

# EFEITO RIZOSFERA: A IMPORTÂNCIA DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO PARA O SOLO/PLANTA – REVISÃO

*Rhizosphere Effect: the Importance of Bacteria Nitrogen-Fixing for Solo / Plan - review*

Marithsa Maiara Marchetti<sup>1</sup>

Elisete Ana Barp<sup>2</sup>

## RESUMO

Os microrganismos apresentam uma imensa diversidade genética e desempenham funções únicas e cruciais na manutenção de ecossistemas, como componentes fundamentais de cadeias alimentares e ciclos biogeoquímicos (CANHOS et.al, 1998). A dinâmica dos ecossistemas terrestres e a produtividade agrícola está limitada a disponibilidade de nutrientes. Com relação as plantas, a disponibilidade de nitrogênio é o principal fator limitante para sua produtividade e desenvolvimento, juntamente com o fósforo. A fixação biológica do nitrogênio envolve uma sucessão de processos que começam com a adaptação da bactéria à planta e culminam na fixação do N<sup>2</sup> atmosférico (FAGAN et.al, 2007). É mediada por uma parcela dos procariotos que, apesar de relativamente pequena, apresenta alta diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética. A maioria das espécies de diazotróficos é de vida livre, ocorrendo em todos os tipos de solo, na rizosfera e filosfera das plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). O estudo tem por objetivo relacionar a importância de microrganismos fixadores de nitrogênio em relação ao solo/planta. Caracterizar os microrganismos responsáveis pelo processo de fixação de nitrogênio. Descrever as etapas referentes ao processo de fixação de nitrogênio pelos microrganismos e discutir a importância do processo de fixação junto ao solo e planta. O presente estudo tem como procedimento metodológico a revisão bibliográfica, desenvolvido com produção científica indexada em bases

---

<sup>1</sup> Bióloga, Especialista em Educação Ambiental pela Universidade do Contestado – UNC. Mestranda em Ciência do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV. E-mail: marithsamai@gmail.com.

<sup>2</sup> Professora Orientadora, Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental, Universidade do Contestado – UNC.

---

eletrônicas de dados, e também o uso de pesquisa bibliográfica, com base em livros e artigos, referentes ao papel desses microrganismos junto ao ecossistema, bem como sobre o processo relacionado a fixação de nitrogênio.

**Palavras-chave:** Fixação biológica de nitrogênio. Microrganismos. Relação solo/planta.

### ABSTRACT

Microorganisms have an immense genetic diversity and play unique and critical roles in maintaining ecosystems, as fundamental components of food webs and biogeochemical cycles (CANHOS et.al, 1998). The dynamics of terrestrial ecosystems and agricultural productivity is limited nutrient availability. Regarding plants, nitrogen availability is a major limiting factor for productivity and development, along with the match. The biological nitrogen fixation involves a series of processes that begin with the adaptation of the bacteria to the plant and culminate in the fixation of atmospheric N<sup>2</sup> (FAGAN et.al, 2007). It is mediated by a portion of prokaryotes that, though relatively small, has a high diversity morphological, physiological, genetic and phylogenetic. Most species of diazotrophic is free life, occurring in all types of soil, rhizosphere and phyllosphere plants (MOREIRA; Siqueira, 2002). The study aims to relate the importance of nitrogen-fixing microorganisms in the ground / plant. Characterize microorganisms responsible for nitrogen fixation process. Describe the steps for nitrogen fixation process by microorganisms and discuss the importance of fixing process with the soil and plant. This study is a literature review methodological procedure, developed with scientific production indexed in electronic databases, and also the use of literature, based on books and articles on the role of these microorganisms with the ecosystem, as well as the process related to nitrogen fixation.

**Keywords:** Biological nitrogen fixation. Microorganisms. Relationship soil / plant.

### INTRODUÇÃO

O nitrogênio cujo número atômico é sete compõe aproximadamente 80% da atmosfera, entretanto os animais e as plantas não podem absorvê-lo diretamente do ar na forma de gás. Geralmente as formas disponíveis de nitrogênio para a nutrição dos seres vivos incluem as combinações amoniacais, nítricas ou orgânicas que são metabolizadas visando a construção de biomassa (LESSA, 2007).

É um macronutriente e está entre os quatro elementos essenciais a vida,

---

pois, está presente nos aminoácidos, proteínas, DNA, RNA e em outras estruturas celulares (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). A disponibilidade biológica do nitrogênio no solo, juntamente com o fósforo, enxofre e potássio tem relação direta com a produtividade agrícola (LESSA, 2007).

