parte aérea da planta era destacada de seu sistema radicular e deste retiravam-se os nódulos, os quais eram imediatamente pesados em balança com precisão de décimos de miligramas. Os dados para esta característica foram registrados em miligramas;
- (b) Peso da parte aérea - esta medida foi feita em gramas, por planta, logo após a pesagem dos nódulos, utilizando-se a mesma balança;
- (c) Número de nódulos por planta - foi obtido depois das pesagens, mediante a contagem de todos os nódulos encontrados;
- (d) Percentagem de nódulos eficientes - foi obtida através da relação: $(Y/X) \times 100$, onde X representa o número total de nódulos por planta e Y o número de nódulos eficientes. A identificação de nódulos eficientes foi obtida seccionando-se a todos e contando-se aqueles que se apresentavam internamente cor de rosa, que indica a presença de legheoglobina;
- (e) Produção de grãos - após a colheita, as vagens foram acondicionadas em sacos de papel comum e postas a secar ao sol. Em seguida, procedeu-se ao beneficiamento e às pesagens (em gramas), usando-se balança de precisão.

Os dados originais obtidos para o número e o peso dos nódulos foram transformados para $\sqrt{X + 0,5}$, enquanto os dados obtidos para percentagem de nódulos eficientes foram transformados para $\sqrt{X + 1}$. Este procedimento foi adotado segundo recomendação de BARTLETT (1936), citado por LECLERG, LEONARDO e CLARC (1962), devido a presença de muitos dados menores que dez, particularmente zero, sobretudo, na primeira idade (14 dias).

Análise Estatística

Definição do Problema

Estudar a capacidade de fixação de nitrogênio em diferentes genótipos de dois cultivares de feijão-de-corda, em diversas idades da planta e, determinar a possibilidade de aumentar a eficiência da fixação de N através do melhoramento genético.

Modelo Matemático

As análises de variância foram realizadas de acordo com um modelo especialmente desenvolvido para esse trabalho, a saber:

$$x_{(i)jkl} = \mu + C_i + I_j + (VI)_{ij} + G_{(i)k} + (IG)_{(i)jk} + z_{(i)jkl}$$

μ = média geral.

C_i = efeito do cultivar i , $i = 1, \dots, a$.

I_j = efeito da idade j da planta, $j = 1, 2, \dots, b$.

$(VI)_{ij}$ = efeito da interação do cultivar i com a idade j .

$G_{(i)k}$ = efeito do genótipo k do cultivar i , $k = 1, 2, \dots, c$.

$(IG)_{(i)jk}$ = efeito da interação do genótipo k com a idade j dentro do cultivar i .

$z_{(i)jkl}$ = efeito da planta l do genótipo k na idade j dentro do cultivar i , $l = 1, \dots, m$.

Pressuposições:

$$z_{(i)jkl} \sim N(0; \delta^2)$$

$$G_{k(i)} \sim N(0; \delta_G^2)$$

TABELA 1 - Tabela de Múltipla Entrada para Registro de Dados Relativos às Diversas Características Estudadas.

CULTIVARES											
SERIDÓ					PITIUBA						
Genó- tipos	Idade da Planta (dias)				$X_{1.k.}$	Genó- tipos	Idade da Planta (dias)				$X_{2.k.}$
	I_1	I_2	I_3	I_4			I_1	I_2	I_3	I_4	
G_{11}	X_{1111}	X_{1211}		X_{1411}	G_{21}						
	X_{1112}	X_{1212}		X_{1412}							
$X_{1j1.}$	$X_{111.}$	$X_{121.}$		$X_{141.}$	$X_{1.1.}$	$X_{2j1.}$				$X_{2.1.}$	
G_{12}	X_{1121}				G_{22}						
$X_{1j2.}$	$X_{112.}$			$X_{142.}$	$X_{1.2.}$	$X_{2j2.}$				$X_{2.2.}$	
G_{1k}						G_{2k}					
$X_{1jk.}$	$X_{11k.}$	$X_{12k.}$		$X_{14k.}$	$X_{1.k.}$	$X_{2jk.}$				$X_{2.k.}$	
$X_{1j..}$	$X_{11..}$	$X_{12..}$		$X_{14..}$	$X_{1...}$	$X_{2j..}$	$X_{21..}$	$X_{22..}$		$X_{2...}$	
										$X_{....}$	

$$SQ_C = \sum_{i=1}^a \frac{X_{i\dots}^2}{bcm} - \frac{X^2}{abcm} \quad (1)$$

$$SQ_I = \sum_{j=1}^b \frac{X_{\cdot j\dots}^2}{acm} - \frac{X^2}{abcm} \quad (2)$$

$$SQ_{CI} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{X_{ij\dots}^2}{cm} - \sum_{i=1}^a \frac{X_{i\dots}^2}{bcm} - \sum_{j=1}^b \frac{X_{\cdot j\dots}^2}{acm} + \frac{X^2}{abcm} \quad (3)$$

$$SQ_G = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{X_{i.k\dots}^2}{bm} - \sum_{i=1}^a \frac{X_{i\dots}^2}{bcm} \quad (4)$$

$$SQ_{IG} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{X_{ijk\dots}^2}{m} - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{X_{ij\dots}^2}{cm} - \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{X_{i.k\dots}^2}{bm} + \sum_{i=1}^a \frac{X_{i\dots}^2}{bcm} \quad (5)$$

$$SQ_R = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^m X_{ijkl}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{X_{ijk\dots}^2}{m} \quad (6)$$

$$SQ_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^m X_{ijkl}^2 - \frac{X^2}{abcm} \quad (7)$$

TABELA 2 - Análise de Variância e Esperanças dos Quadrados Médios.

Causas de Variação		G.L.	S.Q.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Cultivares	(C)	(a-1)	SQ_C	M_1	$M_1 = \delta^2 + m\delta_{IG}^2 + bcm \delta_C^2$	M_1/M_5
Idades	(I)	(b-1)	SQ_I	M_2	$M_2 = \delta^2 + m\delta_{IG}^2 + acm \delta_I^2$	M_2/M_5
Interação	(CI)	(b-1)(a-1)	SQ_{CI}	M_3	$M_3 = \delta^2 + m\delta_{IG}^2 + cm \delta_{CI}^2$	M_3/M_5
Genótipos	(G)	a(c-1)	SQ_G	M_4	$M_4 = \delta^2 + m\delta_{IG}^2 + bm \delta_G^2$	M_4/M_5
Interação	(IG)	a(b-1)(c-1)	SQ_{IG}	M_5	$M_5 = \delta^2 + m\delta_{IG}^2$	M_5/M_6
Resíduo	(R)	abc(m-1)	SQ_R	M_6	$M_6 = \delta^2$	
TOTAL		abcm - 1	SQ_T			

Para efeito de testes de significância e inferência, os efeitos de variedades e idades foram considerados fixos e, os efeitos de genótipos e plantas dentro de genótipos foram considerados aleatórios.

Os dados obtidos foram registrados como na TABELA 1 para todas as características estudadas.

As somas de quadrados das diversas causas de variação previstas no modelo acima foram obtidas pelas fórmulas (1) a (7).

As análises de variâncias para as diversas características estudadas, e as espectâncias dos quadrados médios para as diversas causas de variação previstas no modelo acima definido, são apresentadas como na TABELA 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Peso dos Nódulos

A análise da variância para os dados obtidos para esta característica encontra-se na TABELA 3, onde se observa significância para todas as causas de variação, ao nível de 1% de probabilidade.

O efeito significativo entre cultivares revela que os cultivares Seridó e Pitiuba diferem quanto a essa característica. O cultivar Seridó com média de 63,51 mg é estatisticamente superior à Pitiuba que tem média de 50,22 mg.

A diferença significativa entre idades concorda com o observado por RUSCHEL e REUSZER (1973a) e VASCONCELOS *et al.* (1976). De fato, a maioria dos autores tem observado evidente influência da idade da planta sobre o peso dos nódulos. Entretanto, foi constatado no presente trabalho que a influência da idade se manifesta de forma característica não apenas para cultivares (FIG. 1), mas também para diferentes genótipos dessas variedades, isto é, dentro dos cultivares. Desta forma os genótipos podem ser reunidos em grupos de comportamento semelhante, como ilustrados nas FIGURAS 2 e 3.

A FIG. 1 representa o comportamento do peso nodular dos dois cultivares nas quatro épocas estudadas. Observa-se que o cultivar CE-31 (Pitiuba) é ligeiramente superior ao CE-1 (Seridó) no primeiro estágio (0 a 14 dias), indicando ser um pouco mais precoce na formação de nódulos. Entretanto, ao fim do segundo estágio, 14 a 28 dias, o cultivar Seridó passou a apresentar um maior peso nodular que o Pitiuba. Esta mudança de comportamento é estatisticamente comprovada pela significância da interação entre cultivares e idades. No terceiro e quarto estágios (28 a 42 e 42 a 56 dias, respectivamente) os dois cultivares têm comportamento muito semelhante no que respeita à taxa de crescimento da massa nodular, como se pode verificar pelas declividades semelhantes das linhas representativas na FIGURA 1, porém, o peso médio dos nódulos por planta, é superior no cultivar Seridó.

TABELA 3 - Análise da Variância para $\sqrt{X + 0,5}$, X = Peso dos Nódulos (mg).

