



Soja

Manejo para alta
produtividade de grãos

André Luís Thomas & José Antonio Costa
Organizadores



Porto Alegre
2010

© dos autores
1ª edição: 2010

Editoração eletrônica e capa: Rafael Marczal de Lima
Fotos da capa: Dirceu Gassen
Impressão e fotolitos: Evangraf Ltda.

Pedidos desta publicação:

– andrethomas20@hotmail.com, thomaspl@ufrgs.br
– jamayerc@gmail.com, jamc@ufrgs.br

Todos os direitos reservados. A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

CIP - Catalogação Internacional na Publicação

S683 Soja : manejo para alta produtividade de grãos / organizadores
AndréLuís Thomas, José Antonio Costa. – Porto Alegre : Evangraf,
2010. 248 p. : il.; 23 cm.

Inclui referências.

ISBN 978-85-7727-226-6

1. Soja - Manejo. 2. Soja - Produtividade. 3. Produtividade
agrícola. 4. Cultivos agrícolas - Rendimento. 5. Solos - Manejo. 6.
Fertilidade do solo. I. Thomas, André Luís. II. Costa, José Antonio.

CDU 633:34
CDD 633.34

(Bibliotecária responsável: Sabrina Leal Araujo – CRB 10/1507)

SOJA

Manejo para alta produtividade de grãos

André Luís Thomas & José Antonio Costa

Organizadores



Porto Alegre

2010

Monitoramento de lavouras - Opção de manejo para altos rendimentos de soja

José Antonio Costa¹ & André Luís Thomas²

Este capítulo tem como objetivo fornecer a pesquisadores e a técnicos de campo ferramentas para avaliações de suas áreas cultivadas com soja (parcelas experimentais ou lavouras), de forma criteriosa e tecnicamente correta, podendo utilizar os dados como indicativo para a tomada de decisões de manejo, bem como no auxílio da mensuração de efeitos de tratamentos experimentais com a cultura. Para os produtores, esta metodologia pode ajudar a entender como a soja se comporta frente a diferentes opções de manejo, objetivando a obtenção de altos rendimentos, assim como ajudar a quantificar a variabilidade espacial e temporal nas lavouras. Graças à determinação do potencial de produtividade, é possível estabelecer metas realistas de rendimento, em cada região, propriedade e mesmo em glebas dentro de áreas maiores.

No momento em que os lucros com a atividade agrícola são cada vez mais difíceis de serem obtidos, com a competitividade acirrada nos mercados mundiais, é fundamental que se conheçam a potencialidade da lavoura que se está manejando, e a variabilidade existente no rendimento de grãos e nos fatores responsáveis por esta variabilidade. Portanto, o método de Monitoramento de Lavouras está intimamente relacionado com ferramentas atuais de manejo, como a Agricultura de Precisão.

¹ Professor Titular Aposentado da Faculdade de Agronomia da UFRGS. E-mail: jamc@ufrgs.br

² Professor da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Caixa Postal 15100, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS. E-mail: thomaspl@ufrgs.br

O material aqui apresentado sintetiza os resultados obtidos com a pesquisa em Fisiocologia e Manejo da Cultura da Soja, no Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com a contribuição de inúmeros estudantes de iniciação científica e pós-graduação, de mestrado e doutorado, e de muitas dissertações, teses e artigos científicos e de divulgação, escritos ao longo do tempo.

1. Introdução

O monitoramento de lavouras tem como objetivo fornecer informações que permitam opções de manejo para a obtenção de altos rendimentos de soja. Para tanto, por meio de amostragens, é feita a avaliação do crescimento do caule e dos ramos e do surgimento no tempo, da localização, tipo e quantidade de estruturas reprodutivas nas plantas de soja.

Com base nos dados obtidos, pode-se tomar decisões que vão influenciar o rendimento atual da lavoura, como a cobertura do solo, irrigação, controle de insetos, tratamento químico da parte aérea para preservação de área foliar, controle de doenças de final de ciclo; bem como aquelas que vão determinar o desempenho futuro da área, como inoculação da(s) cultura(s) antecedente(s), análise de solo (em mais de uma profundidade), incluindo micronutrientes, correção das características químicas e físicas do solo sempre que necessário, uso de sementes de qualidade, de cultivares com alto potencial de rendimento, tratamento de sementes, inoculação anual, adoção de novos arranjos espaciais das plantas, exame das raízes, verificação de existência de camada compactada, avaliação da nodulação, análise foliar e estimativa do rendimento.

O sistema aqui proposto avalia, identifica e registra a área foliar, a estatura da planta, o comprimento e o número de nós no caule, número de ramos, comprimento dos entrenós e número de nós nos ramos, nós férteis no caule e nos ramos, acúmulo de matéria seca no caule e nos ramos, produção e retenção de flores, legumes e grãos no caule e nos ramos.

Nas variedades de hábito de crescimento determinado, a contribuição dos ramos para o rendimento é considerável. A pesquisa

tem mostrado que, nas nossas variedades, até 70% dos legumes totais da planta podem ser produzidos nos ramos. Já está determinado também que a posição mediana (6º ao 10º nó) da planta é onde se localiza a maior parte das flores, dos legumes e dos grãos.

Mas, para saber se isto está acontecendo de forma satisfatória, e sabê-lo em tempo para tomar decisões de manejo, é necessário fazer o monitoramento sistemático da lavoura. A amostragem sequencial de plantas ajuda a identificar problemas a tempo de corrigi-los.

2. Amostragem

2.1. Quando Amostrar

Sugere-se amostragens da lavoura ou áreas experimentais aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência, no pré-florescimento, para determinar a população de plantas (número de plantas por unidade de área), para a avaliação da nodulação e para a quantificação do crescimento. Os dados coletados permitem o cálculo de parâmetros fisiológicos que refletem o vigor das plantas e da população.

O monitoramento no período reprodutivo deve começar no florescimento pleno (R2), que é quando o caule já apresenta a maioria dos nós e inicia o desenvolvimento dos ramos. As amostragens seguintes devem ser feitas no início da formação de legumes (R3), na formação de legumes (R4), no início do enchimento de grãos (R5), no máximo volume de grãos (R6), na maturação fisiológica (R7) e na maturação (R8). Recomenda-se a determinação dos estádios de desenvolvimento utilizando a escala adaptada por Costa & Marchezan, 1982.

2.2. Como Amostrar

É preciso selecionar os locais de monitoramento, que têm que ser representativos dos tipos de situações presentes; fazer a leitura dos estádios de desenvolvimento nos mesmos locais, com 7 a 10 dias de intervalo; utilizar alguma maneira de marcar as plantas da amostra que torne fácil a sua localização. O uso de bandeirolas coloridas economiza tempo na identificação das áreas escolhidas. O número de locais de amostragem vai depender da uniformidade da lavoura. Em

geral, cada amostra deve representar 5 a 10 hectares. Em áreas experimentais deve-se amostrar todas as repetições de cada tratamento que está sendo testado.

A frequência de amostragem e a área que cada local representa dependem do objetivo do monitoramento. Se o desejado é comparar o desenvolvimento de uma lavoura testemunha (manejada de forma tradicional) com outra que está sendo manejada de forma diversa ou na qual está sendo testada uma prática nova, o número de amostragens pode ser reduzido. Por exemplo, realizando-se uma amostragem, quando a prática for aplicada para servir como testemunha; proceder uma em R2 (florescimento), para determinar a matéria seca por área como indicativo do rendimento; outra em R5 (início do enchimento de grãos), que é um estágio crítico; e a última na colheita (R8).

A escolha das plantas da amostra para serem monitoradas é muito importante. Deve-se percorrer toda a lavoura para identificar amostras representativas de situações diferenciadas de cada gleba.