Por ser elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e translocação de foto assimilados e a taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado (TAÍZ; ZIEGER, 2004)

As raízes são órgãos heterotróficos das plantas, cujas principais funções são o suporte e a absorção de água e nutrientes. No solo, as raízes possuem outras importantes funções que são mediadas através da liberação de diversos tipos de materiais orgânicos oriundos da fotossíntese, e diante disso possuem efeitos significativos sobre o solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Devido não só a quantidade, mas também a diversidade de compostos orgânicos depositados na rizosfera, a diversidade de microrganismos na rizosfera pode exceder mais de 1000 vezes aquela dos solos não rizosféricos. A biologia do solo oferece inúmeras alternativas para o desenvolvimento de novas biotecnologias que visam substituir sistemas agrícolas tradicionais baseados no crescente uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (DÖBEREINER, 1990).

Assim como as plantas estimulam a diversidade dos microrganismos, estes também estimulam a exsudação das plantas, ocasionando efeitos benéficos e maléficis (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Os efeitos maléficis baseiam-se produção de compostos inibitórios e imobilização de nutrientes, em compensação a isso há diversos processos mediados por microrganismos do solo desempenhando assim, um papel importante na ciclagem de nutrientes. Um desses processos é a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, que é realizada por microrganismos procarióticos conhecidos como diazotróficos (MOREIRA et al; 2010).

Devido ao alto custo dos fertilizantes nitrogenados (70% dos custos dos fertilizantes), a fixação biológica de nitrogênio que permite o uso, pelas plantas, do N<sup>2</sup> molecular da atmosfera, é o processo mais estudado na biologia do solo (DÖBEREINER, 1990). Sendo esse o segundo processo biológico mais importante do planeta, estima-se que cerca de 175 milhões toneladas de N<sup>2</sup> são fixadas por ano nos ecossistemas terrestres através desses microrganismos fixadores de nitrogênio

---

(MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

A fixação biológica do nitrogênio envolve uma sucessão de processos que começam com a adaptação da bactéria à planta e culminam na fixação do  $N^2$  atmosférico (FAGAN et.al, 2007), sendo mediada por uma parcela dos procariotos que, apesar de relativamente pequena, apresenta alta diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética. A maioria das espécies de diazotróficos é de vida livre, ocorrendo em todos os tipos de solo, na rizosfera e filosfera das plantas, em águas doces e salgadas e no trato intestinal de certos animais como cupins. Alguns são encontrados em simbiose com fungos, diatomáceas e com vários vegetais, enquanto outros estabelecem relações menos especializadas com plantas, denominadas de associações (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Dentre as simbioses de fixadores de  $N^2$  com as plantas, as simbioses de rizóbio com leguminosas certamente se destacam por sua importância nos ecossistemas devido sua ampla distribuição geográfica e eficiência no processo, decorrente de uma parceria entre vegetal e microrganismo mais evoluída (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). As leguminosas possuem o mecanismo simbiótico mais sofisticado e eficiente entre as associações de plantas superiores com bactérias fixadoras de  $N^2$  (DÖBEREINER, 1990).

A simbiose de leguminosas com rizóbios, se caracteriza pela formação de estruturas hipertróficas nas raízes, porém não são todas as espécies de leguminosas que conseguem fazer essa associação. A nodulação ocorre aproximadamente 2 horas após o contato da bactéria com as raízes. Os nódulos primários se desenvolvem em regiões de alongamento e nas zonas de formação de pequenos pêlos radiculares, considerada a região preferencial para a infecção da bactéria fixadora (FAGAN et.al, 2007).

O processo é realizado pela bactéria juntamente com sua enzima nitrogenase, a qual transforma o  $N^2$  atmosférico em compostos amoniacais que são disponibilizados para a planta. A alta eficiência no processo, permite que o mesmo seja explorado para promover o aumento na produção agrícola de um modo ecologicamente correto, ou seja, sem impacto ambiental (MOREIRA, 2008).

Os microrganismos responsáveis por esse processo são bastonetes gram negativas, aeróbicas não esporulantes, pertencentes ao filo alpha-Proteobacteria, os quais são identificados genericamente como rizóbio (ZAKHIA & LAUJUDIE, 2001).