Causas de Variação		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares	(C)	1	231,72	231,72	12,44 **
Idades	(I)	3	33.377,71	11.125,90	597,52 **
Interação	(VI)	3	278,64	92,88	4,99 **
Genótipo	(G)	148	5.076,52	34,30	1,84 **
Interação	(IG)	444	8.265,70	18,62	3,25 **
Resíduo	(R)	600	3.432,71	5,72	
TOTAL		1.199	50.663,00		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

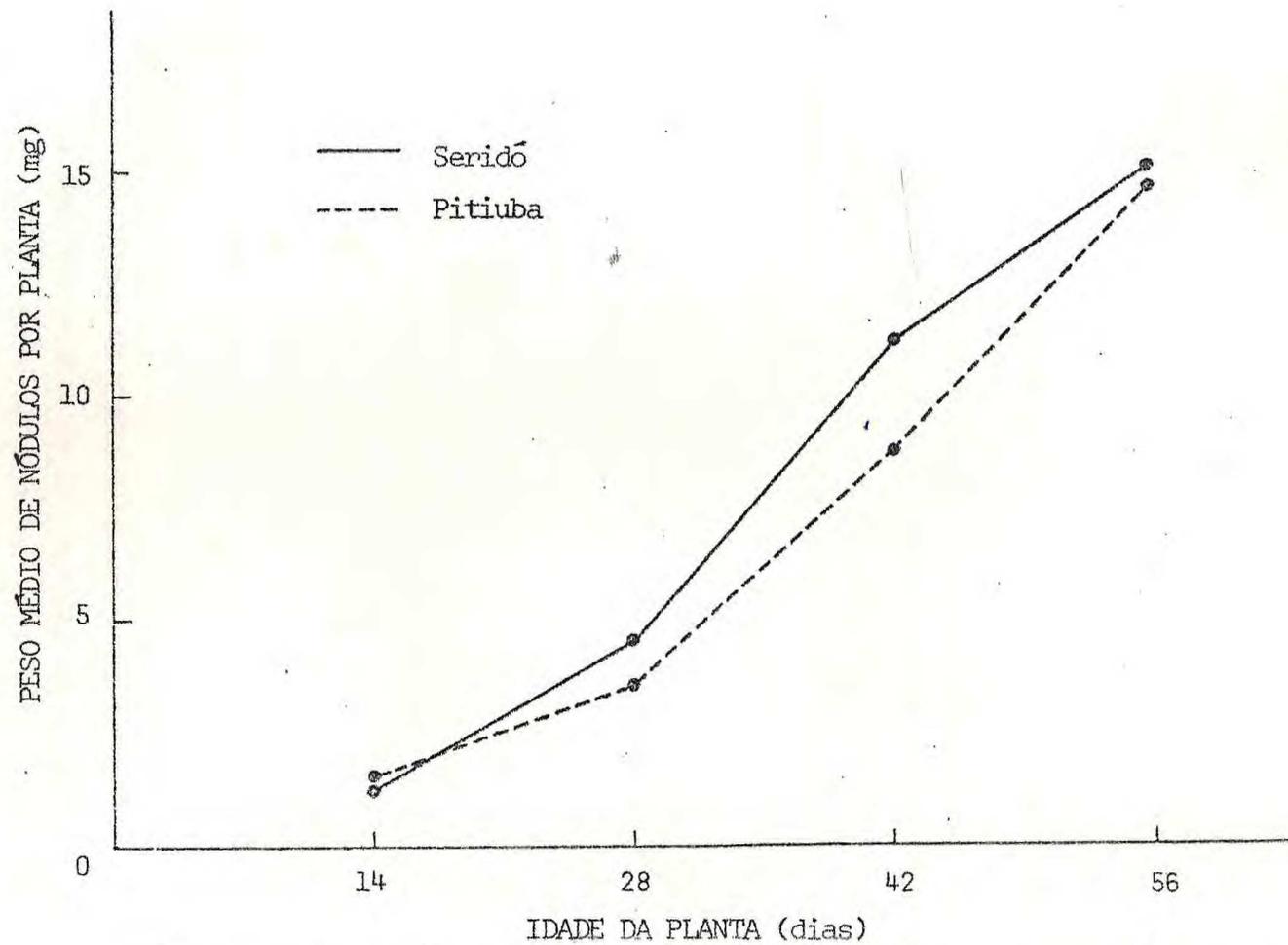


FIGURA 1 - Evolução do peso médio de nódulos por planta para os cultivares Seridô e Pitiuba em quatro estágios do desenvolvimento da planta.

O efeito de genótipos dentro de cultivares sendo significativo, indica uma variância diferente de zero e, conseqüentemente, sugere a possibilidade de progresso genético através de seleção, tendo por base esta característica, assim como foi conseguido por NUTMAN (1970) em trevo vermelho.

A existência de correlação entre o peso dos nódulos e a quantidade de nitrogênio fixada simbioticamente em feijão-de-corda, ainda não foi comprovado. Mas, se existir essa correlação, os resultados aqui discutidos indicam a possibilidade de se obter, a partir de seleções, linhas mais eficientes na fixação de nitrogênio, em ambas as variedades.

O fato de existirem variações genótípicas dentro de cultivares pode ser explicado por não terem sido os mesmos originados a partir de uma única planta (linha pura). São cultivares de uma espécie autógama desenvolvidas por seleção natural, com pouca interferência do homem, onde, teoricamente, espera-se que a população seja constituída por uma mistura de linhas puras.

O efeito da interação entre genótipos e idades dentro de cultivares sendo estatisticamente significativo, sugere que os genótipos de ambos os cultivares se comportam de maneira diferente de acordo com os estágios de desenvolvimento estudados.

Caracterização de Grupos de Genótipos com Base no Desenvolvimento do Peso Nodular

As FIGURAS 2 e 3 mostram a evolução em peso, de nódulos de diversos grupos de genótipos, ao longo dos 56 dias em que foram observados.

Apesar da forte influência ambiental sobre a formação de nódulos, foi possível reunir os 150 genótipos estudados em dezoito grupos, sendo dez pertencentes ao cultivar Seridó e oito ao Pitiuba. Alguns grupos, embora com número de participantes diferente, se apresentaram em ambos os cultivares com comportamento muito semelhante.

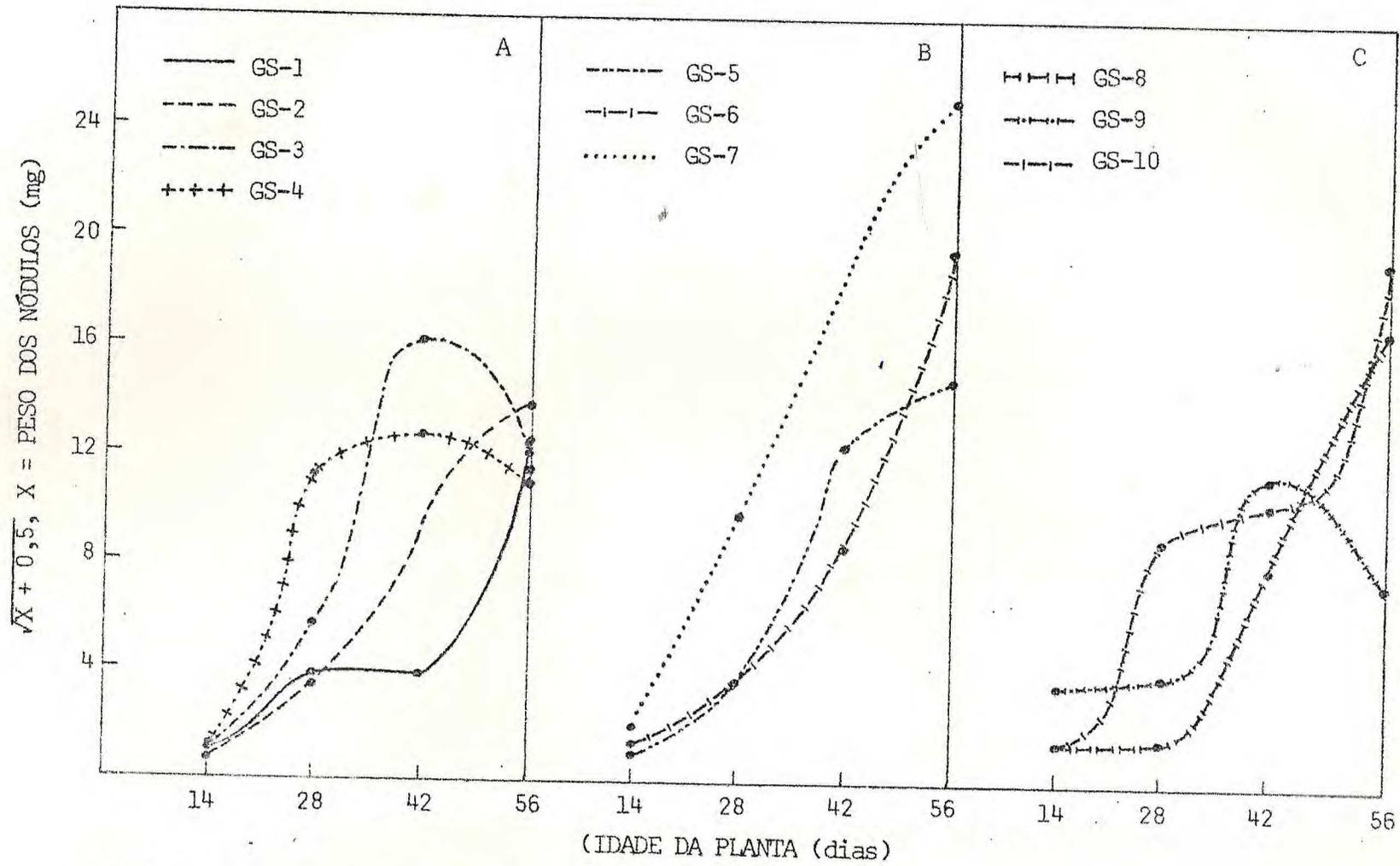


FIGURA 2 - Grupos de genótipos do cultivar CE-1 (Seridó), caracterizados com base no desenvolvimento do peso nodular.

