



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 40

Campinas, fevereiro de 1981

Artigo n.º 2

VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE SOJA 'SANTA-ROSA' DURANTE O SEU DESENVOLVIMENTO (1)

MARIA TEREZA R. DA SILVA, ROBERTO M. DE MORAES, JOÃO PAULO F. TEIXEIRA, *Seção de Fitoquímica*, e HIPÓLITO A. A. MASCARENHAS (2), *Seção de Leguminosas, Instituto Agrônomo*

RESUMO

Estudou-se a dinâmica de acúmulo de carboidratos, nitrogênio total, óleo, ácidos graxos e matéria seca em sementes de soja durante o seu desenvolvimento. Foram utilizadas vagens de plantas de soja cv' Santa-Rosa, plantadas em campo de aumento no Centro Experimental de Campinas, ano agrícola 1977/78. As sementes foram colhidas aos trinta dias após florescimento (DAF) e analisadas com intervalos de sete dias, desde essa idade até à maturação. Os resultados mostraram maior acúmulo de matéria seca, nitrogênio total e polissacarídeos totais no período de 37 a 65 DAF; de açúcares solúveis, entre 37 e 72 DAF; de polissacarídeos solúveis em água, entre 51 e 82 DAF, e de matéria graxa, entre 51 e 65 DAF. Verificou-se a influência positiva da temperatura e negativa da precipitação pluvial na taxa de acúmulo de matéria graxa dos grãos. Os ácidos graxos saturados, ao contrário dos insaturados, decresceram durante o desenvolvimento dos grãos.

1. INTRODUÇÃO

Os poucos trabalhos, até hoje publicados, referentes ao acúmulo de compostos químicos durante o desenvolvimento de grão de soja, foram realizados no exterior.

OGREN & RINNE (10) mostraram que, durante o desenvolvimento e crescimento da semente de soja, a porcentagem de proteína total variou

muito pouco, havendo, porém, uma redução no valor de nitrogênio não protéico (12% nos primeiros estádios a 2% nas sementes maduras). Essa redução foi acompanhada por um aumento da proteína da ordem de 28 a 38% desde o início até o fim do desenvolvimento. BILLS & HOWELL (4) assinalaram que, no período de 15 a 22 DAF, as proteínas sintetizadas pelos cotilédones em desenvolvimento são proteínas metabólicas que de-

(1) Trabalho apresentado na XXXII Reunião Anual da SBPC, de 6 a 12 de julho de 1980, Rio de Janeiro (RJ). Recebido para publicação a 20 de fevereiro de 1980.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

crecem após os 22 DAF, havendo, a partir daí, um aumento da proteína de reserva.

ROEHN & PRIVETT (11) constataram que as maiores variações na composição dos ácidos graxos dos triglicerídeos ocorrem nos primeiros 52 DAF. Considerando todo o período de desenvolvimento, observaram uma diminuição dos teores dos ácidos palmítico e linolênico, um aumento dos teores dos ácidos oléico e linoléico e um teor de ácido esteárico, praticamente constante.

HOWELL & CARTTER (6) mostraram que a variação da temperatura entre 20 e 40 dias antes da maturação tem mais influência sobre o teor de óleo que durante outros períodos.

Hu Hsu, citado por YAZDI-SAMADI et alii (16), determinando a porcentagem de carboidratos nas sementes de cultivares e linhagens de soja, mostrou que os carboidratos representam 13-15% da matéria seca das sementes aos 25 DAF. Esse teor decresceu ligeiramente durante o desenvolvimento das sementes e em seguida aumentou, atingindo aproximadamente o valor original na maturação.

O metabolismo das sementes de soja é muito pouco conhecido e os processos que governam a deposição de proteína e lipídios em sementes em desenvolvimento são praticamente desconhecidos. O conhecimento do mecanismo de síntese e acúmulo dos compostos químicos do grão poderá permitir a manipulação do metabolismo durante o seu crescimento, tornando possível a seleção de sementes com a proporção de proteína,

lipídios e carboidratos, que atenda às necessidades do mercado consumidor.