Em cada amostragem selecionar 10 plantas de cada local. As amostragens devem ser feitas após a leitura (realização das determinações) das plantas que estão sendo monitoradas. Estas plantas escolhidas devem ser representativas das plantas do local e estar no mesmo estágio de desenvolvimento daquelas que estão sendo monitoradas. Não se deve coletar as plantas que estão sendo monitoradas. As plantas amostradas devem ter estatura semelhante, o espaçamento entre elas deve ser o mais uniforme possível e têm de ser retiradas do interior da lavoura, nunca das bordaduras. As plantas devem ser retiradas em sequência, na fileira, medindo-se a área coletada. Maior número de amostras menores (nunca menos de 10 plantas por amostra) reflete melhor uma área do que apenas uma ou duas amostras com maior número de plantas.

As dez plantas consecutivas selecionadas, na fileira, devem ser cortadas rente ao solo (se for possível, cavar. Nesse momento, aproveitar para observar as raízes – coloração, desenvolvimento lateral e em profundidade, presença de doenças e a nodulação). Plantas com caule danificado não devem ser incluídas na amostra. Para cada estágio de desenvolvimento existe uma planilha específica, que será detalhada mais adiante, para registro dos dados.

Como já foi referido anteriormente, a vantagem do método é sua fácil adaptação aos objetivos do monitoramento. Pode ser usado integralmente ou apenas em parte, de acordo com a finalidade em vista. Os dados podem ser obtidos e utilizados por planta ou a média das dez plantas.

O objetivo do monitoramento é fornecer a técnicos e a produtores uma ferramenta para aumentar o rendimento da soja, pelo entendimento de como o manejo atua no crescimento e vigor das plantas, influenciando o potencial de rendimento e o rendimento final da lavoura. Permite também a obtenção de dados para planejar ações que irão resultar no aumento do potencial de rendimento da lavoura nas safras posteriores.

3. Estádios vegetativos

3.1. Caracterização dos estádios vegetativos

A Figura 1 mostra a semente colocada no solo, absorvendo água, emitindo a radícula e iniciando a emergência. O aparecimento dos cotilédones à superfície do solo caracteriza a emergência (VE); é o início do período vegetativo. O estágio cotiledonar das plântulas é identificado por VC. Todos os estádios do período vegetativo são antecedidos pela letra "V" (Tabela 1). O número do estágio vegetativo é determinado pela contagem do número de nós do caule, começando com o nó das folhas unifolioladas até o nó que tem ou teve folha desenvolvida (Figura 2). O nó da folha trifoliolada é contado quando as margens dos folíolos da folha do nó imediatamente superior não mais estão se tocando, o que caracteriza uma folha desenvolvida. Por esse critério pode-se fazer leituras simultâneas de estádios vegetativos e reprodutivos. Quando cessa o acréscimo de nós no caule, não implica, necessariamente, o término do período vegetativo da planta. Apenas não há mais aumento em estatura, continuando ainda, por algum tempo, incremento de massa seca no caule e nos ramos.

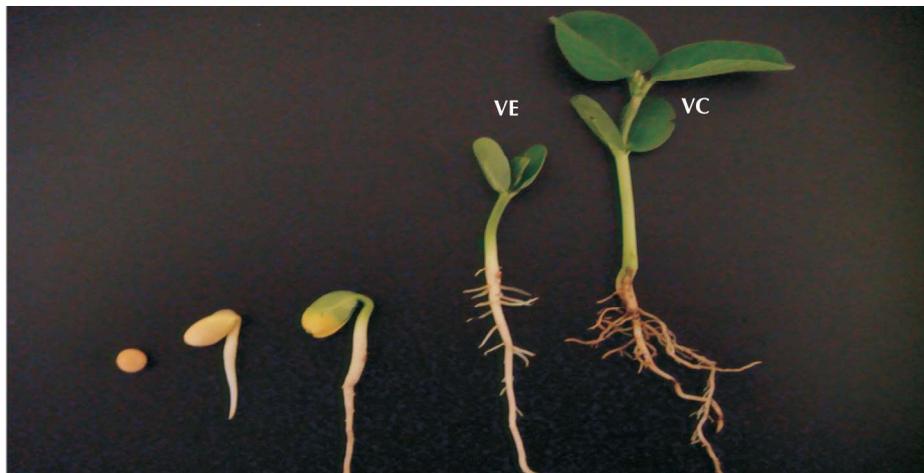


Figura 1. Germinação-emergência da soja, com caracterização dos estádios de emergência (VE) e cotiledonar (VC) das plântulas.

Tabela 1. Descrição dos estádios vegetativos da soja.

Estádio	Subtítulo	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo (Figura 1).
VC	Estádio cotiledonar	Folhas unifolioladas com as margens não mais se tocando (Figura 1).
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas desenvolvidas.
V2	Segundo nó	Folha trifoliolada desenvolvida no nó acima das folhas unifolioladas (Figura 2).
V3	Terceiro nó	Três nós do caule com folhas desenvolvidas começando com o nó das folhas unifolioladas.
Vn	"n" nó	"n" número de folhas desenvolvidas começando com o nó das folhas unifolioladas.

Somente os nós do caule devem ser considerados na identificação do estágio. Em caso de quebra ou outro dano que interfira no desenvolvimento normal do caule da planta, deve-se eliminá-la da leitura e substituí-la por outra em estágio de desenvolvimento semelhante.

3.1.1. Monitoramento no período vegetativo ou pré-florescimento

Normalmente, no período vegetativo ou pré-florescimento são realizadas quatro amostragens, aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência (DAE).

↳ **Objetivos:**

A amostragem nesta etapa objetiva determinar a população de plantas, a nodulação, o vigor das plantas e o potencial de rendimento da lavoura com base na matéria seca acumulada por área, o grau de estresse ocorrido e a necessidade de aplicação, por exemplo, de irrigação, e, se não foram feitos, o tratamento e a inoculação de sementes no ano seguinte.

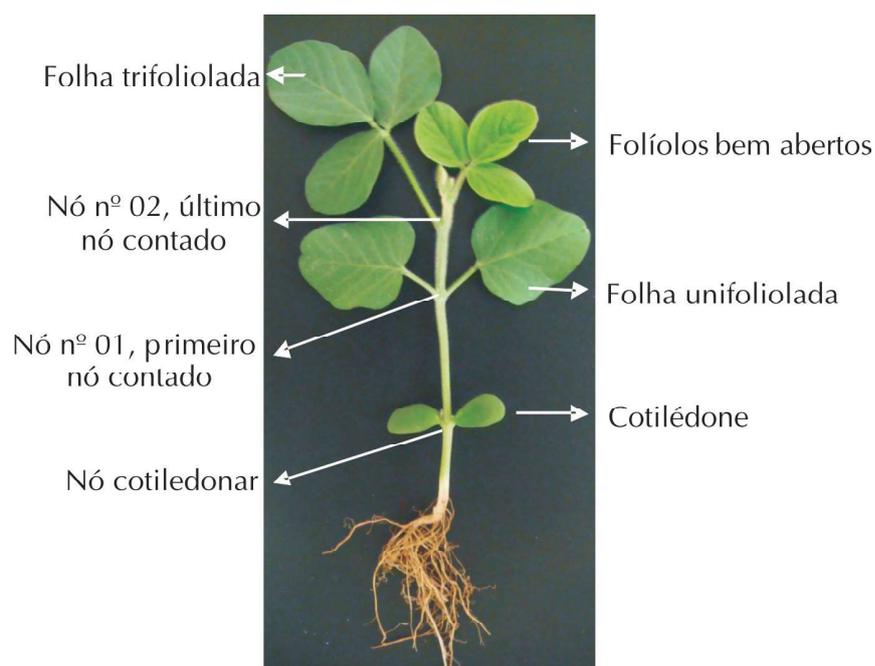


Figura 2. Planta de soja no estágio V2 com a identificação de suas estruturas anatômicas.