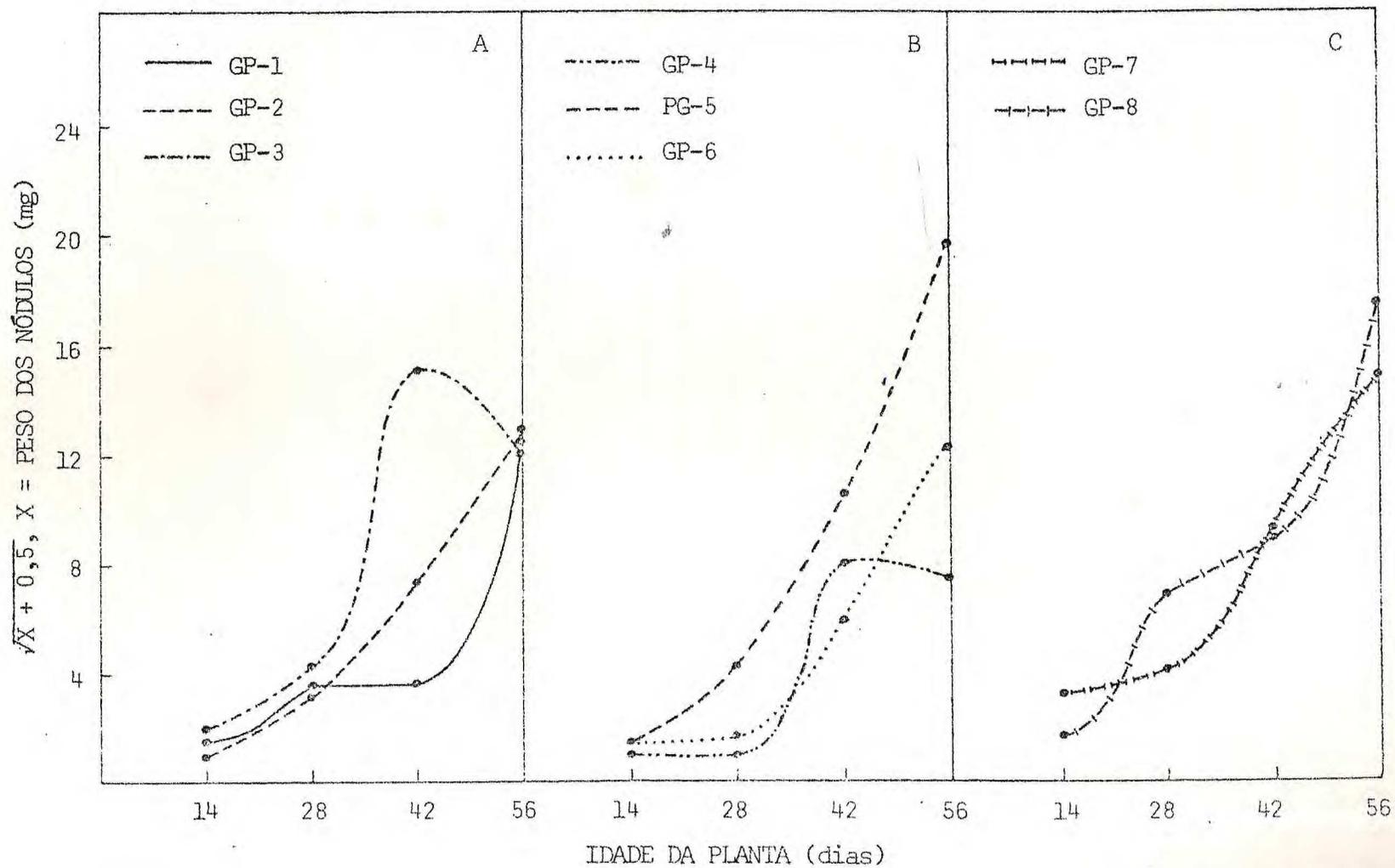


FIGURA 3 - Grupos de genótipos do cultivar CE-31 (Pituba), caracterizados com base no desenvolvimento de peso nodular.

O grupo 1 do cultivar Seridó (GS-1) mostra um comportamento quase igual ao grupo 1 do cultivar Pitiuba (GP-1). Ao GS-1 pertencem 4 genótipos: S02105, S07806, S08001 e S08204, enquanto ao GP-1 pertencem 12 genótipos: P00301, P01101, P01601, P01802, P02404, P02703, P04303, P05502, P08807, P09103, P10403 e P10604. Ambos os grupos se caracterizam pela quase ausência de nódulos ao final da primeira fase (0 - 14 dias), taxa de crescimento do peso nodular relativamente baixa no segundo estágio (14 - 28 dias), um platô no terceiro estágio (28 - 42 dias) e um acelerado crescimento no quarto estágio (42 - 56 dias), (FIGS. 2-A e 3-A). Pelos números indicados acima (4 GS-1 : 12 GP-1) verifica-se que os genótipos com essas características são três vezes mais frequentes no cultivar Pitiuba em comparação com o cultivar Seridó.

Os grupos GS-2 e GP-2 também apresentam semelhança no que se refere ao desenvolvimento da massa nodular, observando-se ausência de nódulos aos 14 dias e um crescimento linear do peso dos nódulos até os 56 dias, porém a taxa de crescimento não é elevada. O GS-2 é formado pelos genótipos S02202, S02301, S02604, S02702, S03405, S04004, S05806, S05902, SL0505, SL2901, SL3303, SL4209, SL4305, SL4408, SL4504 e SL4708; ao GP-2 pertencem os genótipos: P08702, P09204, P09306 e P09706. No grupo GS-2 concentra-se o maior número de genótipos do cultivar Seridó, o caso inverso é observado com o GP-2, ou seja 16 GS-2 : 4 GP-2.

Superpondo-se as FIGURAS 2-A e 3-A é possível notar a semelhança que existe entre os grupos GS-3 e GP-3. Tais grupos apresentam uma massa nodular relativamente elevada aos 14 dias e um crescimento exponencial até o final do terceiro estágio (28 a 42 dias), após o que decresce consideravelmente. No grupo GS-3 podem ser reunidos os genótipos S02801, S03107, S04502, S06005, S06501, S06704, S07302, S08304, S08403, S08704, SL2201, SL3005, SL3104, SL3605 e SL3703 e, no GP-3 encontram-se: P01202, P01702, P03508, P03605, P03703, P07905 e PL0102. Observa-se portanto, uma proporção de 15 GS-3 : 7 GP-3.

O GS-4 é composto por apenas dois genótipos: S08504 e S11504. Este grupo não apresenta nenhum correspondente do cultivar Pitiuba. O crescimento da massa nodular é muito rápido no segundo estágio (14 a 28 dias), cresce lentamente no terceiro, para decrescer no quarto (FIG. 2-A).

Assim como o GS-4, o GP-4 não é semelhante a qualquer outro. Nele se enquadram os genótipos P03801, P04001, P04102, P08603 e P09503. Este grupo é muito tardio no que se refere à formação de nódulos, que só ocorre no início do terceiro estágio, quando apresenta um crescimento da massa nodular bastante acelerado, mas já ao final deste estágio (28 a 42 dias) tal tendência não é mais observada e forma-se, então, um platô no quarto estágio, com tendência a decrescer ao final deste período (FIG. 3-B).

Os genótipos S02904, S03809, S04406, S05105, S06303, S06802, S07502, S09504, S09607, S12803, S13208 e S13402 constituem um grupo bem definido dentro do cultivar Seridó, o GS-5. Este grupo quase não apresenta nódulos aos 14 dias, mas, a partir deste ponto, o peso nodular cresce rapidamente até o final do terceiro estágio, após o que cresce lentamente até os 56 dias (FIG. 2-B).

Os genótipos S03202, S07003, S07405, S07708, S09401, S12502 e S13502 do cultivar Seridó, e P00402, P00702, P00804, P02505, P02605, P02801, P03105, P03203, P06702, P06802, P07103, P07202, P07301, P07403, P07501, P07603, P07703, P07803, P08003, P08202, P08501, P09408, P09604 e P09904 do cultivar Pitiuba, compõem os grupos GS-6 e GP-5, respectivamente, que guardam entre si acentuada semelhança. O GP-5 é o grupo que apresenta maior frequência de indivíduos dentro do cultivar Pitiuba, representando 32% do total de genótipos desta variedade. Ambos, GS 6 e GP-5 se caracterizam por serem, comparativamente precoces na formação de nódulos e por um crescimento da massa nodular em progressão geométrica, assumindo valores muito elevados aos 56 dias. Entretanto, a não ser ao final do último estágio (56 dias) o peso médio dos nódulos dos genótipos do cultivar Pitiuba pertencentes ao GP-5 é sempre superior ao dos genótipos do grupo semelhante (GS-6) do cultivar Seridó (FIGS. 2-B e 3-B).

Os grupos GP-6 (P01304, P01504, P02104, P02301, P02903, P03004, P03904, P04402, P08302, P08906 e P10001), GP-7 (P00203, P00501, P00602, P01005, P02001, P02204, P08101 e P09802) e GS-8 (S02407, S03304, S03705, S04202, S04704, S04704, S05602, S07207, S09204, S11201 e S14101) são relativamente semelhantes. Todos formam um platô no segundo estágio (14 a 28 dias) e, a partir deste ponto, o peso nodular cresce linearmente a uma taxa regular. O grupo GP-7 difere dos outros dois por apresentar um platô mais alto, isto é, um peso nodular inicial mais elevado. Por sinal, é o grupo mais precoce de todos, de ambos os cultivares (FIGS. 2-C e 3-B, C).

O GS-7 é encontrado apenas no cultivar Seridô, e é formado apenas pelos genótipos S07910 e S08602. É bastante precoce na formação de nódulos e apresenta um crescimento do peso nodular a uma taxa muito elevada, atingindo aos 56 dias os valores mais elevados em comparação aos demais grupos (FIG. 2-B).

Os genótipos P00902, P06602, P06901 e P10303, incluídos no GP-8 e S04901, S05204, S05504, S12305 e S14803), incluídos no GS-10 constituem dois grupos com características aproximadamente iguais. O peso nodular, inicialmente baixo, cresce rapidamente até o final do segundo estágio (14 a 28 dias) e no decorrer do quarto estágio (42 a 56 dias), o que não acontece no terceiro estágio, onde se forma um platô (FIGS. 2-C e 3-C).

O GS-9 é constituído de um único genótipo, o S13903, que apresenta características bastante peculiares. Apresenta um peso nodular comparativamente elevado aos 14 dias, o qual permanece constante até os 28 dias, para aumentar consideravelmente até o final do terceiro estágio (28 a 42 dias) quando então decresce (FIG. 2-C).

Massa Verde

Alguns autores têm encontrado correlação positiva entre peso dos nódulos e da parte aérea em várias leguminosas estudadas. No presente trabalho a massa verde foi determinada com o objetivo de comprovar estes resultados, e como uma variável auxiliar para a avaliação do nitrogênio fixado simbioticamente pelo feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi.

TABELA 4 - Análise da Variância para Peso da Massa Verde (g).