O objetivo deste trabalho foi a determinação da dinâmica de acúmulo de carboidratos, proteína e óleo durante o desenvolvimento de sementes de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas vagens de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar Santa-Rosa, colhidas no ano agrícola 1977/78, de um campo de aumento no Centro Experimental de Campinas (Instituto Agrônômico).

As amostragens foram efetuadas em intervalos de sete dias a partir do 30.º dia após o florescimento (DAF) até a maturação. Foram colhidas, de dez plantas, as vagens situadas na haste principal em cada amostragem.

No laboratório, as vagens foram abertas e os grãos, depois de pesados, colocados em estufa com circulação forçada de ar mantida a uma temperatura de 50°C, durante cinco dias, para obter o peso seco.

Nos grãos secos foram determinados os teores de polissacarídeos solúveis em água (WSP: water soluble polysaccharides), polissacarídeos totais, açúcares totais, nitrogênio total, óleo e ácidos graxos.

Polissacarídeos e açúcares totais foram determinados por colorimetria através da reação fenol-H₂SO₄, segundo metodologia descrita por DUBOIS et alii (5) e modificada por TEIXEIRA et alii (14). Os teores de WSP foram determinados conforme SHANNON (12), usando etanol a 10% como solução extratora e posterior

reação com fenol-H₂SO₄; nitrogênio total foi estimado após digestão da amostra desengordurada, de acordo com técnica descrita por BATALIA et alii (3); óleo foi determinado por extração com solvente orgânico (hexano) a quente, utilizando-se extratores de soxhlet por oito horas e a avaliação gravimétrica segundo TRIEBOLD & AURAND (15), e ácidos graxos, utilizando-se metanol-H₂SO₄, conforme AOAC (1) e quantificação por cromatografia de gás, usando-se coluna com a fase líquida DEGS 10%.

de chuvas em janeiro, quando a média de vinte anos é de 239,3mm. Em fevereiro e março também houve precipitação pluvial reduzida, o que influiu no enchimento e desenvolvimento de vagens e grãos, afetando a produtividade, que foi de apenas 1.642kg/ha. Além da baixa precipitação pluvial, houve a ocorrência de altas temperaturas nesse período de desenvolvimento dos grãos (Figura 1).

Pela figura 2, pode-se notar o substancial acúmulo de matéria seca por grão, que variou de 3,92mg aos 37 DAF a 71,40mg aos 65 DAF.

Após 65 DAF até o final da maturação, o acréscimo de matéria seca foi de apenas 7,89mg. A partir daí, houve estabilização do acúmulo (Figura 3). Neste trabalho usaram-se os valores de nitrogênio total ao invés dos de proteína, pois, segundo OGREN & RINNE (10), no início do

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plantio efetuado a 17-11-77 apresentou boa germinação, devido à ocorrência de chuvas suficientes. O florescimento pleno ocorreu a 22-01-78. Pela figura 1 e quadro 1, nota-se que houve somente 51,6mm