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data da amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra, no mínimo em dois locais, para cada situação uniforme de lavoura (em geral, cada amostra representa 5 a 10 hectares).
- ✓ Determinar o estágio de desenvolvimento (Costa & Marchezan, 1982).
- ✓ Cortar as plantas rente ao solo.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ Medir cada planta, em centímetros, do corte até a parte terminal do caule.
- ✓ Contar os nós do caule incluindo o nó cotiledonar.
- ✓ Determinar a área foliar (AF) de cada planta.
- ✓ Determinar a massa seca (MS) de folhas.
- ✓ Determinar a MS das plantas.
- ✓ Determinar a MS por unidade de área.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 1.
- ✓ Calcular as médias das observações.
- ✓ Com os dados primários, calcular o índice de área foliar (IAF), dividindo a área foliar (AF) pela área de superfície de solo amostrada (S).

$$IAF = AF/S$$

A partir da segunda amostragem é possível calcular parâmetros fisiológicos, como a taxa de crescimento da parte aérea, raízes e cultura.

↳ Definições:

1. Nó cotiledonar – é o nó onde estão localizados os cotilédones; é o nó mais próximo da superfície do solo (Figura 2).
2. Nó das folhas unifolioladas – é o segundo, a partir da superfície do solo (Figura 2).
3. Folha completamente desenvolvida – uma folha é considerada desenvolvida quando as margens dos folíolos da folha do nó imediatamente superior não estejam se tocando (Figura 2).

Planilha 1. Tabulação de dados no período vegetativo ou pré-florescimento¹.
DAE:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Área foliar (cm ²)								
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Total							
Nódulos ³	Número							
	MS							

¹ Amostras aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência (DAE).

^{2*} Matéria seca em estufa ventilada, a 65°C, até peso constante.

³ Na leitura dos 30 dias.

4. Caracterização dos estádios reprodutivos

A determinação dos estádios reprodutivos também é feita utilizando-se a identificação das estruturas reprodutivas (flores e legumes) dos nós do caule. A designação do estágio é indicada pela letra "R", acompanhada de um número. O período reprodutivo compreende florescimento, desenvolvimento dos legumes, desenvolvimento de grãos e maturação (Tabela 2 e Figura 3). Cada uma dessas fases é constituída por dois estádios. Normalmente, no período reprodutivo são realizadas amostragens em R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8 para determinar componentes do crescimento e do rendimento de grãos. O potencial de rendimento de grãos num desses estádios é determinado a partir dos componentes número de legumes/área com um, dois, três e sem grãos e o peso médio dos grãos em legumes com um, dois e três grãos obtidos na maturação de colheita. Estes dados são extrapolados para calcular o potencial de rendimento de acordo com as estruturas reprodutivas presentes em cada estágio avaliado, considerando-se que todas as estruturas atingiriam a maturação de colheita (Costa, 1993). Ou, então, pode-se determinar o número de estruturas reprodutivas em cada estágio e multiplicar pelo número médio de grãos/legume e peso médio de grãos da cultivar que está sendo amostrada que, normalmente, são encontrados na descrição da cultivar.

Tabela 2. Descrição dos estádios reprodutivos da soja.

Estádio	Subtítulo	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (Figura 3a).
R2	Florescimento pleno*	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós do caule com folha desenvolvida.
	Florescimento**	Flores nos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 3b).
R3	Início da formação de legumes	Um legume com 5 mm num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 3c).
R4	Formação de legumes	Um legume com 2 cm num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 3d).
R5	Início do enchimento de grãos	Grãos com 3 mm num legume dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 3e).
R6	Máximo volume de grãos	Legume contendo ao menos um grão verde que ocupa toda a cavidade, num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (Figura 3f).
R7	Maturação fisiológica	Um legume normal, no caule, que atingiu a cor de legume maduro (Figura 3g).
R8	Maturação	95% dos legumes atingiram a cor de legume maduro (perda total de clorofila) (Figura 3h).

* Definição original de Fehr & Caviness, 1977.

** Adaptação sugerida por Costa & Marchezan, 1982.

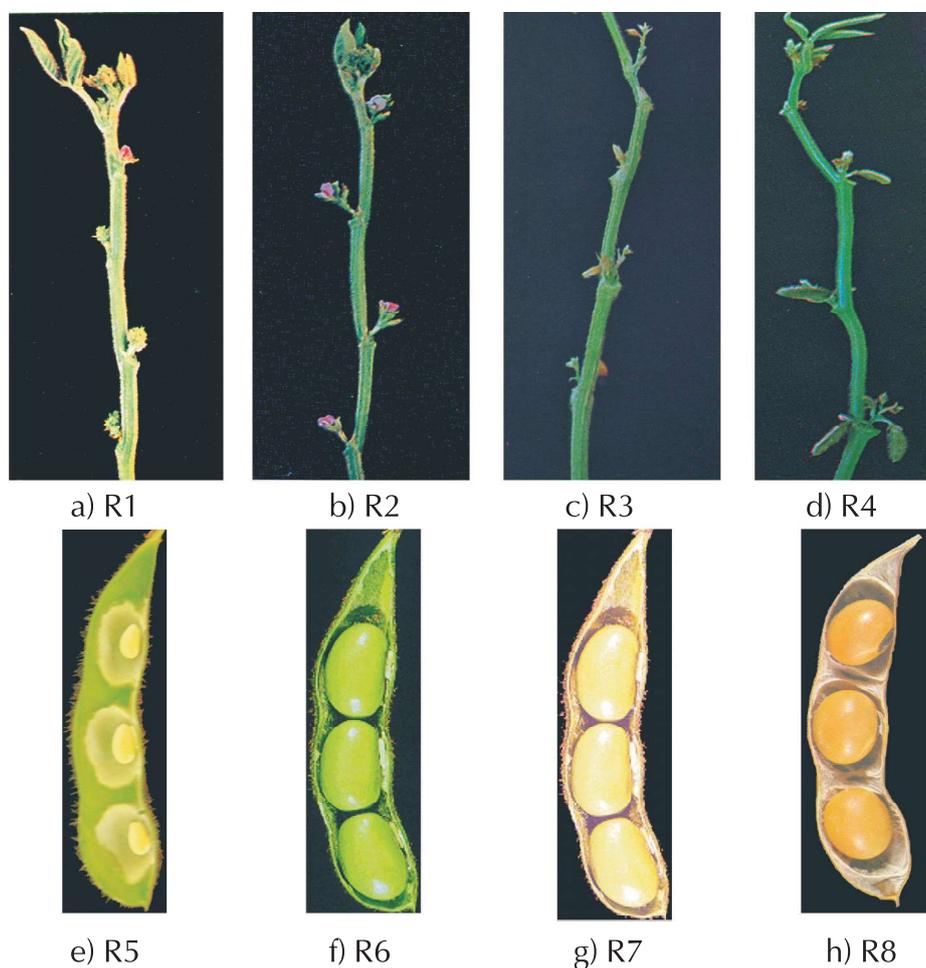


Figura 3. Estádios reprodutivos da soja: a) R1 – Início do florescimento; b) R2 – Florescimento; c) R3 – Início da formação de legumes; d) R4 – Formação de legumes; e) R5 – Início do enchimento de grãos; f) R6 – Máximo volume de grãos; g) R7 – Maturação fisiológica; e h) R8 – Maturação.

4.1. Monitoramento no florescimento (R2)

↳Objetivos:

Verificar o desenvolvimento e o vigor das plantas; quantificar o surgimento de ramos e flores. Determinar a matéria seca das folhas, caule e ramos, acumulada pelas plantas até este estágio. Especificar os parâmetros fisiológicos (taxas de crescimento, expansão foliar, etc.). Determinar o potencial de rendimento com base no número de flores.

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data da amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, contar o número de nós do caule e ramos, determinar a área foliar, quantificar e qualificar (primários ou secundários) os ramos e contar o número de flores.
- ✓ Determinar a MS das folhas, do caule e dos ramos.
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 2 e calcular as médias.
- ✓ Calcular o IAF e os parâmetros fisiológicos.
- ✓ Calcular o potencial de rendimento.