Causas de Variação		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares	(C)	1	751,4711	751,4711	50,41 **
Idades	(I)	3	30.163,4544	10.054,4848	674,49 **
Interação	(CI)	3	351,0221	117,0074	7,85 **
Genótipos	(G)	148	3.901,0302	26,3585	1,77 **
Interação	(IG)	444	6.618,5617	14,9667	1,53 **
Resíduo	(R)	600	5.854,4973	9,7575	
TOTAL		1.999	47.640,0368		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

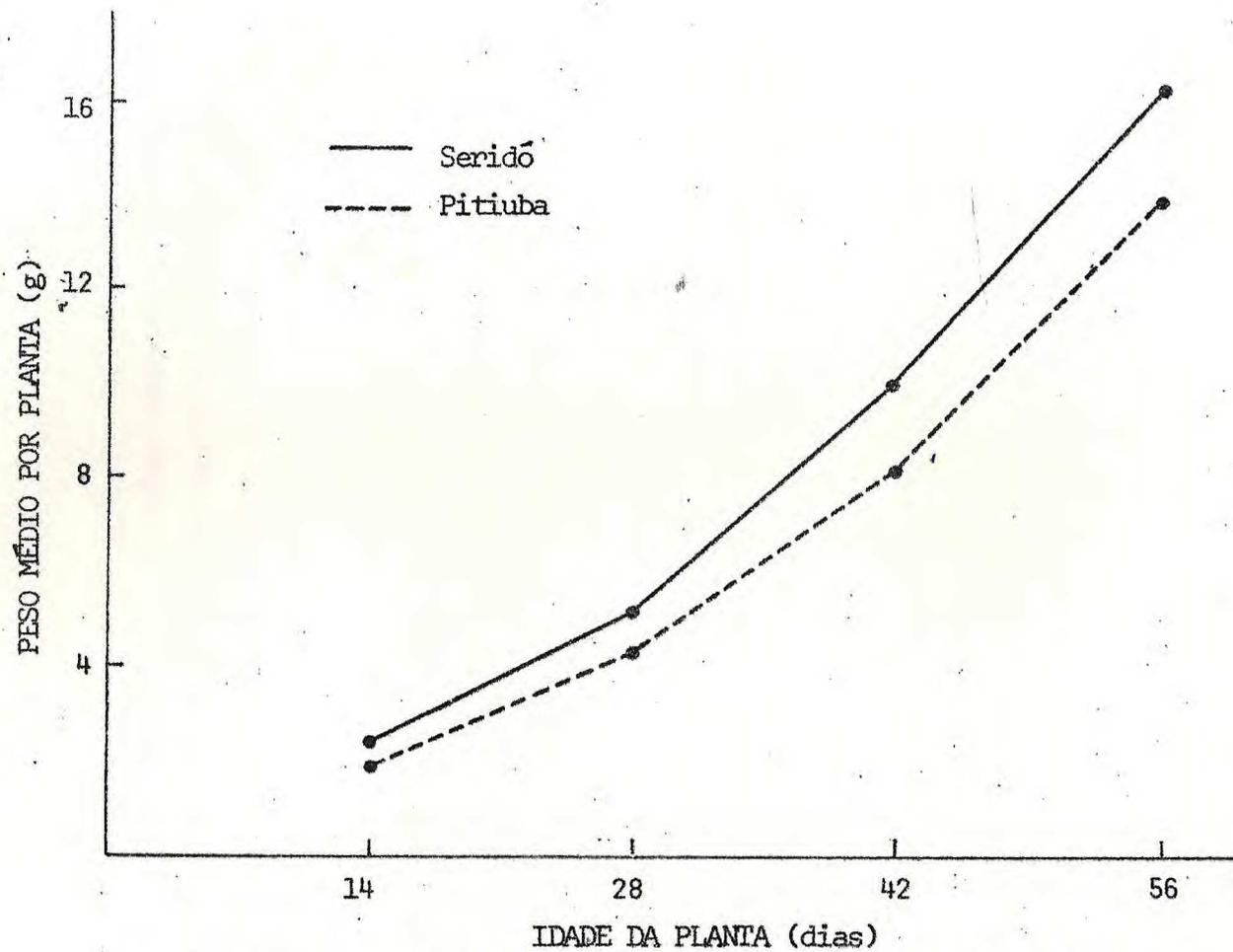


FIGURA 4 - Evolução da massa verde dos cultivares Seridô e Pitiuba.

Os dados originais obtidos foram transformados para $\sqrt{X + 0,5}$ e a análise da variância encontra-se na TABELA 4, onde se observa significância para todas as causas de variação ao nível de 1% de probabilidade.

A análise da variância indicou um efeito significativo de cultivares. Comparando-se as médias obtidas: 8,84 g para o cultivar Seridó e 7,25 g para o cultivar Pitiuba, verifica-se que a primeira é estatisticamente superior à segunda. Resultado semelhante foi encontrado para o peso dos nódulos. Estas duas características, como será mostrado posteriormente, estão correlacionadas.

O efeito da idade da planta sobre o desenvolvimento vegetativo foi altamente significativo. Este resultado confirma o obtido por VASCONCELOS et al. (1976), sendo obviamente explicável por se tratar de plantas que se desenvolvem num meio favorável.

A interação entre cultivares e idades sendo significativa indica que os dois cultivares se comportam de maneira diferente no que se refere ao desenvolvimento vegetativo, nas quatro épocas em que foram observadas. A FIG. 4 facilita a compreensão deste resultado, ilustrando a evolução do peso da parte aérea durante os 56 dias estudados. Como se observa o cultivar Seridó além de uma massa verde, inicialmente mais elevada, apresenta uma taxa de crescimento mais acelerada.

A diferença estatisticamente significativa entre genótipos dentro de variedades comprova a hipótese de que existe uma variância maior que zero para este fator.

Por outro lado, a significância para a interação entre genótipos e idades dentro de variedades revela um comportamento diferente dos diversos genótipos nas diferentes idades da planta, no que se refere ao desenvolvimento da massa verde.

Número de Nódulos

Os dados originais obtidos por contagem foram transformados para $\sqrt{X + 0,5}$ e a análise da variância apresentada na TABELA 5, revela a exemplo do que foi constatado para as características anteriormente estudadas, para todas as causas de variação, ao nível de 1% de probabilidade.

Os dois cultivares apresentaram um número médio de nódulos por planta estatisticamente diferentes. É o que se pode deduzir com base na significância encontrada para o efeito de cultivares. Assim sendo, podemos afirmar que o cultivar Seridó, que apresenta uma média de 14,90 nódulos por planta, é superior ao cultivar Pitiuba, com média de apenas 12,47 nódulos por planta.

A significância para o efeito de idades comprova os resultados obtidos por VASCONCELOS et al. (1976). Observou-se, como ilustrado na FIG. 5, um aumento do número de nódulos até os 56 dias em ambas as variedades.

A presença de interação significativa entre cultivares e idades, permite afirmar que os dois cultivares se comportaram de maneira diferente ao longo das oito semanas em que foram observadas. Os números iniciais e finais de nódulos são aproximadamente os mesmos nos dois cultivares, como se observa na FIGURA 5. Entretanto, o acréscimo em número de nódulos nos primeiros estágios é mais acentuado no cultivar Seridó que no Pitiuba, enquanto no último estágio, esta tendência é invertida.

O efeito de genótipos dentro de cultivares é de grande interesse para o presente trabalho, pois sugere a possibilidade de ganho genético através da seleção, em ambos os cultivares.

A interação entre genótipos e idades dentro de cultivares é significativa, e indica a existência de uma variância diferente de zero entre os genótipos nas diferentes idades. Trata-se de um resultado também muito importante, que pode, baseado nos diversos comportamentos apresentados pelos diferentes genótipos, permitir a eleição daqueles que estejam mais associados com produtividade e economia de nitrogênio.

TABELA 5 - Análise da Variância para $\sqrt{X + 0,5}$, X = Número de Nódulos por Planta.

Causas de Variação		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares	(C)	1	31,14	31,14	13,31 **
Idades	(I)	3	2.315,31	771,77	329,82 **
Interação	(CI)	3	30,22	10,07	4,30 **
Genótipos	(G)	148	753,52	5,09	2,18 **
Interação	(IG)	444	1.039,67	2,34	2,41 **
Resíduo	(R)	600	579,39	0,97	
TOTAL		1.199	4.749,25		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