---

Eram classificados em dois grupos, sendo eles rizóbio de crescimento lento e de crescimento rápido. O gênero *Rhizobium* é de crescimento rápido e promove queda no pH quando em meio de cultura, porém quando há presença de sacarose, glutamato monossódico e extrato de levedura eles demonstram comportamento inverso. O gênero *Bradyrhizobium* possui o crescimento lento e produz reação básica no meio de cultura (URENHA et al, 1994).

O progresso na taxonomia rizobiana levou à descrição de mais de 40 novas espécies e de cinco gêneros: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* e *Azorhizobium* (VIEIRA, 2007). De acordo com MOREIRA; HUISING; BIGNELL (2010) com os avanços na biologia molecular pode-se fazer a distinção mais específica entre gêneros, o que resultou na existência de oito gêneros fixadores de nitrogênio que nodulam espécies de leguminosas, sendo eles: *Allorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradhyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Cupriavidus* e *Burkholderia*.

Atualmente tem-se estudado cada vez mais sobre essa simbiose existente entre planta/microrganismo, bem como seus efeitos sobre os solos, diversos pesquisadores tem atuado para caracterizar cada vez mais esse processo e descobrir novos simbioses, já que os mesmos possuem grande importância ecológica e econômica, no entanto a nodulação tem sido avaliada em uma pequena parte apenas das leguminosas, apenas cerca de 10% (MOREIRA, 2008).

## MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo de revisão, desenvolvido com produção científica indexada em bases eletrônicas de dados, e também o uso de pesquisa bibliográfica, com base em livros e artigos, referentes ao papel desses microrganismos junto ao ecossistema, bem como sobre o processo relacionado a fixação de nitrogênio.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os microrganismos apresentam uma imensa diversidade genética e desempenham funções únicas e cruciais na manutenção de ecossistemas, como componentes fundamentais de cadeias alimentares e ciclos biogeoquímicos

---

(CANHOS et.al, 1998).

A dinâmica dos ecossistemas terrestres e a produtividade agrícola está restrita a disponibilidade de nutrientes presentes. Com relação as plantas, a quantidade de nitrogênio proporcionado é o principal fator limitante para o seu desenvolvimento, juntamente com o fósforo. Para que se consiga um incremento desses nutrientes no solo, tem se adotado a utilização de fertilizantes químicos, porém além de ser uma prática com altos custos, ainda agrega a severas consequências ambientais, tanto na produção, quanto em seu destino final (RINCÓN; GUTIÉRREZ, 2012).

Diante das sérias consequências que o uso de insumos químicos tem acarretado aos ecossistemas, a ideia da conservação ambiental e o uso racional de seus recursos, tem ganhado bastante relevância. As interações específicas entre plantas e microrganismos, possuem um forte impacto sobre o funcionamento dos ecossistemas, e conseqüentemente nos ciclos biogeoquímicos, sendo que a disponibilidade dos elementos no solo, cabe considerar desde seus diferentes arranjos químicos até sua interação com a biomassa microbiana (CANHOS et.al, 1998). Diferentes formas de vida participam ativamente na dinâmica desses elementos junto ao solo, sendo que uma delas, podendo assim dizer a principal, são as comunidades microbianas. Os microrganismos disponibilizam esses elementos para as plantas, através de transformações químicas feitas por eles, sendo assim, o composto que estava imobilizado passa a ser disponível para a nutrição da planta (RINCÓN; GUTIÉRREZ, 2012).

De acordo com DIAS; NEVES; SILVEIRA (2002) é fundamental para o crescimento que haja balanceamento entre os macronutrientes e os micronutrientes, pois ambos são essenciais para o bom desenvolvimento das plantas e dos microrganismos benéficos do solo.

Na natureza, o nitrogênio apresenta um grande número de transformações mediadas por microrganismos específicos, visando a adição ou manutenção do nitrogênio disponível no solo. A dinâmica do ciclo do nitrogênio no ecossistema, compreende basicamente aos processos de fixação, mineralização, nitrificação e a desnitrificação, processos esses mediados por ação dos microrganismos presentes nos solos (LESSA, 2007).

A mineralização do nitrogênio é entendida como a conversão do

---

Nitrogênio orgânico (N-org) na sua forma inorgânica (Ni). A nitrificação é definida como a formação biológica de nitrato ou nitrito a partir de compostos que contenham nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), processo mediados por microrganismos nitrificantes, como por exemplo as *Nitrossomonas ssp* e *Nitrobacter ssp*. A importância dos nitrificantes está no fato da produção de nitrato, que a principal fonte de nitrogênio assimilado pelas plantas. A desnitrificação é o processo que consiste na redução microbiana de nitrito e nitrato com a liberação de nitrogênio molecular e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), realizado por microrganismos desnitrificantes, como por exemplo as *Pseudomonas ssp* (MOREIRA; SIQUEIRA; BRUSSAARD, 2008).