↳ Definição:

1. Ramo – estrutura lateral com pelo menos dois nós.

Planilha 2. Tabulação de dados no florescimento (R2).

DAE¹:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Área foliar (cm ²)								
Ramos	Número							
	Nós							
	Comprimento (cm)							
Flores (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Total ³							

¹ Dias após a emergência.

^{2*} Matéria seca.

³ A existência de 200 g/m² ou mais de MS total da parte aérea das plantas é indicativa de lavoura em condições de produzir rendimento elevado.

4.2. Monitoramento no início da formação de legumes (R3)

↳ Objetivos:

Determinar como está ocorrendo o desenvolvimento das plantas pelos parâmetros fisiológicos, crescimento do caule e dos ramos e a produção de estruturas reprodutivas, como flores e legumes.

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data de amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, determinar a área foliar, contar o número de nós do caule e dos ramos, contar o número de ramos, medir o comprimento dos ramos, quantificar o número de flores e legumes no caule e nos ramos.

Planilha 3. Tabulação de dados no início da formação de legumes (R3).
DAE¹:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Área foliar (cm ²)								
Ramos	Número							
	Nós							
	Comprimento (cm)							
Flores (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
Legumes (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Legumes							
	Total							

¹ Dias após a emergência.

^{2*} Matéria seca.

- ✓ Determinar a MS das folhas, dos legumes, do caule e dos ramos.
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 3 e calcular as médias.
- ✓ Calcular o IAF e os parâmetros fisiológicos.

4.3. Monitoramento na formação de legumes (R4)

↳Objetivos:

Continua importante a estimativa do vigor das plantas e da lavoura através dos parâmetros fisiológicos, crescimento do caule e dos ramos, do acúmulo de matéria seca, bem como da produção de flores e legumes.

↳Procedimentos:

- ✓ Anotar a data de amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, determinar a área foliar, contar o número de nós do caule e dos ramos, contar o número de ramos, medir o comprimento dos ramos, quantificar o número de flores e legumes no caule e nos ramos.
- ✓ Determinar a MS das folhas, do caule, dos ramos e dos legumes.
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 4 e calcular as médias.
- ✓ Calcular o IAF e os parâmetros fisiológicos.

Planilha 4. Tabulação de dados na formação de legumes (R4).

DAE¹:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Área foliar (cm ²)								
Ramos	Número							
	Nós							
	Comprimento (cm)							
Flores (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
Legumes (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Legumes							
	Total							

¹ Dias após a emergência.

^{2*} Matéria seca.

4.4. Monitoramento no início do enchimento de grãos (R5)

↳ Objetivos:

1. Determinar o vigor das plantas pelo crescimento do caule e dos ramos, pelo acúmulo de matéria seca, bem como pelos parâmetros fisiológicos. As plantas devem estar em condições de, através das folhas, fazendo fotossíntese, fornecer reservas necessárias para o enchimento de grãos.
2. Verificar e quantificar a nodulação das raízes.
3. Com o número de flores e legumes, calcular o potencial de rendimento.

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data de amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Atenção: nesta amostragem retirar as plantas com as raízes para avaliação e quantificação da nodulação.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, determinar a área foliar, contar o número de nós do caule e dos ramos, contar o número de ramos, medir o comprimento dos ramos, quantificar o número de flores e legumes no caule e nos ramos.
- ✓ Determinar a MS das folhas, do caule, dos ramos e dos legumes (com os grãos).
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Contar o número de nódulos e determinar a MS.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 5 e calcular as médias.
- ✓ Calcular o IAF e os parâmetros fisiológicos.
- ✓ Calcular o potencial de rendimento.

Observações:

Aproveitar as plantas amostradas, retirando-as com as raízes para observar, qualificar e quantificar a nodulação. Cavar, com uma pá, até a metade das fileiras, em ambos os lados das plantas da amostra. Se o solo estiver muito seco, molhar a área a ser amostrada, com algum tempo de antecedência. Dessa forma, a perda de nódulos é mínima.

Se houver tempo e interesse, em laboratório, os nódulos podem ser separados por tamanho. Podem também ser cortados e classificados de acordo com a coloração interna, permitindo a avaliação qualitativa da nodulação. Pode-se também separar os nódulos presentes na raiz principal e nas laterais, para atender a algum objetivo específico.

Planilha 5. Tabulação de dados no início do enchimento de grãos (R5).
DAE¹:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Área foliar (cm ²)								
Ramos	Número							
	Nós							
	Comprimento (cm)							
Flores (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
Legumes (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Legumes e grãos							
	Total ³							
Nódulos	Número							
	MS (g)							

¹ Dias após a emergência.

^{2*} Matéria seca.

³ A existência de 600 g/m² ou mais de MS total da parte aérea das plantas é indicativa de lavoura em condições de produzir rendimento elevado.

4.5. Monitoramento no máximo volume de grãos (R6)

↳ Objetivos:

1. Determinar o vigor das plantas e o potencial de rendimento da lavoura.
2. Verificar a produção e fixação de legumes.
3. Determinar a população média de plantas da lavoura. Com este dado e o número médio de legumes por planta, é possível fazer estimativa do potencial de rendimento da lavoura.

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data de amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, determinar a área foliar, contar o número de nós do caule e dos ramos, contar o número de ramos, medir o comprimento dos ramos, quantificar o número de legumes no caule e nos ramos.
- ✓ Determinar a MS das folhas, do caule, dos ramos e dos legumes (com os grãos).
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 6 e calcular as médias.
- ✓ Calcular o IAF e os parâmetros fisiológicos.

Planilha 6. Tabulação de dados no máximo volume de grãos (R6).

DAE¹:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Área foliar (cm ²)								
Ramos	Número							
	Nós							
	Comprimento (cm)							
Legumes (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
Grãos (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Legumes e grãos							
	Total							

¹ Dias após a emergência.

^{2*} Matéria seca.

4.6. Monitoramento na maturação fisiológica (R7)

↳ Objetivos:

1. Determinar o vigor das plantas e o desenvolvimento da lavoura.
2. Verificar a fixação de legumes.
3. Determinar o potencial de rendimento da lavoura e comparar com a amostragem de R6 (máximo volume de grãos).

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data de amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, contar o número de nós do caule e dos ramos, contar o número de ramos, medir o comprimento dos ramos, quantificar o número de legumes no caule e nos ramos.

Planilha 7. Tabulação de dados na maturação fisiológica (R7).

DAE¹:

Planta número	1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)								
Nós do caule								
Ramos	Número							
	Nós							
	Comprimento (cm)							
Legumes (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
Grãos (n ^o)	Caule							
	Ramos							
	Total							
MS ^{2*} (g)	Folhas							
	Caule							
	Ramos							
	Legumes e grãos							
	Total							

¹ Dias após a emergência.

^{2*} Matéria seca.

- ✓ Determinar a MS das folhas, do caule, dos ramos e dos legumes (com os grãos).
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 7 e calcular as médias.
- ✓ Calcular os parâmetros fisiológicos.

4.7. Monitoramento na maturação de colheita (R8)

↳ Objetivos:

1. Fazer a estimativa do rendimento, pela determinação da população de plantas e pelos demais componentes do rendimento.
2. Pelo percentual de fertilidade de nós, legumes e grãos, determinar a diferença entre o rendimento obtido e o potencial de rendimento.

↳ Procedimentos:

- ✓ Anotar a data de amostragem em DAE.
- ✓ Escolher 10 plantas típicas por amostra.
- ✓ Medir a área ocupada pelas 10 plantas e a distância entre as fileiras.
- ✓ De cada planta medir a estatura, contar o número de nós do caule e dos ramos, contar o número de ramos, medir o comprimento dos ramos, quantificar o número de legumes no caule e nos ramos.
- ✓ Determinar a MS das folhas, do caule, dos ramos, legumes e dos grãos.
- ✓ Determinar a MS total por unidade de área.
- ✓ Contar o número de plantas por unidade de área, para determinação da população final.
- ✓ Transferir os dados para a Planilha 8 e calcular as médias.
- ✓ Determinar os componentes do rendimento.
- ✓ Determinar o número de nós e legumes férteis no caule e nos ramos.