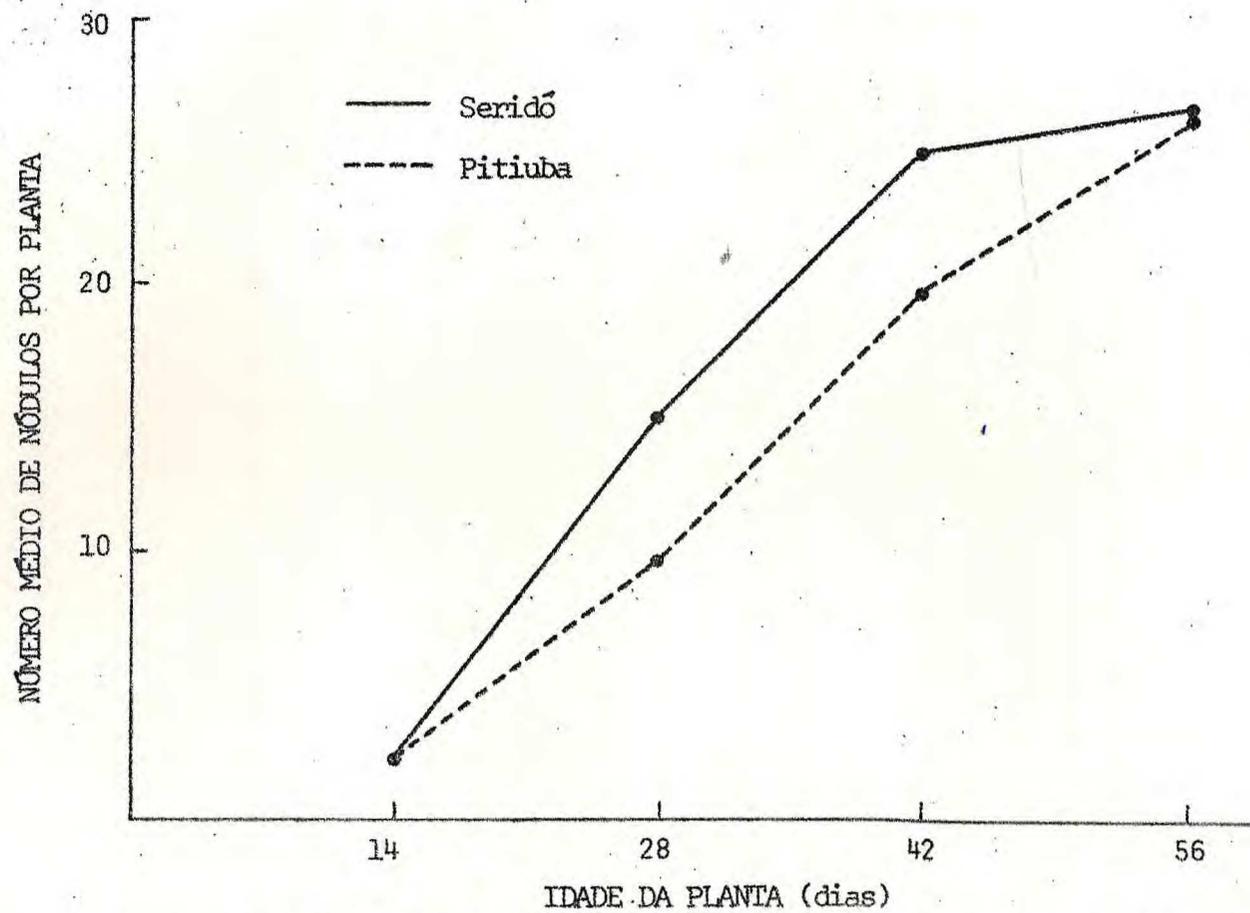


FIGURA 5 - Comportamento dos cultivares Seridô e Pitiuba em relação ao número médio de nódulos por planta no decorrer dos 56 primeiros dias do ciclo da planta.

Porcentagem de Nódulos Eficientes

A observação desta característica ao longo dos primeiros estágios do desenvolvimento da planta, como foi feito neste trabalho, teve por objetivo determinar o grau de especificidade hospedeira dos diversos genótipos estudados, bem como a capacidade de seus nódulos de iniciarem a fixação e permanecerem eficientes.

A análise da variância para os dados, transformados para $\sqrt{X + 1}$, encontra-se na TABELA 6.

O valor de "F" para o efeito de variedades foi significativo, ao nível de 5% de probabilidade. Este resultado comprova uma superioridade do cultivar Pitiuba, com média geral de 27,73%, sobre o Seridó, que apresentou média de 25,34%. Note-se que destas médias participam os baixos valores, principalmente zero, registrados na primeira e segunda idades, 14 e 28 dias, respectivamente.

O efeito de idades sobre a porcentagem de nódulos eficientes, obteve o mais alto valor de "F" em relação às demais características estudadas. Observando-se a FIG. 6 constata-se que a porcentagem de nódulos eficientes é praticamente nula no período de 14 a 28 dias e alcança valores significativamente elevados no estágio de 42 a 56 dias.

Não foi estatisticamente significativa a interação entre idades e cultivares. Como ilustrado na FIG. 6, as curvas representativas dos dois cultivares são praticamente paralelas, indicando comportamento muito semelhante, ao longo de todo período estudado.

O efeito de genótipos dentro de cultivares sugere ser possível selecionar genótipos de acordo com a porcentagem de nódulos eficientes.

TABELA 6 - Análise da Variância para $\sqrt{X + 1}$, X = Percentagem de Nódulos Eficientes.

Causas de Variação		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Cultivares	(C)	1	15,62	15,62	4,41 *
Idades	(I)	3	14.285,73	4.761,91	1.345,17 **
Interação	(CI)	3	8,66	2,89	0,82 ns
Genótipos	(G)	148	790,93	5,34	1,51 **
Interação	(IG)	444	1.572,59	3,54	2,41 **
Resíduo	(R)	600	879,25	1,47	
TOTAL		1.199	17.552,78		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns Não significativo.

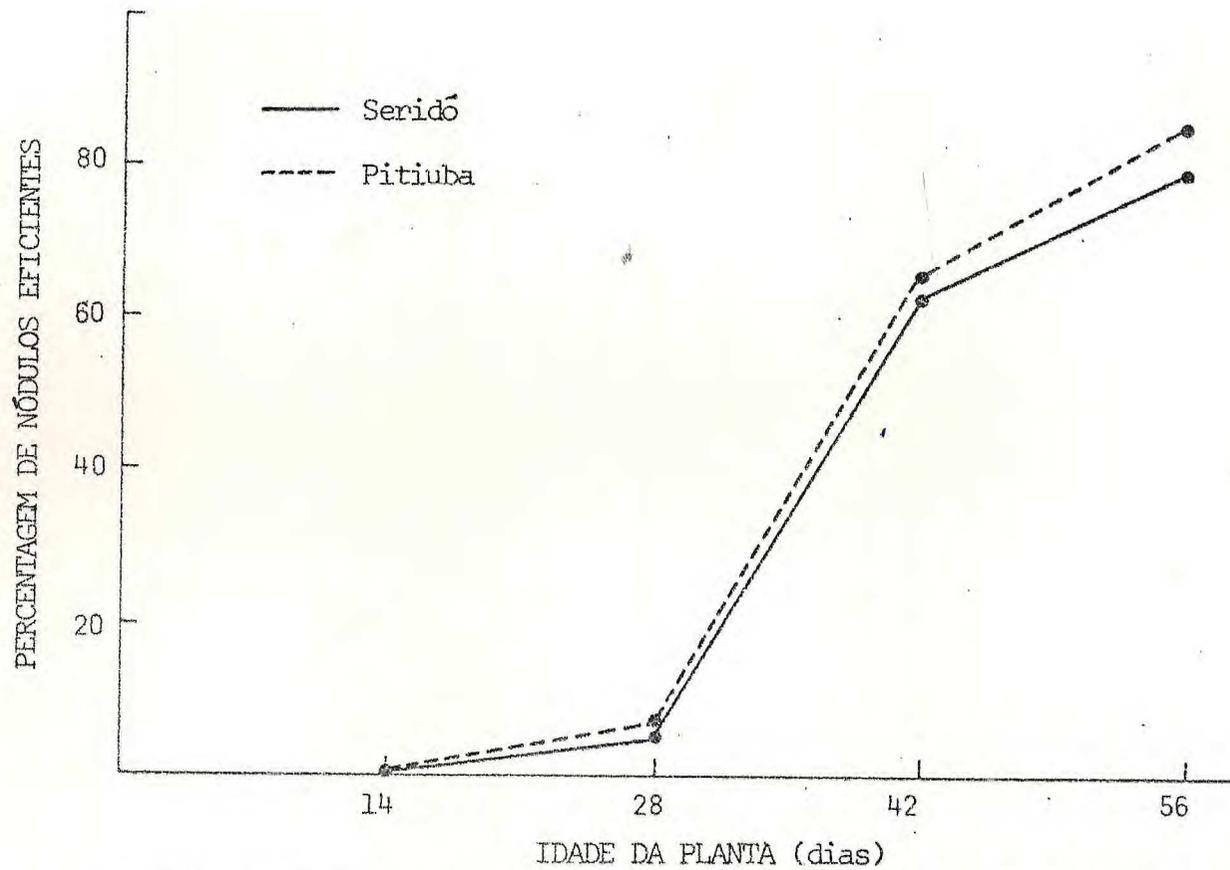


FIGURA 6 - Comportamento dos cultivares Seridô e Pitiuba em relação a % de nódulos eficientes no intervalo de 14 a 56 dias de idade da planta.

A análise de variância (TABELA 6) revela, ainda, significância para a interação entre genótipos e idades dentro de cada cultivar. Este resultado atesta um comportamento diferente entre os genótipos nas quatro idades estudadas. Do ponto de vista agrônomo é de grande interesse que as plantas iniciem a fixação de nitrogênio o mais cedo possível, e que, além disso, os nódulos permaneçam eficientes todo o tempo necessário para o fornecimento de nitrogênio, em nível satisfatório, para o pleno desenvolvimento da planta.

A TABELA 7 foi organizada com o objetivo de estudar o comportamento dos grupos de genótipos, caracterizados com base apenas no padrão de desenvolvimento do peso nodular, em suas relações com outras características estudadas, nos cultivares Seridó e Pitiuba. Referida tabela revela que cada característica assume valores médios diferentes nos diferentes grupos. Além disso, os coeficientes de variação são diferentes em cada grupo.

Correlações entre Caracteres

As TABELAS 8 e 9 apresentam os valores dos coeficientes de correlação entre as diversas características estudadas. O peso nodular, tanto no cultivar Seridó quanto no Pitiuba, está significativamente correlacionado, ao nível de 1% de probabilidade, com as demais variáveis, exceto com a produção por planta, a correlação entre número e % de nódulos eficientes também foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, nas duas variedades. Uma outra correlação significativa e, provavelmente, de interesse para o melhoramento do cultivar Seridó, foi observada entre a % de nódulos eficientes e o peso da massa verde.

TABELA 7 - Relação entre o Padrão de Desenvolvimento do Peso Nodular e outras Características em Feijão-de-Corda.