A fixação de nitrogênio pode ser realizada por processos industriais, porém demanda alto custo e uso de recursos não renováveis, e pelos microrganismos que fixam nitrogênio atmosférico. A função de transformar o nitrogênio existente no ar atmosférico em formas assimiláveis para plantas e animais - Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) - é realizada por bactérias fixadoras de nitrogênio que possuem a enzima nitrogenase, enzima esta que é composta por duas unidades, uma delas é o ferro-proteína e a outra o ferro-molibdênio (MOREIRA; SIQUEIRA; BRUSSAARD, 2008).

O processo de infecção pelo rizóbio envolve diferentes agentes sinalizadores entre a planta e a bactéria (LESSA, 2007). A fixação biológica do nitrogênio envolve uma sucessão de processos que começam com a adaptação da bactéria à planta e culminam na fixação do  $\text{N}_2$  atmosférico. A nodulação ocorre aproximadamente 2 horas após o contato da bactéria com as raízes. Os nódulos primários se desenvolvem em regiões de alongamento e nas zonas de formação de pequenos pêlos radiculares, considerado o local preferencial para a infecção da bactéria fixadora. Para que ocorra a fixação biológica de nitrogênio é necessário que a nitrogenase se encontre em condições anaeróbicas. Os nódulos possuem uma heme proteína chamada de leg-hemoglobina que se liga ao oxigênio e que está presente em altas concentrações nos nódulos (FAGAN, 2007).

Após a fixação biológica de nitrogênio as plantas utilizam o nitrogênio na formação de algumas estruturas e, em seguida, o disponibilizam a todos os indivíduos da cadeia alimentar, sendo que depois bactérias nitrificantes transformam a amônia obtida da decomposição de resíduos nitrogenados em

---

nitritos e nitratos, e bactérias desnitrificantes a partir de nitratos produzem o nitrogênio livre para retornar à atmosfera (LESSA, 2007).

A relação solo-planta-atmosfera é um importante fator a ser considerado na sustentabilidade agroecológica, por ser a base da produção de alimentos, principalmente quando há perspectivas de uma duplicação da população mundial e uma demanda triplicada da produção de alimentos nos próximos cinquenta anos (CARVALHO, 2002). Devido a isso o uso e conservação do solo, bem como a conservação da biodiversidade são fatores de suma importância para que se possa manter a qualidade dos ecossistemas.

De acordo com NOGUEIRA et.al (2012) a fixação biológica de nitrogênio realizada por rizóbio em simbiose com leguminosa é de grande importância para programas de recuperação de solos degradados, geralmente deficientes em nitrogênio, em virtude da intensa perda de matéria orgânica.

O uso de leguminosas herbáceas e arbóreas auxiliam significativamente na produção e proteção do solo, as leguminosas herbáceas perenes como cobertura viva permanente vem sendo avaliadas como alternativa para proteção do solo. Esta prática tem caráter multifuncional, associando aspectos de conservação do solo e manutenção da fertilidade, além de fixar carbono e nitrogênio atmosféricos e maximizar a ciclagem de nutrientes, favorecem a atividade biológica do solo. A importância das espécies arbóreas ou arbustivas pode ser evidenciada por apresentarem funções produtivas e protetoras do solo. Dentre as funções protetoras do solo podem ser destacados o controle da erosão, a estabilidade de taludes, barramentos, o aumento no estoque e qualidade da água e disponibilização de nitrogênio em formas amoniacais para o solo devido a sua interação com microrganismos fixadores de  $N^2$  (NOGUEIRA et.al, 2012).

Alguns estudos realizados na América Central demonstram bem a importância da biomassa de leguminosas arbóreas na produção de matéria seca de gramíneas, assim, reduzindo o impacto direto da gota da chuva no solo, reduzindo os processos erosivos. A associação de *Brachiaria humidicola* com a leguminosa arbórea *Acacia mangium* contribuiu para aumentar a produtividade da gramínea em 28%, em comparação com a pastagem em monocultura (DIAS et. al, 2007).