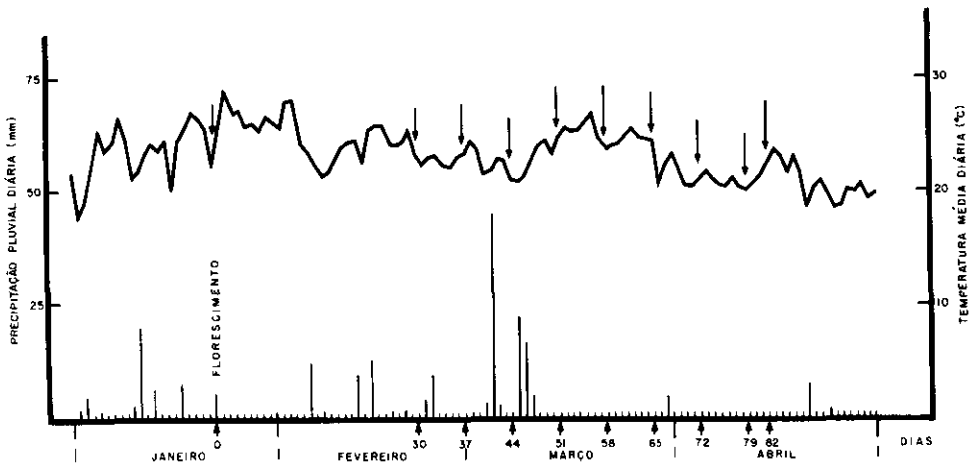


Figura 1. — Precipitação pluvial e temperaturas médias diárias durante o florescimento e desenvolvimento de grãos de soja 'Santa-Rosa', ano agrícola 1977-78, com indicação dos períodos de florescimento e amostragens.

desenvolvimento do grão há grande porcentagem de nitrogênio não protéico que decresce à medida que o grão se desenvolve e, portanto, como não foram determinados os teores desses componentes, preferiu-se comparar a variação de nitrogênio total durante todo o período considerado. A concentração de nitrogênio total nos grãos praticamente não variou, passando de 8,10mg para 8,86mg, confirmando a mesma tendência observada por OGREN & RINNE (10). Pode-se notar, pela figura 3, que a taxa de aumento de óleo foi menor durante o período de 44 a 51 DAF, talvez devido à maior precipitação nesse período (Figura 1). De 51 até 65 DAF, houve aumento substancial de 4,3 a 15,6mg, ocorrendo após esse período estabilização de acúmulo. HOWELL & CARTTER (6) mostraram que a variação de temperatura entre 20 e 40 dias antes da maturação tem mais influência sobre o teor de óleo do que em outros períodos. Neste trabalho foi observado que a porcentagem de óleo alcançou o má-

ximo valor quando a soja atingiu um terço do seu maior acúmulo de matéria seca (Figuras 2 e 3). Isso também foi observado por Rubell, citado por OGREN & RINNE (10).

Pela figura 4, vê-se que os ácidos graxos esteárico e linolênico praticamente mostram a mesma taxa de acúmulo durante o desenvolvimento dos grãos, apresentando os mais baixos teores nos grãos e no óleo. Por outro lado, óleo e ácido linoléico apresentaram a mesma tendência de acúmulo, tendo o ácido linoléico mostrado maior taxa de acúmulo a partir de 58 DAF. Os ácidos graxos oléico e palmítico tiveram taxa de acúmulo intermediária e crescente até 65 DAF. Após esse período, todos os ácidos graxos tiveram pequeno ou nenhum acréscimo em miligrama por grão. Nessa figura constam ainda os dados desses ácidos graxos em porcentagem no óleo, onde se verifica que os ácidos graxos esteárico e linolênico tiveram pequena variação nos seus teores durante o período de desenvolvimento

QUADRO 1 — Precipitação pluvial durante os meses de janeiro a abril de 1978 e médias normais de vinte anos (1)

Meses	Precipitação pluvial	Precipitação (média de vinte anos)
	mm	mm
Janeiro	51,6	239,3
Fevereiro	52,9	204,6
Março	99,3	132,4
Abril	8,6	63,1

(1) Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agronômico, Campinas.