↳ Definições:

1. Nó fértil – nó que tenha, pelo menos, um legume com, pelo menos, um grão de tamanho normal (tamanho característico da cultivar).

2. Legume fértil – legume que apresente, pelo menos, um grão de tamanho normal.

3. I_{Ca} – Índice de colheita aparente – quociente entre o peso seco de grãos por unidade de área ou por planta, ou ainda, por amostra, e a MS da parte aérea (incluindo legumes e grãos).

Planilha 8. Tabulação de dados na maturação (R8).
DAE¹:

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Estatura (cm)									
Nós do caule	Total								
	Férteis								
Ramos	Número								
	Nós	Total							
		Férteis							
Comprimento (cm)									
Legumes (n ^o)	Caule	Total							
		Férteis							
	Ramos	Total							
		Férteis							
	Planta	Total							
		Férteis							
MS ² (g)	Caule								
	Ramos								
	Total								
MS de grãos (g)	Caule								
	Ramos								
	Total								
I _{Ca} ³	Caule								
	Ramos								
	Total								

¹ Dias após a emergência.

² Matéria seca.

³ Índice de colheita aparente

A determinação da matéria seca (MS) de grãos por área através de seus componentes pode ser realizada por meio da seguinte fórmula:

$$\text{MS de grãos (kg/ha)} = \text{plantas/m}^2 \times \text{MS de grãos por planta (g)} \times 10,$$

onde 10 é uma constante resultante da transformação de m² para ha e de g para kg.

4.8. Quantificação de nós férteis e retenção de estruturas reprodutivas

A partir dos dados obtidos na amostragem de R8 são realizadas a quantificação de nós férteis e a retenção de estruturas reprodutivas nas plantas. Para isso são preenchidas planilhas:

Planilha 9. Nós férteis no caule.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Nós	Total								
	Férteis								
Fertilidade %									

Planilha 10. Nós férteis nos ramos.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Nós	Total								
	Férteis								
Fertilidade %									

Planilha 11. Retenção de flores no caule.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Flores	Total ¹								
	Férteis ²								
Retenção (%)									

¹ Usar os dados da amostragem em R2, R3, R4 e R5.

² Usar os dados da amostragem em R8.

Planilha 12. Retenção de flores nos ramos.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Flores	Total ¹								
	Férteis ²								
Retenção (%)									

¹ Usar os dados da amostragem em R2, R3, R4 e R5.

² Usar os dados da amostragem em R8.

Planilha 13. Retenção de legumes no caule.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Legumes	Total ¹								
	Retidos ²								
Retenção (%)									

¹ Usar os dados da amostragem em R3, R4 e R5.

² Usar os dados da amostragem em R8.

Planilha 14. Retenção de legumes nos ramos.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Legumes	Total ¹								
	Retidos ²								
Retenção (%)									

¹ Usar os dados da amostragem em R3, R4 e R5.

² Usar os dados da amostragem em R8.

Planilha 15. Retenção de flores na planta.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Flores	Total ¹								
	Retidas ¹								
Retenção (%)									

¹ Usar os dados das planilhas 11 e 12.

Planilha 16. Retenção de legumes na planta.

Planta número		1	2	3	4	...	10	Total	Média
Legumes	Total ¹								
	Retidos ¹								
Retenção (%)									

¹ Usar os dados das planilhas 13 e 14.

5. Interpretação dos resultados obtidos para o vigor e o desenvolvimento das plantas

5.1. Desenvolvimento vegetativo

O “vigor da planta” indica o crescimento potencial da planta de soja. Este índice usa o número de “nós” como medida de idade fisiológica da planta, pois esse parâmetro é pouco afetado por estresses ambientais. Porém, a estatura (alongação dos entre nós) da planta é muito sensível a estresses. Assim, para um mesmo número de nós no caule, a planta com melhor disponibilidade de P apresenta maior estatura que a planta que se desenvolveu com deficiência de P (Figura 3). As outras características avaliadas, número de nós e matéria seca, bem como sua variação ao longo do tempo, são medidas de vigor das plantas que compõem a lavoura.

Estresse associado com umidade, doenças, nematóides, nodulação deficiente, temperaturas baixas, compactação e deficiência de nutrientes diminuem o vigor. Quando o vigor é baixo, ou não está aumentando, a(s) causa(s) deve(m) ser identificada(s) e devem ser usadas práticas de manejo corretas (inoculação, controle de pragas, controle de moléstias, irrigação, adubação, descompactação, etc.) para garantir alto rendimento.

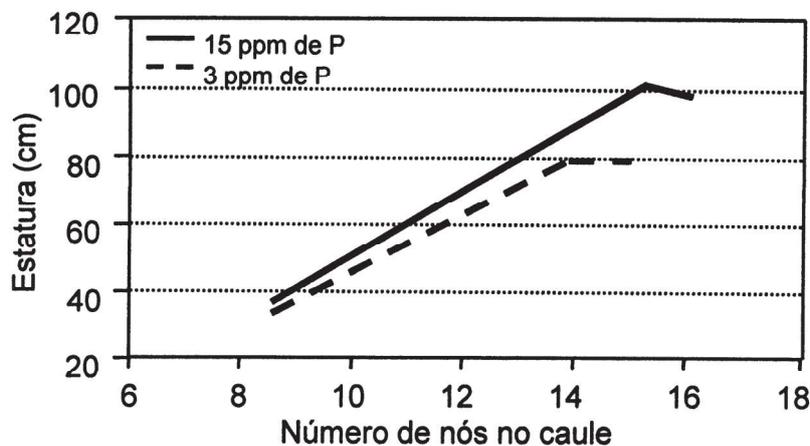


Figura 3. Estatura e número de nós no caule de plantas de soja, média de duas cultivares, sob dois níveis de fósforo no solo.
Fonte: Ventimiglia, 1996.

Vários estudos têm mostrado que a contribuição dos ramos para o rendimento da planta de soja pode chegar a 70%, em cultivares com hábito de crescimento determinado. Por esse motivo, o conhecimento do desenvolvimento das ramificações é de suma importância para alcançar rendimentos elevados. Não só o número de ramos é importante, mas também o comprimento (possibilidade de alcançar o topo do dossel e captar luz), o número de nós (pontos de aparecimento de estruturas reprodutivas), bem como o vigor dos ramos (quantidade de matéria seca acumulada) se constituem em fatores importantes para alcançar o potencial de rendimento.

5.2. Retenção de estruturas reprodutivas

Não só a formação de estruturas reprodutivas (flores, legumes e grãos) é importante para a obtenção de rendimentos elevados, mas também a fixação dessas estruturas, no caso de flores e legumes, e expressão máxima do potencial do tamanho e densidade, no caso dos grãos.

A manutenção e a expressão máxima das estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas são dependentes das condições encontradas pela lavoura durante o desenvolvimento. Essas condições, por sua vez, podem ser modificadas por práticas de manejo adequadas, aplicadas no momento oportuno.

5.2.1. Retenção de flores

Em torno de 80% das flores formadas pela planta de soja são abortadas, não se transformando em legumes. Assim, são formadas flores suficientes para a obtenção de rendimentos elevados. O que deve ser evitado é a perda excessiva de flores. Condições de umidade, temperatura e deficiência de nutrientes são os principais responsáveis pela perda de flores.

O fósforo e o potássio são importantes no desenvolvimento das raízes; o molibdênio auxilia na nodulação; o nitrogênio e o boro são fundamentais para a fixação de flores. Esses são apenas alguns exemplos de como a nutrição da planta é fundamental na determinação do rendimento.