CARVALHO; XAVIER; ALVIM (2000), ao trabalharem com a introdução de leguminosas arbóreas em pastagens, constataram que após quatro anos a

---

forrageira (*Brachiaria decumbens*) sob a copa das árvores apresentava-se sempre mais verde. Estes valores comprovam que além de aumentar o teor de proteína da forrageira as áreas sob a copa das leguminosas também mantiveram a qualidade do material até mesmo na época seca. Diante disso, a melhoria na qualidade da pastagem através do aproveitamento da serapilheira depositada pelas leguminosas, aumentando principalmente seus teores de N, e conseqüentemente de proteínas, acaba melhorando a qualidade da forragem em oferta. Além disso, as leguminosas contribuem para a redução da perda de nutrientes por erosão e lixiviação, aumentando a deposição de nutrientes contidos na água de chuva e na poeira atmosférica que foram interceptadas pelas copas das árvores.

LASTE (2008) em seu trabalho sobre a seleção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas mineradas, obteve êxito em todos os seus experimentos, provando assim a eficácia funcional da relação planta-microrganismo.

O estudo com rizóbios tem sido cada vez mais intenso, já que os mesmos possuem grande importância ecológica e econômica, no entanto a nodulação tem sido avaliada em uma pequena parte apenas das leguminosas, cerca de 10% (MOREIRA, 2008). Diante disso não existem dúvidas de que essa ocorrência e diversidade dessas bactérias ainda tem que ser explorada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da consulta nas bases bibliográficas conclui-se que a relação solo/planta é de sua importância, já que plantas produzem exsudados que beneficiam os microrganismos e conseqüentemente o solo. Pode se observar a importância do processo de fixação biológica de nitrogênio, pois além de beneficiar a planta envolvida, também beneficia a rizosfera disponibilizando a outros organismos parte desse nitrogênio fixado. Essa relação também estrutura fortemente o solo, onde através das raízes das plantas ocorre um auxílio na proteção do solo, não deixando com que ocorra grandes erosões, e a simbiose entre microrganismo/planta acarreta numa série de compostos a serem liberados garantindo uma eficiente ciclagem de nutrientes no solo, melhorando

---

significativamente a qualidade do solo.

## REFERÊNCIAS

CANHOS, Vanderlei Perez, et.al. **Microrganismos e Biodiversidade de Solos**. Estratégia Nacional de Diversidade Biológica, Grupo de Trabalho Temático. Outubro, 1998. Unicamp, Campinas, SP. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/Microrganismos%20e%20Biodiversidade%20de%20solos.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/Microrganismos%20e%20Biodiversidade%20de%20solos.pdf)

CARVALHO, Eraldo Augusto de. **Avaliação agrônômica na disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. Dezembro, 2002.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D.F.; ALVIM, M.J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: **Simpósio Internacional sobre Sistemas Agroflorestais Pecuários na América do Sul**. 18-20 de setembro de 2000.

DIAS, Joyce Soares Dias; NEVES, Igor; SILVEIRA, Victor Hugo da. Nutrientes Do que as plantas precisam?. Periodicidade Trimestral; **Unifertil**. Out, 2012 002/ Ano 02. Disponível em: <http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20121011151121.pdf>

DIAS, P.F.; SOUTO, S.B.; RESENDE, A.S.; URQUIAGA, S.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; FRANCO, A.A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p. 352- 356, 2007.

DÖBEREINER, Johanna. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos avançados**. vol.4 no.8 São Paulo Jan./Apr. 1990.

FAGAN, Evandro Binotto; et al. Fisiologia da Fixação Biológica do Nitrogênio em Soja – Revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.1, p. 89-106. 2007

LASTE, Keila Caroline Dalle. **Seleção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas mineradas**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal. Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ Dezembro, 2008. Disponível em: [http://www.if.ufrrj.br/inst/monografia/2008II/Monografia\\_KeilaCaroline.pdf](http://www.if.ufrrj.br/inst/monografia/2008II/Monografia_KeilaCaroline.pdf)

---

LESSA, Ruth Néia Teixeira. **Ciclo do nitrogênio**. Setembro, 2007. Pelotas.

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; et.al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**. v.1, n.2; p. 74-99. 2010

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo; BRUSSAARD. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: ed. UFLA, 2008.

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo; **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002.

NOGUEIRA, Natiélia Oliveira; et.al. Utilização de Leguminosas para Recuperação de Áreas Degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. – 2012 disponível em:  
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/utilizacao%20de%20leguminosas.pdf>

RINCÓN, Laura Emilia Cerón; GUTIÉRREZ, Fabio Aristizábal. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo em suelos. **Revista Colombiana de Biotecnología**. v.XIV. n1. p.285-295. Julho, 2012.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.