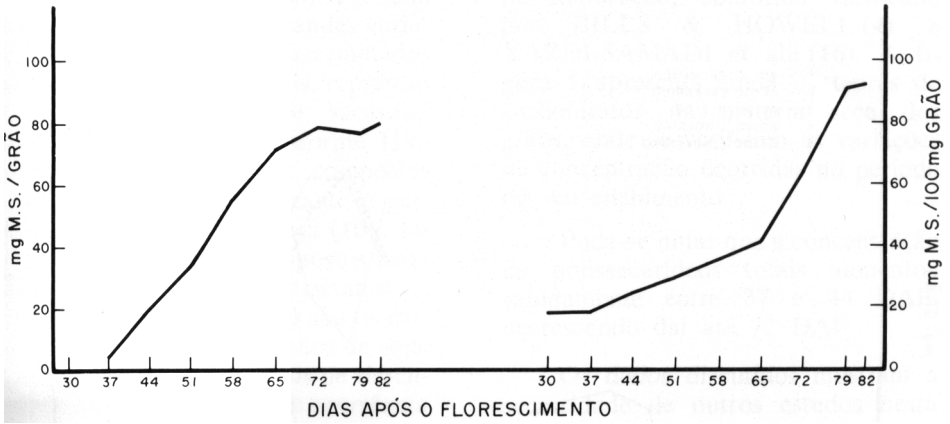


Figura 2. — Acúmulo de matéria seca (M.S.) durante o desenvolvimento de grãos de soja 'Santa-Rosa', 1977-78, expresso em mg M.S./grão e mg. M.S./100mg de grão.

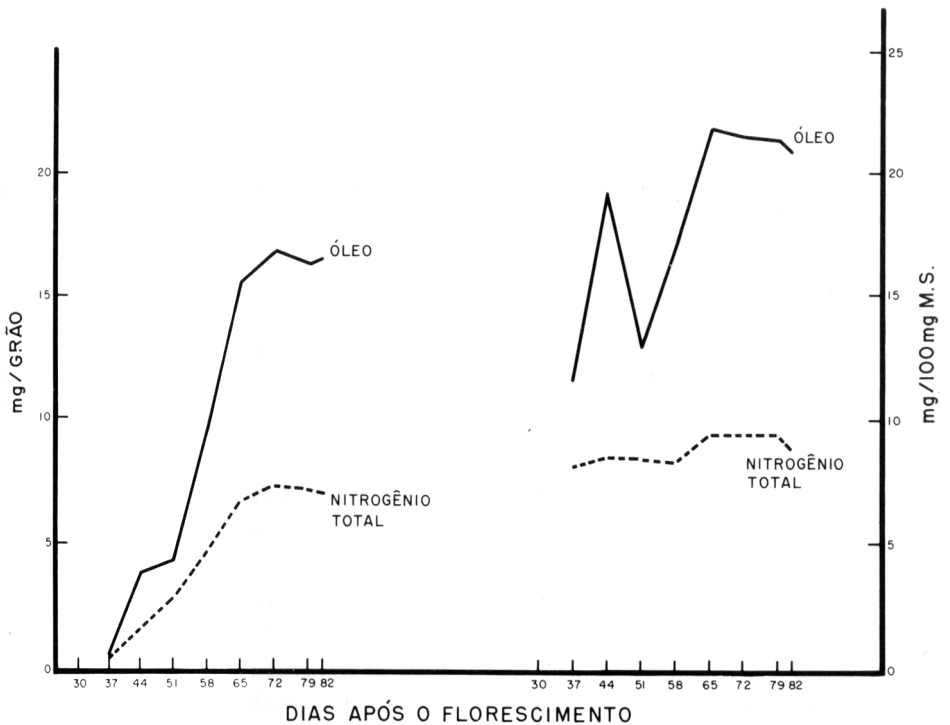


Figura 3. — Acúmulo de nitrogênio total e óleo durante o desenvolvimento de grãos de soja 'Santa-Rosa', 1977-78, expresso em mg/grão e mg/100mg de matéria seca de grão.