Para manter a planta em condições adequadas de hidratação, pode-se, sempre que possível, lançar mão da irrigação. A semeadura direta, com o solo sempre mantido com cobertura, é outro meio eficiente de conservação de água no solo. Também deve-se fazer um exame do solo para determinar a existência de camada compactada, o que pode comprometer o desenvolvimento normal das raízes. Analisar o solo em maiores profundidades para detectar fatores ou condições (elementos tóxicos livres, como alumínio e manganês; lençol freático muito superficial, por exemplo) que possam impedir ou restringir o desenvolvimento das raízes.

Incidência de insetos e/ou doenças atacando as raízes são dois fatores que influem no desenvolvimento geral das plantas de soja. No caso de várzeas, particularmente, deve-se providenciar drenagem adequada da lavoura.

5.2.2. Retenção de legumes

Praticamente tudo o que influi na retenção de flores tem o mesmo efeito sobre a quantidade de legumes que permanecem na planta.

Como sempre, os vários fatores estão interligados. O nitrogênio e o potássio são importantes na retenção de legumes. Por sua vez, o cálcio, o enxofre e o molibdênio auxiliam na nodulação e na fixação biológica de nitrogênio. O cálcio é fundamental no desenvolvimento de raízes.

Nunca é demais lembrar que a hidratação adequada da planta e o fornecimento de nutrientes dependem da umidade disponível no solo.

5.2.3. Enchimento de grãos

A produção de maior número possível de grãos vai ser o fator final determinante do rendimento.

Para o enchimento efetivo dos grãos, a planta deve estar com o aparato fotossintético (folhas do dossel) funcionando adequadamente, o que depende em grande parte do nitrogênio, que, por sua vez, depende de nodulação e fixação eficiente de nitrogênio.

Além da função importante dos outros elementos, o fósforo, o potássio e o zinco auxiliam no amadurecimento e na qualidade dos grãos. O controle de percevejos é outro fator primordial na obtenção de grãos de qualidade.

Novamente, o funcionamento adequado de todos esses processos depende da disponibilidade de água no solo para o suprimento da planta, fazendo com que ela permaneça com um grau adequado de hidratação durante a maior parte de tempo possível, maximizando o metabolismo da planta.

6. Obtenção de gráficos e cálculo de parâmetros de desenvolvimento

Colocar em forma de gráfico os dados obtidos em relação ao caule. Colocar em um eixo a estatura da planta em centímetros e no outro o número de nós no caule para determinar o vigor da planta e seguir o aumento em estatura e de nós durante o ciclo (Figuras 3 e 4). Proceder da mesma forma em relação ao acúmulo de matéria seca na planta toda (Figura 5). Plotar também nós e ramos no caule (Figura 6). O tempo deve ser expresso em dias após a emergência (DAE). Com os dados obtidos para os ramos, fazer gráficos entre o tempo e o número de ramos (Figura 7).

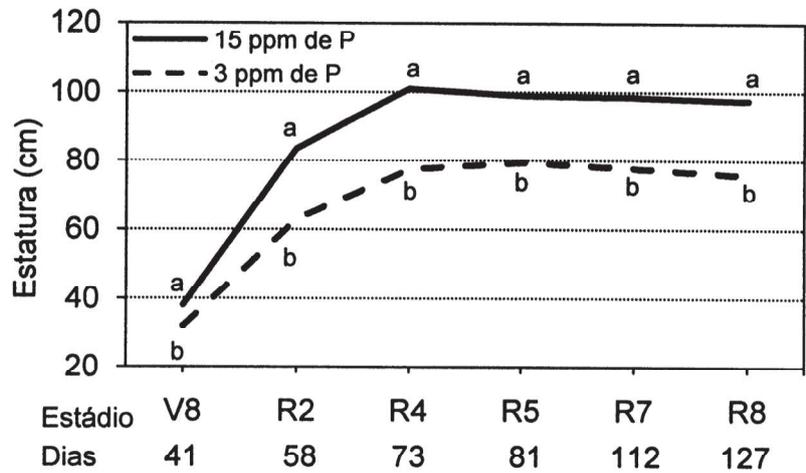


Figura 4. Desenvolvimento da estatura das plantas de soja, média de duas cultivares, sob dois níveis de fósforo no solo. Letras iguais para cada estágio fenológico indicam diferenças não significativas.
 Fonte: Ventimiglia, 1996.

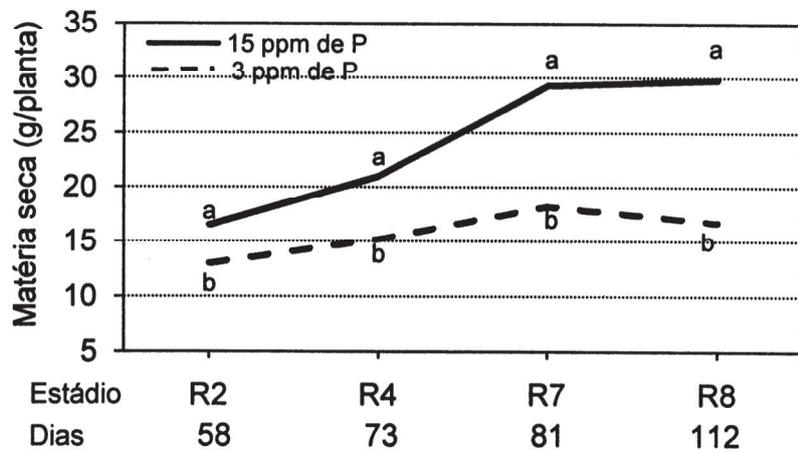


Figura 5. Matéria seca de planta de soja, média de duas cultivares, sob dois níveis de fósforo no solo. Letras iguais para cada estágio fenológico indicam diferenças não significativas.
 Fonte: Ventimiglia, 1996.

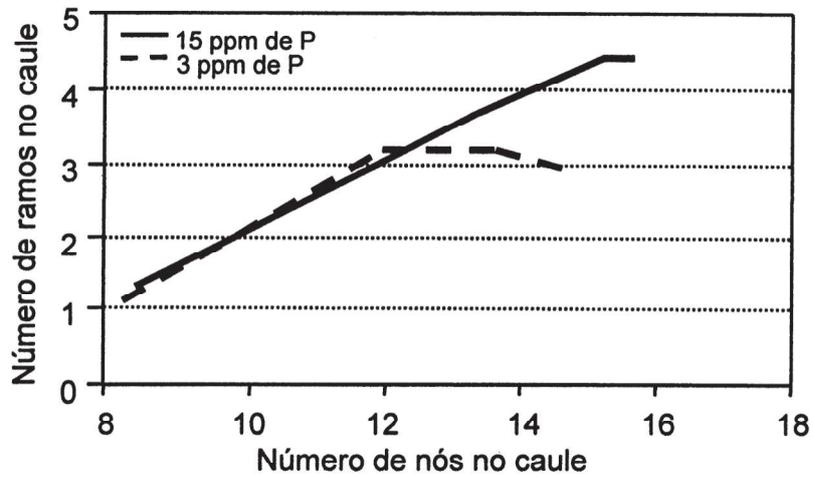


Figura 6. Número de nós no caule e o número de ramos no caule de plantas de soja, média de duas cultivares, sob dois níveis de fósforo no solo.
 Fonte: Ventimiglia, 1996.