Cultivar Seridó

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos * #	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-1	S02105	33,47	25,75	22,32	51,08	5,13
	S07806	59,56	23,92	29,59	61,85	12,56
	S08001	49,64	26,44	35,26	53,71	5,82
	S08204	70,42	27,49	26,28	48,20	5,78
\bar{x}	-	53,27	25,90	28,36	53,71	7,32
s	-	15,69	1,50	5,48	5,87	3,51
C.V.	-	29,45	5,79	19,32	10,93	47,95
GS-2	S02202	46,56	37,22	28,75	87,45	13,82
	S02301	54,37	35,96	34,17	64,13	7,38
	S02604	40,09	33,54	28,60	59,11	11,13
	S02702	63,23	31,53	39,67	57,06	3,95
	S03405	38,49	26,33	30,52	48,34	2,27
	S04004	52,17	32,82	38,82	69,40	9,25
	S05806	64,37	39,96	40,22	57,06	1,11

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes ***	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-2	S05902	44,70	# 26,49	34,63	55,10	8,05
(Cont.)	S10505	53,24	22,97	36,74	66,92	3,04
	S12901	59,56	28,37	43,40	81,58	13,12
	S13303	49,84	29,53	43,94	64,85	2,46
	S14209	71,27	34,02	44,03	70,72	4,71
	S14305	67,46	29,68	41,76	79,03	4,03
	S14408	69,07	32,11	50,00	70,56	4,57
	S14504	61,42	28,48	41,90	71,35	9,36
	S14708	62,00	31,50	45,54	79,39	9,39
\bar{x}	-	56,12	31,28	38,92	67,63	6,73
s	-	10,25	4,37	6,24	10,76	4,00
C.V.	-	18,26	13,97	16,03	15,91	59,44
GS-3	S02801	74,31	41,34	44,73	59,58	0,43
	S03107	73,15	43,04	43,39	57,48	4,10
	S04502	56,66	30,91	41,03	60,10	3,24
	S06005	72,39	31,32	41,32	68,34	12,57
	S06501	83,70	37,28	47,74	74,55	3,34

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-3 (Cont.)	S06704	75,58	34,08	49,64	71,25	9,38
	S07302	85,94	39,98	51,58	79,86	1,56
	S08304	70,42	35,50	45,14	79,94	16,16
	S08403	69,82	25,65	39,38	56,45	1,96
	S08704	85,18	35,80	49,25	70,90	4,71
	S02201	59,19	29,69	35,44	92,57	7,37
	S13005	52,32	25,79	45,02	73,67	5,50
	S13106	67,02	37,78	42,92	92,68	7,09
	S13603	74,94	34,18	47,99	123,36	3,23
	S13702	47,71	30,55	45,76	77,60	1,30
\bar{x}	-	69,89	34,19	44,69	75,89	5,46
s	-	11,57	5,25	4,29	17,30	4,42
C.V.	-	16,55	15,36	9,60	22,80	80,95
GS-4	S08504	96,25	35,74	50,41	57,45	3,87
	S11504	50,05	23,93	36,68	61,72	4,97
\bar{x}	-	73,15	29,84	43,55	59,59	4,42
s	-	32,67	8,35	9,71	3,02	0,78
C.V.	-	44,66	27,98	22,30	5,07	17,65

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-5	S02904	50,50	26,97	37,64	54,01	2,74
	S03809	77,05	46,35	41,63	72,93	4,15
	S04406	56,56	30,13	41,36	61,10	7,35
	S05105	79,27	39,50	48,41	56,69	9,79
	S06303	90,46	41,87	47,55	73,55	3,01
	S06802	79,31	41,40	50,25	111,55	5,80
	S07502	74,16	23,03	41,86	62,55	5,34
	S09504	61,54	22,23	41,25	84,90	7,66
	S09607	58,05	20,81	42,13	67,06	14,78
	S12803	74,87	34,27	50,75	68,18	8,77
	S13208	39,99	18,32	39,57	57,86	3,47
	S13402	41,36	24,63	41,29	67,95	2,39
\bar{x}	-	65,26	30,79	43,64	69,86	6,27
s	-	16,26	9,57	4,38	15,67	3,64
C.V.	-	24,92	31,08	10,04	22,43	58,05

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-6	S03202	72,93	39,65	42,26	60,22	2,61
	S07003	81,47	34,71	44,42	80,87	11,55
	S07405	78,28	30,67	50,15	68,56	19,54
	S07708	65,76	27,07	32,64	56,26	4,20
	S09401	61,94	29,20	39,68	64,44	8,29
	S12502	55,94	19,19	38,79	78,36	7,29
	S13502	63,51	32,96	43,11	95,66	2,32
\bar{x}	-	68,55	30,49	41,58	72,06	7,97
s	-	9,28	6,44	5,41	13,76	6,08
C.V.	-	13,54	21,12	13,01	19,08	76,29
GS-7	S07910	117,86	44,05	47,12	71,88	7,00
	S08602	111,50	39,80	52,35	91,93	2,83
\bar{x}	-	114,58	41,93	49,74	81,91	4,92
s	-	4,50	3,01	3,70	14,18	2,95
C.V.	-	3,93	7,18	7,44	22,20	59,96

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-8	S02407	57,59	35,94	41,30	42,80	4,39
	S03304	54,92	33,77	38,98	59,10	7,04
	S03705	35,23	26,61	24,85	52,22	3,74
	S04202	53,19	25,30	28,06	96,01	3,35
	S04704	48,66	21,37	36,57	56,01	3,25
	S05602	66,50	30,42	35,28	53,86	5,41
	S06602	57,06	29,93	34,66	95,18	2,73
	S07207	68,36	40,15	39,20	67,55	5,54
	S09204	60,64	28,91	42,89	54,11	12,95
	S11201	41,32	16,36	29,23	59,18	1,70
	S14101	54,43	20,57	41,83	104,48	10,21
\bar{x}	-	54,35	28,12	35,71	67,32	5,48
s	-	9,85	7,06	6,03	21,04	3,41
C.V.	-	18,12	25,11	16,89	31,25	62,23
GS-9	S13903	49,78	36,65	43,66	90,63	2,39

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GS-10	S04901	60,28	37,75	41,03	48,06	12,21
	S05204	82,84	38,01	49,85	63,27	24,57
	S05504	92,08	38,58	48,40	77,82	2,34
	S12305	87,75	28,90	46,47	100,32	9,95
	S14803	73,91	31,76	48,53	121,01	10,36
\bar{x}	-	79,37	35,00	46,86	82,10	11,89
s	-	12,63	4,39	3,47	29,06	8,03
C.V.	-	15,91	12,54	7,41	35,40	67,54
$\bar{\bar{x}}$	-	68,33	32,42	41,62	72,07	6,29

Cultivar Pitiuba

GP-1	P00301	55,51	27,67	49,59	50,62	7,86
	P01101	43,39	31,02	41,44	55,61	6,60
	P01601	38,43	24,83	34,23	56,29	9,15
	P01802	52,05	26,92	37,49	74,67	8,97
	P02404	50,79	28,58	30,39	40,82	2,64
	P02703	53,70	28,65	50,62	50,43	2,57

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GP-1 (Cont.)	PO4303	38,28	20,75	37,94	61,21	7,59
	PO5502	43,47	21,15	35,15	82,38	44,17
	PO8807	36,69	27,86	48,62	56,62	29,58
	PO9103	50,76	27,78	54,62	37,05	7,43
	PI0403	25,33	13,56	34,42	42,28	7,48
	PI0603	38,85	20,66	40,47	55,23	4,78
	\bar{x}	-	43,94	24,95	41,25	55,27
s	-	8,92	4,97	7,79	13,16	12,41
C.V.	-	20,30	19,92	18,88	23,81	107,27
GP-2	PO8702	37,54	22,74	49,44	64,40	7,93
	PO9204	53,23	28,91	49,73	39,07	2,48
	PO9306	44,13	20,07	48,18	36,61	4,58
	PO9706	48,50	26,19	40,19	58,07	0,37
	\bar{x}	-	45,85	24,48	46,89	49,54
s	-	6,67	3,87	4,51	13,78	3,22
C.V.	-	14,55	15,81	9,62	27,82	83,85

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GP-3	PO1202	54,75	32,62	46,88	55,08	2,70
	PO1702	66,12	40,75	44,37	74,25	1,12
	PO3508	69,75	31,29	38,18	62,60	6,99
	PO3605	77,23	37,51	49,09	56,89	13,28
	PO3703	62,79	31,82	48,06	57,29	26,21
	PO7905	79,96	32,19	45,95	64,85	2,41
	PO10102	64,59	30,42	48,02	62,83	8,66
\bar{x}	-	67,88	33,80	45,79	61,97	8,77
s	-	8,65	3,82	3,70	6,52	8,79
C.V.	-	12,74	11,30	8,08	10,52	100,23
GP-4	PO3801	34,47	19,26	36,77	61,14	10,39
	PO4001	37,42	18,11	34,78	66,43	24,95
	PO4102	42,41	25,84	39,76	45,31	4,46
	PO8603	34,68	15,93	40,12	63,33	2,81
	PO9503	27,31	17,17	37,60	52,46	4,12
\bar{x}	-	35,26	19,26	37,81	57,73	9,35
s	-	5,48	3,88	2,20	8,67	9,20
C.V.	-	15,54	20,15	5,82	15,02	98,40

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GP-5	P00402	76,19	34,31	43,99	54,88	8,61
	P00702	61,44	38,07	47,57	57,84	4,42
	P00804	69,02	30,18	37,93	47,02	8,94
	P02505	57,93	28,68	41,28	47,91	7,65
	P02605	69,26	30,65	40,68	53,52	8,54
	P02801	61,30	28,99	36,01	55,83	6,86
	P03105	82,70	39,30	48,93	50,18	16,23
	P03203	77,41	34,49	45,52	67,81	13,34
	P06702	79,15	31,30	47,79	52,35	25,23
	P06802	86,34	34,08	47,78	53,97	16,64
	P07103	69,63	30,45	44,20	58,04	14,71
	P07202	70,18	32,29	45,95	61,78	2,48
	P07301	75,98	32,03	50,06	59,71	2,07
	P07403	78,48	35,42	48,87	60,12	10,30
	P07501	68,38	33,23	46,61	56,57	8,26
	P07603	71,17	31,29	50,85	69,99	1,26

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GP-5	PO7703	74,12	33,42	43,87	61,62	4,04
(Cont.)	PO7803	72,55	37,73	45,89	99,88	4,27
	PO8003	91,79	37,27	48,18	69,61	3,79
	PO8202	55,41	28,74	47,04	68,51	9,43
	PO8501	58,96	28,55	47,85	58,99	10,13
	PO9408	63,07	29,45	48,78	44,07	5,05
	PO9604	64,84	34,55	45,14	53,49	6,57
	PO9904	51,09	25,41	41,21	73,85	8,77
\bar{x}	-	70,27	32,50	45,50	59,90	8,65
s	-	9,95	3,51	3,78	11,46	5,52
C.V.	-	14,16	10,80	8,31	19,13	63,82
GP-6	PO1304	30,36	21,88	26,77	51,89	5,52
	PO1504	26,60	19,00	29,95	61,24	21,18
	PO2104	47,59	31,02	30,49	77,58	0,92
	PO2301	40,21	19,16	35,52	56,54	5,21
	PO2903	52,79	29,54	40,36	47,82	2,04
	PO3004	37,81	23,64	41,43	45,21	3,93

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GP-6	PO3904	32,34	15,43	32,33	55,97	16,16
(Cont.)	PO4402	41,04	21,94	36,83	57,69	7,59
	PO8302	50,35	22,92	40,76	44,52	9,13
	PO8906	49,71	27,04	48,89	49,67	15,28
	PI0001	59,43	25,95	43,33	63,64	3,49
\bar{x}	-	42,57	23,41	36,97	55,62	8,22
s	-	10,32	4,70	6,69	9,62	6,56
C.V.	-	24,24	20,08	18,10	17,30	79,81
GP-7	PO0203	71,30	33,95	38,41	57,77	3,78
	PO0501	49,01	32,83	40,85	70,60	10,57
	PO0602	61,44	38,87	43,68	51,49	17,07
	PO1005	66,34	34,96	44,85	61,90	9,81
	PO2001	53,63	29,83	42,93	91,91	11,75
	PO2204	39,10	25,38	42,28	29,08	5,13

TABELA 7 - (Continuação).