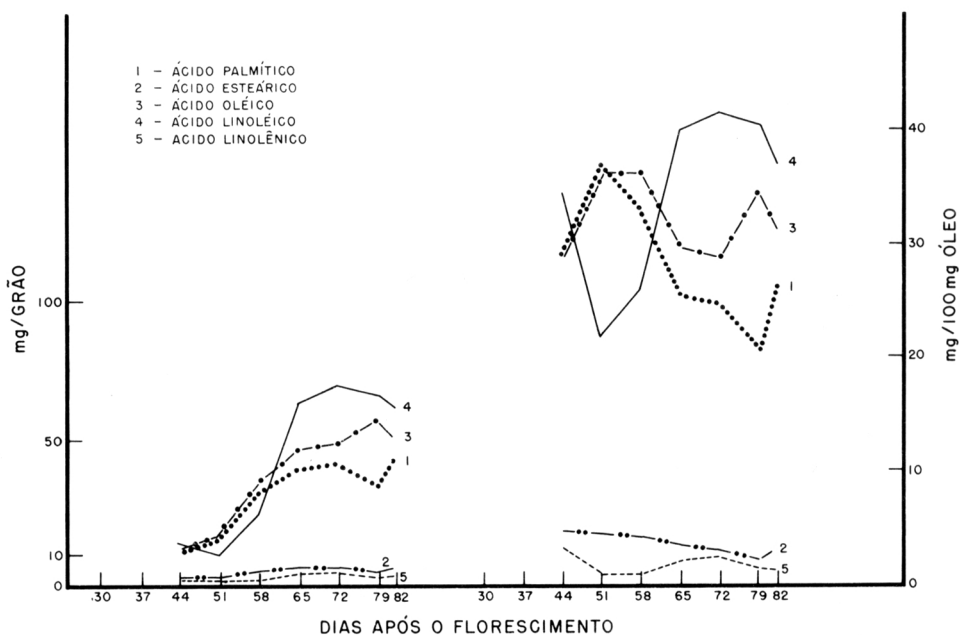


Figura 4. — Variação da composição em ácidos graxos do óleo de soja 'Santa-Rosa', durante o desenvolvimento dos grãos, expressa em mg/grão e mg/100mg de óleo.

dos grãos, ao contrário dos outros, palmítico, oléico e linoléico, que apresentaram grandes variações. Até 58 DAF, os valores do oléico e palmítico foram maiores que os do linoléico, havendo inversão após esse período com predominância do linoléico, confirmando os dados relatados por INKPEN & QUACKENBUSCH (9). ROEHN & PRIVETT (11) mostraram que as variações na composição desses ácidos graxos foram maiores até 52 DAF. Neste trabalho, verificou-se que as maiores variações ocorreram até 58 DAF, a partir do que praticamente não houve variações. Os ácidos graxos oléico, linoléico e linolênico ocorrem a partir dos ácidos palmítico e esteárico, conforme

Dutton e Mounts, citados por OGREN & RINNE (10), e SIMMONS & QUACKENBUSCH (13), verificando-se no presente trabalho que ambos os ácidos graxos saturados tiveram diminuição de suas concentrações, à medida que as dos ácidos oléico, linoléico e linolênico aumentaram, confirmando dados desses autores.

Pela figura 5, vê-se que os polissacarídeos totais se acumularam na semente de 37 a 65 DAF (0,73 a 14,25mg/grão respectivamente), sofrendo variações após esse período. Por outro lado, os açúcares totais se acumularam de 37 DAF até 72 DAF (0,33 a 19,95mg/grãos). O acúmulo de WSP ocorreu de 51 DAF até 82

DAF (0,52 a 2,16mg/grão), em taxa constante, não sofrendo grandes variações. Os açúcares totais determinados são os carboidratos solúveis, representados por frutose, glicose, sacarose, rafinose e estaquiose, conforme HY-MOWITZ et alii (7, 8), compostos rapidamente utilizados durante a germinação de sementes de soja (10). Os polissacarídeos totais, compostos principalmente de arabinogalactanas e polissacarídeos acídicos (2) são os carboidratos de reserva dos grãos de soja. Durante os períodos iniciais de desenvolvimento dos grãos, há ocorrência de amido junto com esses polissacarídeos totais que, depois, desaparece

na maturação, conforme verificado por BILLS & HOWELL (4) e YAZDI-SAMADI et alii (16). A figura 5 apresenta ainda os teores de carboidratos na matéria seca dos grãos, onde se verificam as variações de concentração ocorridas no período de seu enchimento.