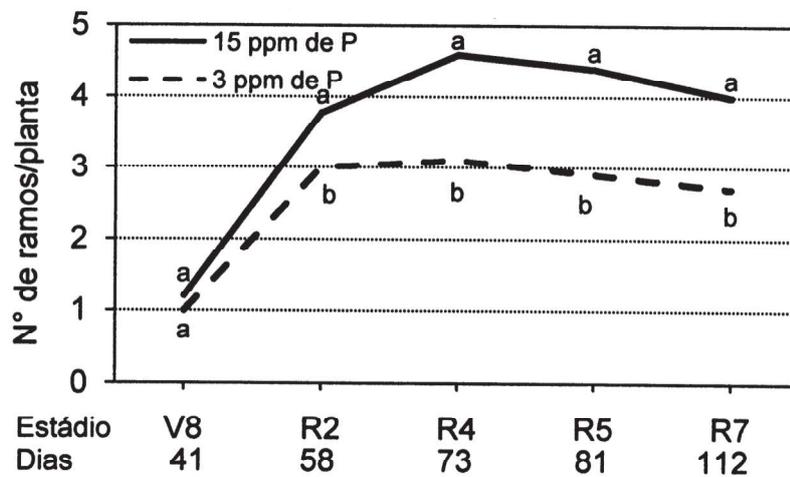


Figura 7. Número de ramos por planta de soja, média de duas cultivares, sob dois níveis de fósforo no solo. Não há diferença entre letras iguais para cada estágio fenológico.
 Fonte: Ventimiglia, 1996.

Com os dados coletados, através de fórmulas, é possível calcular parâmetros fisiológicos que descrevem a dinâmica do crescimento, como:

a) $TCC = dw/dt$

onde:

TCC = taxa de crescimento da cultura, expressa em g de MS/m²/dia.

dw = MS acumulada na parte aérea.

dt = duração (em dias) dos subperíodos de desenvolvimento (VE até R1, R1 até R2, e assim por diante). Um exemplo é mostrado na Figura 8.

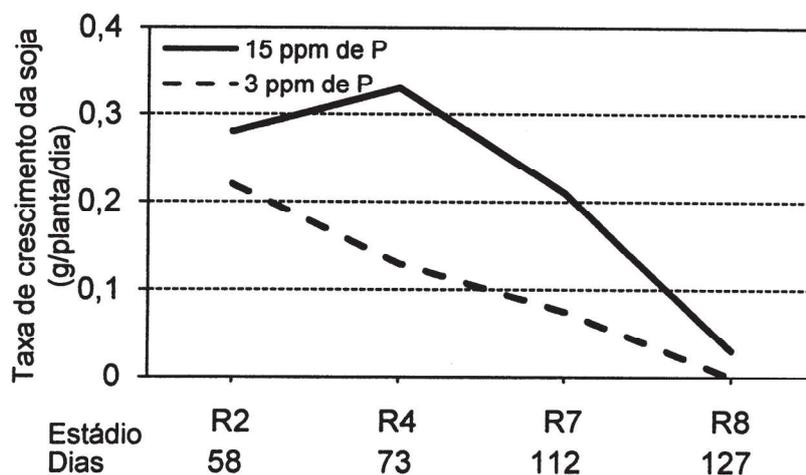


Figura 8. Taxa de crescimento da soja, média de duas cultivares, sob dois níveis de fósforo no solo.

Fonte: Ventimiglia, 1996.

b) $TEG = RG/D_{R5 \text{ a } R6}$

onde:

TEG = taxa de enchimento de grãos, expressa em g de grãos/m²/dia.

RG = rendimento de grãos

$D_{R5 \text{ a } R6}$ = número de dias do período de enchimento de grãos de R5 a R6.

7. Potencial de rendimento

O potencial de rendimento é um alvo móvel, ou seja, é variável de acordo com o local e as condições de ambiente. Pode ser determinado ao longo do ciclo da soja, sendo pontos de referência importantes o potencial no florescimento (R2) e no início do enchimento de grãos (R5) para comparar com o rendimento final (R8) (Figura 9).

O potencial estimado varia entre anos e com as variedades (Figura 10), com o teor de fósforo no solo (Figura 11), com o espaçamento entre fileiras (Figura 12) e com a disponibilidade hídrica (Figura 13). Com certeza também outros fatores determinam o potencial de rendimento e estão sendo objeto de estudo. Num futuro muito próximo, as lavouras de soja serão conduzidas de maneira mais tecnificada, proporcionando maior rendimento de grãos e retorno econômico ao agricultor.

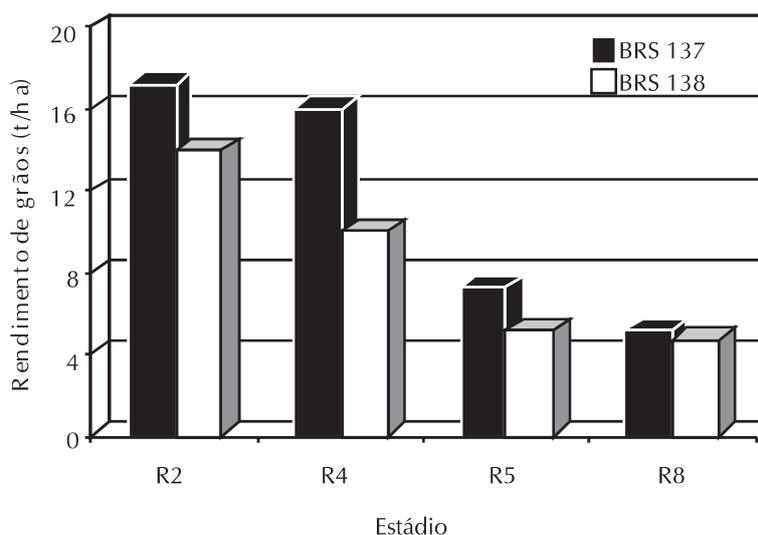


Figura 9. Potencial de rendimento em R2 (florescimento), R4 (formação de legumes), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação) em duas variedades de soja. Fonte: Maheler, 2000.

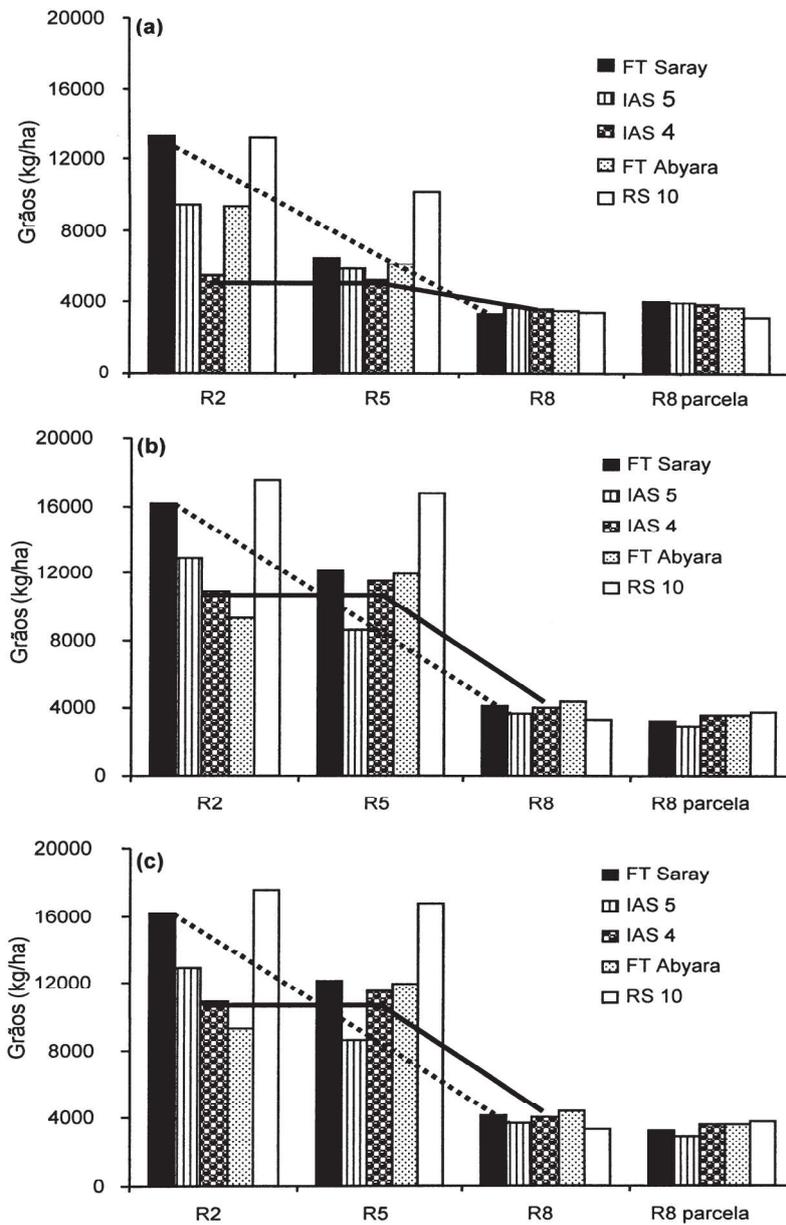


Figura 10. Potencial de rendimento de grãos no florescimento (R2), enchimento de grãos (R5) e maturação (R8), em cinco variedades de soja, nos anos agrícolas 1996/1997 (a), 1999/2000 (b) e 2000/2001 (c).