Grupo	Genótipo	Peso nodular (mg) *	Nº de nódulos *	% de nódulos eficientes **	Peso da massa verde (g)	Produção de grãos/planta (g)
GP-7	PO8101	71,30	33,25	47,15	59,25	2,84
(Cont.)	PO9802	54,45	29,52	48,52	59,41	0,34
\bar{x}	-	58,32	32,07	43,67	60,18	7,66
s	-	11,36	4,30	3,25	17,60	5,56
C.V.	-	19,48	13,41	7,44	29,25	75,58
GP-8	PO0902	54,78	37,42	29,41	65,31	6,76
	PO6602	66,75	34,18	51,62	54,16	18,27
	PO6901	71,61	34,78	48,60	53,38	15,09
	P10303	71,70	30,53	52,18	63,50	3,49
\bar{x}	-	66,21	34,23	45,45	59,59	10,90
s	-	7,96	2,84	10,81	5,63	6,93
C.V.	-	12,02	8,30	23,78	9,45	63,58
$\bar{\bar{x}}$	-	53,79	28,09	42,92	57,48	8,62

* Somatório de todas as idades de dados transformados para $\sqrt{X + 0,5}$.

** Somatório de todas as idades de dados transformados para $\sqrt{X + 1}$.

Sobre a inexistência de correlação entre o peso dos nódulos e a produção de grãos, verificada no presente trabalho, PESSANHA et al. (1972) obtiveram resultado semelhante em *Phaseolus vulgaris* (L.). Estes pesquisadores aceitaram a presença de nitrogênio no solo, em quantidade adequada, como uma explicação. De fato, se o peso dos nódulos está correlacionado com a quantidade de nitrogênio fixada simbioticamente, e este elemento é considerado essencial para o desenvolvimento da planta a partir do ponto em que deixa de atuar como fator limitante, é aceitável que não mais exerça influência sobre a produção. Análises químicas revelam que o suprimento artificial de nitrogênio aplicado ao solo utilizado no presente trabalho foi suficiente para garantir um pleno desenvolvimento das plantas.

Em face desta ausência de correlação entre nodulação e produção de feijão-de-corda, no caso em que o nitrogênio não atuou como fator limitante, sugere-se para uma etapa subsequente, a inclusão de diferentes níveis de nitrogênio como meio de avaliação da capacidade fixadora dos diversos genótipos estudados.

Nas TABELAS 10 e 11 encontram-se os coeficientes de correlação entre as diversas características estudadas dentro dos diferentes grupos, para os cultivares Seridó e Pitiuba, respectivamente. Provavelmente devido ao pequeno número de pares de dados usados nos cálculos, e a grande variância que os dados obtidos para as diversas características apresentam, poucos são os valores de "r" estatisticamente significativos; mesmo assim há uma tendência dos grupos a apresentarem valores semelhantes aos apresentados pelas variedades.

TABELA 8 - Coeficientes de Correlação entre Variáveis Estudadas do Cultivar Seridó.

	Produção de grãos/planta (g)	Peso da massa verde (g) (*)	% de nódulos eficientes (**)	Nº de nódulos (***)	Peso nodular (mg) (***)
Peso nodular (mg)	0,102	0,297 **	0,724 **	0,621 **	
Nº de nódulos	0,003	0,126	0,483 **		
% de nódulos eficientes	0,074	0,352 **			
Peso da massa verde (g)	0,063				
Produção de grãos por planta (g)					

(*) Soma dos dados de todas as idades.

(**) Soma dos dados de todas as idades transformados para $\sqrt{X + 1}$.

(***) Soma dos dados de todas as idades transformados para $\sqrt{X + 0,5}$.

** Valor de "r" significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 9 - Coeficientes de Correlação entre Variáveis Estudadas do Cultivar Pitiuba.

	Produção de grãos/planta (g)	Peso da massa verde (g) (*)	% de nódulos eficientes (**)	Nº de nódulos (***)	Peso nodular (mg) (***)
Peso nodular (mg)	0,104	0,658 **	0,524 **	0,846 **	
Nº de nódulos	0,092	0,193	0,461 **		
% de nódulos eficientes	0,044	0,097			
Peso da massa verde (g)	0,096				
Produção de grãos por planta (g)					

(*) Soma dos dados de todas as idades.

(**) Soma dos dados de todas as idades transformados para $\sqrt{X + 1}$.

(***) Soma dos dados de todas as idades transformados para $\sqrt{X + 0,5}$.

** Valor de "r" significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 10 - Correlações, entre as Variáveis Estudadas, dentro de Grupos do Cultivar Seridó.

Corre- lações	Grupos									
	GS-1	GS-2	GS-3	GS-4 (1)	GS-5	GS-6	GS-7 (1)	GS-8	GS-9 (2)	GS-10
r _{ab}	0,22	0,23	0,62 *	1,00	0,60 *	0,67	1,00	0,67 *	-	-0,10
r _{ac}	0,26	0,82 *	0,53 *	1,00	0,71 **	0,64	-1,00	0,69	-	0,73
r _{ad}	0,03	0,39	0,00	-1,00	0,38	-0,10	-1,00	0,09	-	0,29
r _{ae}	0,34	-0,25	0,00	-1,00	0,14	0,53	1,00	0,40	-	-0,23
r _{bc}	-0,05	-0,03	0,42	1,00	0,62 *	0,42	-1,00	0,40	-	-0,03
r _{bd}	-0,93	0,17	0,02	-1,00	0,36	-0,08	-1,00	-0,27	-	-0,79
r _{be}	-0,84	0,13	-0,11	-1,00	-0,14	-0,11	1,00	0,14	-	0,15
r _{cd}	0,39	0,30	0,12	-1,00	0,50	0,36	1,00	-0,22	-	0,49
r _{ce}	0,22	-0,27	-0,15	-1,00	0,27	0,67	-1,00	0,69 *	-	0,18
r _{de}	0,92	0,57 *	0,11	1,00	0,00	-0,05	-1,00	0,05	-	-0,33

(1) Dados não comparáveis pela inexistência de limites na tabela de "r".

(2) Dados não calculados devido ao número de pares de dados ser insuficiente.

** Valor de "r" significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Valor de "r" significativo ao nível de 5% de probabilidade.

a = peso nodular; b = nº de nódulos; c = % de nódulos eficientes; d = peso da massa verde; e = produção de grãos por planta.

TABELA 11 - Coeficientes de Correlação, entre as Variáveis Estudadas, dentro de Grupos do Cultivar Pitiuba.

Corre- lações	Grupos							
	GP-1	GP-2	GP-3	GP-4	GP-5	GP-6	GP-7	GP-8
r _{ab}	0,74 **	0,78	0,25	0,73	0,69 **	0,68 **	0,70 *	-0,82
r _{ac}	0,40	-0,24	-0,06	0,12	0,24	0,72 **	0,10	0,92
r _{ad}	0,02	-0,57	0,20	-0,19	0,02	0,03	0,20	-0,53
r _{ae}	-0,20	-0,84	-0,02	0,21	0,25	-0,52	-0,08	0,20
r _{bc}	0,44	-0,29	0,04	0,09	0,37	0,37	0,02	-0,82
r _{bd}	-0,10	0,00	0,52	-0,52	0,18	0,23	0,01	0,05
r _{be}	-0,15	-0,60	0,24	-0,12	-0,02	-0,60	0,46	-0,77
r _{cd}	-0,29	-0,36	-0,38	-0,45	0,16	-0,43	-0,06	-0,61
r _{ce}	-0,06	0,71	0,21	-0,89 *	0,01	-0,07	-0,29	0,33
r _{de}	0,64 *	0,27	-0,51	0,60	-0,30	-0,12	0,26	-0,94

* Valor de "r" significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Valor de "r" significativo ao nível de 1% de probabilidade.

a = peso nodular; b = nº de nódulos; c = % de nódulos eficientes; d = peso da massa verde; e = produção de grãos por planta.

RESUMO E CONCLUSÕES

O comportamento de caracteres presumivelmente relacionados com a fixação simbiótica de nitrogênio foi estudado em dois cultivares de feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. O objetivo central do trabalho foi a investigação da variabilidade e do possível controle genético desses caracteres, tendo em vista o estabelecimento de critérios para o melhoramento da cultura no que respeita à eficiência da atividade simbiótica com possíveis benefícios para a sua produtividade.

Foram estudados o peso e número de nódulos, a percentagem de nódulos eficientes, o peso da parte aérea da planta e a produção de sementes por planta.

O delineamento experimental possibilitou o estudo da variação entre cultivares, entre plantas dentro de cultivares e suas interações com o estágio de desenvolvimento, para cada caráter estudado.