Pode-se notar que a concentração de polissacarídeos totais aumentou rapidamente entre 37 e 44 DAF, decrescendo daí até 72 DAF.

Os dados discutidos mostram a necessidade de outros estudos nesta área, já que se referem a apenas um cultivar.

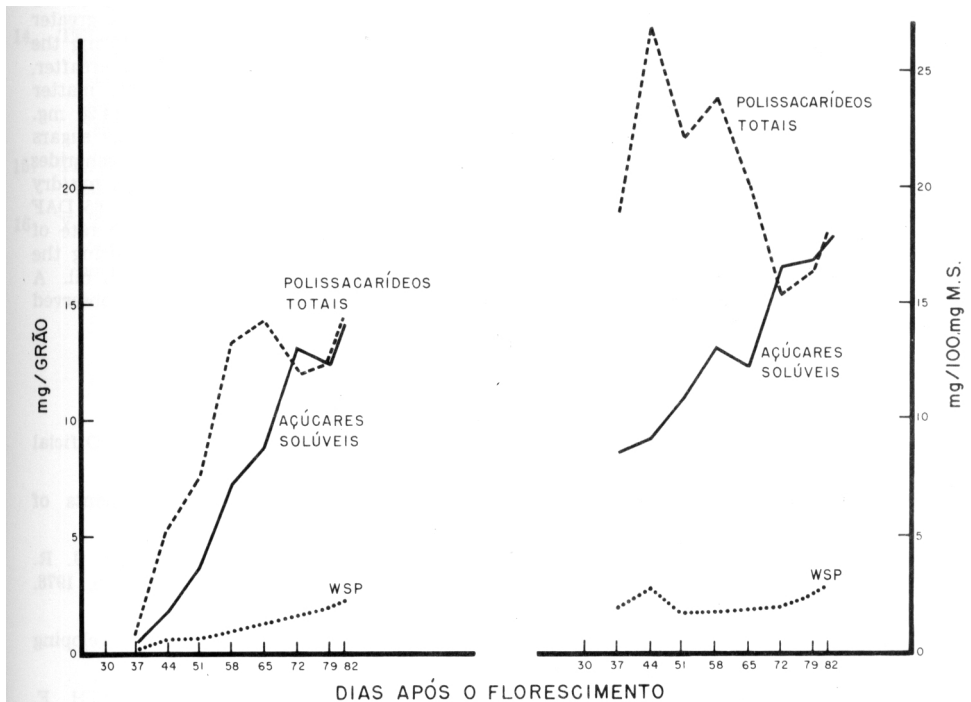


Figura 5. — Acúmulo de polissacarídeos totais, açúcares solúveis e polissacarídeos solúveis em água (WSP: water soluble polysaccharides) durante o desenvolvimento de grãos de soja 'Santa-Rosa', expresso em mg/grão e mg/ 100 mg de matéria seca (M.S.) de grãos.

4. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos neste estudo para soja cv. Santa-Rosa, ano agrícola 1977/78, pode-se concluir que: matéria seca, nitrogênio total e polissacarídeos totais tiveram maior acúmulo no período de 37 a 65 DAF; açúcares solúveis, entre 37 e 72 DAF;

polissacarídeos solúveis em água, entre 51 e 82 DAF; e matéria graxa, entre 51 e 65 DAF.

O ácido graxo linoléico e o óleo apresentaram a mesma tendência de acúmulo. Os ácidos graxos saturados, ao contrário dos insaturados, decresceram.