Fonte: Pires, 2002.

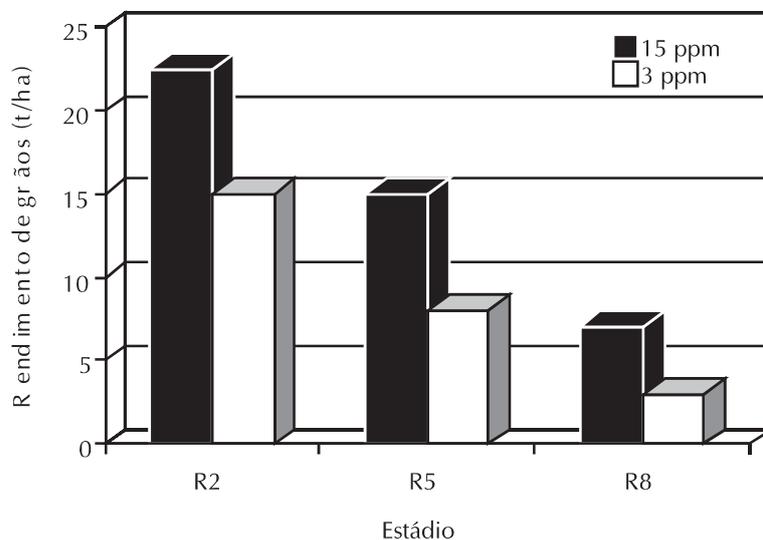


Figura 11. Potencial de rendimento da soja nos estádios R2 (florescimento), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação) em relação ao teor de fósforo no solo. Fonte: Ventimiglia, 1996.

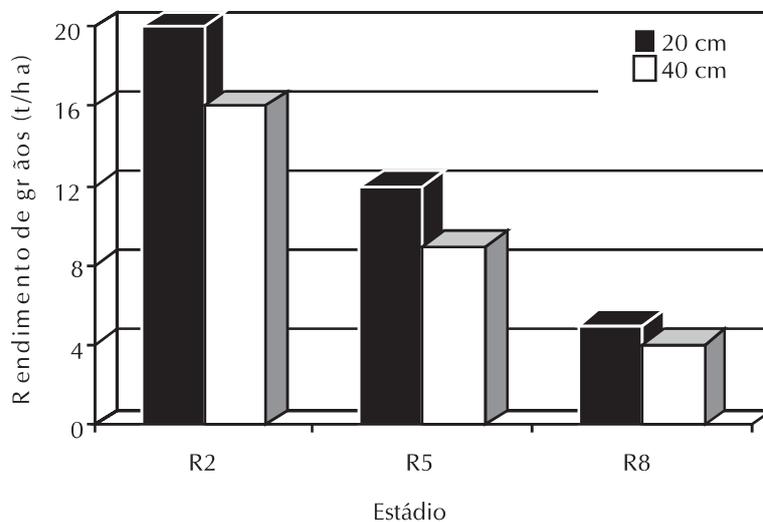


Figura 12. Potencial de rendimento da soja nos estádios R2 (florescimento), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação) em relação ao espaçamento entre fileiras. Fonte: Ventimiglia, 1996.

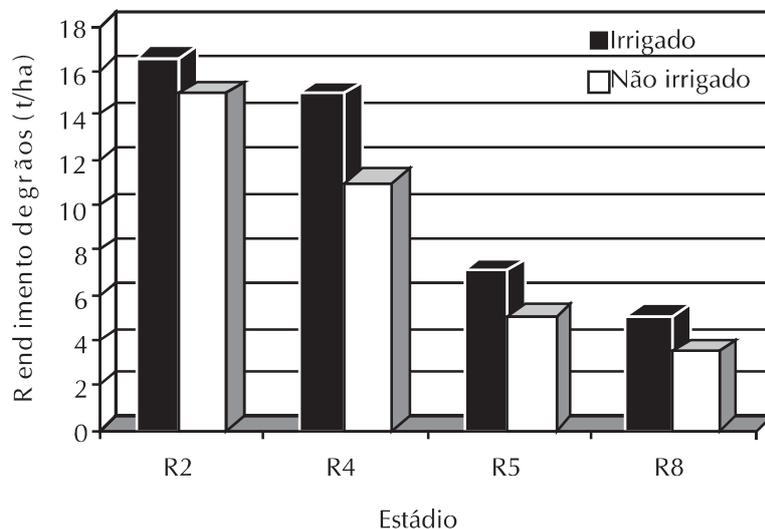


Figura 13. Potencial de rendimento da soja nos estádios R2 (florescimento), R4 (formação de legumes), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação) em relação à disponibilidade hídrica.

Fonte: Maehler, 2000.

8. Referências

BRAGA, N.R.; COSTA, J.A. Avaliação de dez cultivares de soja pelo índice de colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.18, p.253-260, 1983.

COLASANTE, L.O.; COSTA, J.A. Índice de colheita e rendimento biológico na comparação da eficiência de variedades de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.16, p.225-230, 1981.

COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.

COSTA, J.A.; TEIXEIRA, M.C.C.; MARCHEZAN, E. Taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com o rendimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, p. 1577-1582, 1991.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. *Stages of soybean development*. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

MAHELER, A.R. *Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico*. Porto Alegre: UFRGS. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 2000.

MARCHEZAN, E.; COSTA, J.A. Atividade reprodutiva de três cultivares de soja por secção da planta e estádios de desenvolvimento. *Turrialba*, v.33, p.55-60, 1983.

MARCHEZAN, E.; COSTA, J.A. Produção e fixação de flores e legumes em três cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.18, p.129-136, 1983.

MOMEN, N.N.; CARLSON, R.E.; SHAW, R.W.; ARTMAND, O. Moisture stress effects on the yield components of two soybean cultivars. *Agronomy Journal*, v.71, p.86-90, 1979.

NAVARO JR., H.M. *Estratégias associadas à expressão do potencial de produção por planta em cultivares de soja*. Porto Alegre: UFRGS. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 1998.

PIRES, J.L.F. *Estimativa do potencial produtivo da soja e variabilidade espacial de área de produção*. Porto Alegre: UFRGS. 139p. Tese (Doutorado – Plantas de Lavoura) Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 2002.

PIRES, J.L.F. *Efeito da redução no espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta*. Porto Alegre: UFRGS. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 1998.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse. *Crop science*, v. 7, p. 171-175, 1967.

THOMAS, A.L. *Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta a cobertura morta e à incorporação do gesso ao solo, com e sem irrigação*. Porto Alegre: UFRGS. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 1992.

VENTIMIGLIA, L.A. *Morfologia e fisiogenia da soja afetadas pelo espaçamento entre fileiras e níveis de fósforo no solo*. Porto Alegre: UFRGS. 118p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 1996.