Os resultados experimentais permitem concluir que:

- (1) Os cultivares estudados diferem significativamente entre si com respeito aos caracteres investigados;
- (2) Existe uma ampla variabilidade entre as plantas de um mesmo cultivar, sugerindo a possibilidade de seleção de genótipos mais eficientes com respeito a caracteres relacionados com a atividade simbiótica;
- (3) No que respeita ao peso dos nódulos foi possível a identificação de genótipos de comportamento semelhante e a sua reunião em grupos característicos, o que sugere que o peso dos nódulos é geneticamente controlado;

- (4) Nenhum dos caracteres estudados correlacionou-se significativamente com a produção de sementes, não se podendo, portanto, determinar suas possíveis influências na produção econômica da planta, sugerindo-se que isto se deveu, provavelmente, ao abundante suprimento de nitrogênio combinado;
- (5) No cultivar Seridó a percentagem de nódulos eficientes mostrou-se correlacionada com o peso da massa verde, sugerindo a possibilidade de ser usado tal caráter como critério de seleção para a obtenção de linhagens mais eficientes.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, D.L. de; G.G. PESSANHA e A. de F. PENTEADO. 1973. Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Pesquisa agropecuária brasileira. Sér. Agron., 8 : 127-130.
- ALVES, M.F. 1970. O capim Mato Grosso e sua influência na nodulação do cow-pea (*Vigna sinensis* (L.) Savi). V Reunião Latino-Americana de Rhizobium. 92-96.
- BALASUBRAMANIAN, V. e S.K. SINHA. 1976. Effects of salt stress on growth, nodulation and nitrogen fixation in cow-pea and mung beans. *Physiol. Plant.* 36 : 197-200.
- CAMPÊLO, A.B. e J. DOBEREINER. 1969. Estudo sobre a inoculação cruzada de algumas leguminosas florestais. *Pesq. Agropec. Bras.* 4 : 59-66.
- CHENIAE, G. e H.J. EVANS. 1959. Physiological studies on nodule-nitrate reductase. *Plant Physiology.* 454-462.
- CABEDA, M.S.V. e J.K.J. FREIRE. 1969. Informe preliminar sobre os efeitos da toxidez de manganês e de alumínio sobre a nodulação e fixação de nitrogênio em soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em solos ácidos do Rio Grande do Sul. IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. 282-294.
- CARVALHO, R. de S. 1946. As bacterias dos nódulos das raizes das leguminosas. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.* 3 : 10-26.
- DIEST, M.V. 1969. Estudios de compatibilidad entre tres cepas de *Rhizobium phaseoli* y algunos pesticidas. IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. 400-404.
- DELWICHE, C.C.; C.M. JOHNSON e H.M. REISENAUER. 1960. Influence of cobalt on nitrogen fixation by medicago. *Plant Physiology.* 36 : 73-78.

- EREJOMOVICH, J.A.; R.N. DIEGUES; J.C. BASURCO e E. SCHIEL. 1969. Determinacion - a campo - para verificar los efectos de la inoculacion artificial de leguminosas. IV Reunión Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. 394-399.
- FRANCO, A.A. e J. DOBEREINER. 1967. Especificidade hospedeira na simbiose com *Rhizobium*-feijão e influência de diferentes nutrientes. *Pesq. Agropec. Bras.* 2 : 467-474.
- e —————. 1968. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* (L.) *Pesq. Agropec. Bras.* 3 : 223-227.
- FRITZ, G.J. e G.R. NOGGLE ed. 1975. Assimilation of inorganic nutrients. *Introductory Plant Physiology*. Prentice-Hall Biological Sciences Series, N.J.
- GUSS, A. e J. DOBEREINER. 1972. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Pesq. Agropec. Bras. Sér. Agron.*, 7 : 87-92.
- HABISH, H.A. e A.A. MAHDI. 1976. Effect of soil moisture on nodulation of cow-pea and hyacinth bean. *J. Agric. Sci., Camb.* 86 (3) : 553-560.
- HUBBEL, D.H. 1970. A comparison of root hair infection in temperate, subtropical and tropical legume - *Rhizobium* combinations. V Reunión Latino-Americana de *Rhizobium*. 11-13.
- LECLERG, E.L.; W.H. LEONARD e A.G. CLARK ed. 1966. Transformation of experimental data. *Field Plot Technique*. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota.
- LONGERI, L. e M. CORREA. 1969. Estudio de algunos factores que afectan la fijación simbiótica del nitrogen en *Trifolium* sp. IV Reunión Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. 304-311.

- MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; D. WEBER; E.S. FREIRE; G. di SORDI; R. HIROCE; J.S. TANGO e L.A.C. LOVANDINI. 1969. Comportamento de cinco variedades de soja cujas sementes foram inoculadas com diferentes misturas de estirpes de *Rhizobium*. IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para leguminosas. 366-380.
- MATTOS, H.B. 1970. Estudo da nodulação em *Galactia striata*. V Reunião Latino-Americana de Rhizobium. 221-224.
- MUNDSTOCK, C.M. e J.R. FREIRE. 1969. Efeito da pitulação de sementes, calagem e molibidênio sobre a nodulação e produção de trevo branco (*Trifolium repens*). IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. 153-161.
- NUTMAN, P.S. 1970. Genetics of legume nodulation. V Reunião Latino-Americana de Rhizobium. 122-134.
- PAIVA, J.B.; P.D. BARRETO e C.A.M. SOBRAL. 1975. Introdução de cultivares de feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. Relatório de Pesquisa. Convênio SUDENE/UFC.
- PESSANHA, G.G.; A.A. FRANCO; J. DOBEREINER; A. GROSZMANN e D.P.P. de S. BRITO. 1972. Correlação negativa da nodulação com produção de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em solos onde nitrogênio não é fator limitante. Pesq. Agropec. Bras., Sér. Agron., 7 : 49-56.
- PETERS, R.J. e M. ALEXANDER. 1966. Effect of legume exudates on the root nodule bacteria. Soil Science. 102 (6) : 380-387.
- RIOS, G.P. e J. DOBEREINER. 1970. Efeitos da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e do inoculante na fisiologia da nodulação em condições de campo. V Reunião Latino-Americana de Rhizobium. 25-35.
- ROCHA, H.M.; P. de T. ALVIM e J. DOBEREINER. 1969. Radiação solar e fixação de nitrogênio em soja (*Glycine max*). IV Reunião Latinoamericana sobre Inoculantes para Leguminosas. 351-365.

RUSCHEL, A.P.; D.P.P. de S. BRITTO e L.F. de CARVALHO. 1969. Efeito do boro, molibudênio e zinco quando aplicados ao revestimento da semente na fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Pesq. Agropec. Bras.* 4 : 29-37.

————— e H.W. REUSZER 1973a. Desenvolvimento da nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em variedades de soja, em diferentes estádios do desenvolvimento da planta. *Pesq. Agropec. Bras. Sér. Agron.*, 8 : 251-256.

————— e ————— 1973b. Fatores que afetam a simbiose *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris*. *Pesq. Agropec. Bras., Sér. Agron.*, 8 : 287-292.

————— e P.A. da EIRA. 1969. Fixação simbiótica do nitrogênio na soja (*Glycine max* (L.) Merrill): influência da adição de cálcio ao solo e molibidênio ao revestimento da semente. *Pesq. Agropec. Bras.* 4 : 103-107.

————— e R. RUSCHEL 1975a. Avaliação da fixação simbiótica de nitrogênio em feijão. *Pesq. Agropec. Bras., Sér. Agron.* 10 : 11-17.

————— e ————— 1975b. Sinergia da absorção de nitrogênio do solo e da fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico dirigida para o aumento do nitrogênio total da soja (*Glycine max*). *Pesq. Agropec. Bras., Sér. Agron.*, 10 : 37-40.

RUSCHEL, A.P.; R. RUSCHEL; D.L. de ALMEIDA e A.R. SUHET. 1974. Influência do nitrogênio mineral e orgânico na fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico em soja. *Pesq. Agropec. Bras., Sér. Agron.*, 9 : 125-129.

SERPA, A. e L.A. CUNHA FILHO. 1970. Variação hereditária e ambiente das características número de nódulos e comprimento da raiz principal em *Centrosema pubescens* Benth. V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. 1-10.

- SIQUEIRA, O.J.F. de e J.S. VOLKWEISS. 1970. Relação entre o pH do solo e N nítrico com a nodulação e rendimento de trevo vermelho. V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. 147-152.
- SOUTO, S. M.; A. A. FRANCO e J. DOBEREINER. 1970. Influência da intensidade da luz solar na simbiose e desenvolvimento do siratro, *Phaseolus antropurpureus* D.C. V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. 55-77.
- ; A.C. CÔSER e J. DOBEREINER. 1970. Especificidade de uma variedade nativa de "Alfafa do Nordeste", *Stylosantes gracilis* H.B.K., na simbiose com *Rhizobium* sp. V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. 78-83.
- e J. DOBEREINER. 1968. Efeito do fósforo, temperatura e umidade do solo na nodulação e no desenvolvimento de duas variedades de soja perene (*Glycine javanica* L.). *Pesq. Agropec. Bras.* 3 : 215-221.
- e —————. 1969. Fixação de nitrogênio e estabelecimento de duas variedades de soja perene (*Glycine javanica* L.) com três níveis de fósforo e de cálcio, em solo com toxidez de mangês. *Pesq. Agropec. Bras.* 4 : 59-66.
- SUMMERFIELD, R.J. e F.R. MINCHIN, F.R. 1976. Root growth in cow-pea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seedlings. *Tropical Agriculture, Trinidad*. 53 (3) : 199-209.
- VASCONCELOS, I.; I.T. LIMA e J.F. ALVES. 1975. Desempenho de nove estirpes de *Rhizobium* sp em simbiose com feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. *Ciên. Agron.*, 5 (1-2) : 1-6.
- ; J.B. PAIVA; L.A. CRISÓSTOMO e F.J. de OLIVEIRA. 1976. Confronto entre a inoculação artificial de rizobios e a adubação nitrogenada em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, em duas micro-regiões homogêneas do Estado do Ceará, Brasil. *Ciên. Agron.*, 6(1-2) : 105-108.

VASCONCELOS, I.; J.B. PAIVA e J.N.E. FROTA. 1974. Efeito da interação rizobio-adubação nitrogenada em soja, *Glycine max* (L.) Merrill. Ciên. Agron., 4(1-2) : 99-104.

—————; J.F. ALVES e I.T. LIMA. 1976. Nodulação do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, ao longo do ciclo cultural da planta. Ciên. Agron., 6(1-2) : 11-15.

—————; J.N.E. FROTA e J.B. PAIVA. 1974. Comportamento de cultivares de soja, *Glycine max* (L.) Merr., frente a dois inoculantes mistos. Ciên. Agron. 4(1-2) : 25-29.

VIDOR, C. e J.R.J. FREIRE. 1970. Experimento sobre o efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica do nitrogênio pela soja. V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. 161-166.