VARIATION IN THE CHEMICAL COMPOSITION DURING THE DEVELOPMENT OF SOYBEAN SEEDS CV' SANTA-ROSA

SUMMARY

A study was made on the accumulation of carbohydrates, total nitrogen, oil, fatty acids and dry matter in seeds of soybeans during development stage until maturity. The first sample was taken at 30 days after flowering of the cultivar Santa Rosa planted in a multiplication plot at the Experimental Station in Campinas. Subsequent sampling was done at intervals of seven days until maturity. The results showed that the greater part of the dry matter, total nitrogen and total polysaccharides accumulate during the interval between 37 and 65 days after flowering (DAF) and small increases thereafter. During the above mentioned interval the accumulation in the seed was: dry matter 3.92 to 71.40 mg, total nitrogen 0.32 to 7.39 mg and polysaccharides 0.73 to 14.25 mg. During the interval of 37 to 72 DAF there was greater accumulation of soluble sugars which varied from 0.33 to 19.95 mg/dry matter per seed whereas soluble polysaccharides in water accumulated during 51 and 82 DAF which varied from 0.52 to 2.16 mg/dry matter per seed. Most of the fatty acid accumulation took place during 51 and 65 DAF and varied from 4.3 to 15.6 mg/dry matter per seed. It was observed that the rate of the seed oil accumulation decreased during the rainy period and increased during the higher temperatures period. The accumulation of linoleic acid correlated with oil. A decrease in the saturated fatty acid contrary to the unsaturated fatty acid was observed during the development stage of the seed.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis, edited by W. Horwitz. 10.ed. Washington, 1965. 957p.
2. ASPINAL, G. O.; BEGBIE, R.; MCKAY, J. E. Polysaccharide components of soybeans. *Genet Science Today*, 12:225-229, 1967.
3. BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1978. 31p. (Circular, 87)
4. BILLS, R. F. & HOWELL, R. W. Biochemical and cytological changes in developing soybean cotyledons. *Crop Science*, 3:304-308, 1963.
5. DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28:350-356, 1956.

6. HOWELL, E. W. & CARTTER, J. L. Physiological factors affecting composition of soybeans. I. Correlation of temperatures during certain portions of the pod filling stage with oil percentage in mature beans. *Agronomy Journal*, 45:526-528, 1953.
7. HYMOWITZ, T.; COLLINS, F. I.; PANCZNER, J.; WALKER, W. M. Relationship between the content of oil, protein and sugar in soybean seeds. *Agronomy Journal*, 64:613-616, 1972.
8. ———: WALKER, W. M.; COLLINS, F. I.; PANCZNER, J. Stability of sugar content in soybean strains. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 3:367-373, 1972.
9. INKPEN, J. A. & QUACKENBUSH, F. W. Desaturation of palmitate and stearate by cell-free fractions from soybean cotyledons. *Lipids*, 4:539-543, 1969.
10. OGREN, W. L. & RINNE, R. W. Photosynthesis and seed metabolism. In: CADWELL, B. E. et alii, eds. *Soybeans: improvement, production and uses*. Madison, Wis., Amer. Soc. of Agron., 1973. p.391-416.
11. ROEHN, J. N. & PRIVETT, O. S. Changes in the structure of soybeans triglycerides during maturation. *Lipids*, 5:353-358, 1970.
12. SHANNON, J. C. A procedure for the extraction and fraction of carbohydrates from imature *Zea mays* kernels. Lafayette, Indiana, Purdue Univ. Exp. Sta., 1968. (Res. Bull., 842)
13. SIMMONS, R. O. & QUACKENBUSH, F. W. Comparative rates of formation of fatty acids in the soybean seed during its development. *Journal American Oil Chemists Society*, 31:601-603, 1954.
14. TEIXEIRA, J. P. F.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C. Efeito de cultivares, tipos de solo e práticas culturais sobre a composição química de sementes de soja (*Glycyne max* (L.) Merrill). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., Londrina, PR, 1978. Anais. Londrina, EMBRAPA/CNPQSO, 1979. v.1. p.11-16.
15. TRIEBOLD, H. O. & AURAND, L. W. *Food composition and analysis*. New York, Litton Educational Publishing, 1963. 497p.
16. YAZDI-SAMADI, B.; RINNE, R. W.; SEIF, R. D. Components of developing soybean seeds: oil, protein, sugars, starch, organic acids and aminoacids. *Agronomy Journal*, 69:481-486, 1977.