

EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTES DOMÉSTICOS NAS PROPRIEDADES DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

F.G. CARVALHO

Pesquisadora DCR/CNPq e Professora Colaboradora do Departamento de Engenharia Química - UFRN
Laboratório de Engenharia Ambiental e Controle de Qualidade – Dep. de Engenharia Química – UFRN
Av. Sen. Salgado Filho 3000 Campus Universitário CEP 59.072-970 Natal/RN Brasil
E-mail: fgcarvalho@eq.ufrn.br

H.N.S. MELO

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Química - UFRN
Laboratório de Engenharia Ambiental e Controle de Qualidade – Dep. de Engenharia Química – UFRN
Av. Sen. Salgado Filho 3000 Campus Universitário CEP 59.072-970 Natal/RN Brasil
E-mail: henio@eq.ufrn.br

J.L.S. MELO

Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Química - UFRN
Laboratório de Engenharia Ambiental e Controle de Qualidade – Dep. de Engenharia Química – UFRN
Av. Sen. Salgado Filho 3000 Campus Universitário CEP 59.072-970 Natal/RN Brasil
E-mail: josette@eq.ufrn.br

RESUMO

No Brasil todas as regiões apresentam solos degradados ou em estágio avançado de degradação, necessitando de grandes esforços no sentido de recuperá-los, tornando-os novamente produtivos. Neste sentido, a utilização de águas residuárias de esgoto doméstico pode favorecer a recuperação do solo degradado, devido o aporte de matéria orgânica e nutrientes fornecidos pelos efluentes promover uma melhoria das condições físicas, químicas e microbiológicas dos solos degradados, além de favorecer a introdução de espécies leguminosas e o reaparecimento da vegetação nativa. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o desenvolvimento de leguminosas arbóreas fertirrigadas com águas residuárias e a alteração das propriedades químicas de um solo degradado. A experimentação foi desenvolvida na Estação de Tratamento de Esgotos da UFRN, utilizando amostras de solo (AREIA QUARTOZOSA) proveniente de área degradada da Estação de Pesquisas da EMPARN, situada no município de Parnamirim-RN. Como plantas teste foram utilizadas as leguminosas Leucena, Sabiá, Algaroba e Acácia mangium inoculadas e não inoculadas com microrganismo de importância agrícola (*Rhizobium*). A unidade experimental foi alimentada com água ou com o efluente doméstico proveniente de um sistema de tratamento anaeróbio. Os parâmetros analisados foram: altura de plantas, pH e cátions trocáveis (cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo) no solo. A partir da avaliação realizada é possível afirmar que a interação *Rhizobium* x efluente é positiva para o crescimento das plantas (altura) e disponibilização de nutrientes ao solo, sobretudo para o tratamento Algaroba inoculada e fertirrigada com efluente doméstico.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso agrícola de efluentes, recuperação de áreas degradadas, propriedades do solo

1. INTRODUÇÃO

A degradação de solos tropicais tem se intensificado nas últimas décadas e vários fatores têm contribuído para isto, onde o manejo inadequado do solo pode ser citado como fator determinante na degradação de áreas antes totalmente produtivas. O esgotamento das reservas de nutrientes do solo devido à retirada de elementos pelas plantas no cultivo contínuo, bem como pela redução dos níveis de matéria orgânica do solo têm levado a degradação química dos solos agrícolas.

De acordo com Oldeman (1994) *apud* Dias e Griffith (1998), cerca de 15% do solo mundial encontra-se degradado, possuindo a América do Sul 244 x 10⁶ ha de solos já degradados. No Brasil todas as regiões apresentam solos degradados ou em estágio avançado de degradação, necessitando de grandes esforços no sentido de recuperá-los e torná-los novamente produtivos. No Rio Grande do Norte existem 1.905.200 hectares de áreas com problemas de degradação ambiental, onde aproximadamente 19% deste total apresenta-se em estágios de acentuada a severa degradação (EMBRAPA-CPATSA, 2003).

O processo de urbanização acelerada observado nas últimas décadas no Brasil por sua vez, tem se tornado um importante agente de degradação, agravando a questão da disposição final de efluentes gerados a partir de esgotos urbanos, exigindo assim dos governos e também da iniciativa privada a definição de ações que equacionem técnica e economicamente a disposição final dos esgotos.

A necessidade de se preservar os recursos hídricos, como forma de liberar as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico, impulsionou o desenvolvimento de diversos processos e técnicas de tratamento para minimizar os efeitos adversos decorrentes da descarga de esgoto bruto no ambiente.

Neste contexto, a reciclagem agrícola de águas residuárias urbanas se apresenta como uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica uma vez que no Brasil, o setor agrícola utiliza aproximadamente 70% do consumo total de água. Essa demanda significativa, associada à escassez de recursos hídricos leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas como prioritárias em termos de reuso de efluentes tratados.

O reuso agrícola de efluentes tratados pode favorecer a recuperação de solos degradados, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de apresentar a vantagem por se tratar de um resíduo líquido, de suprir as necessidades hídricas proporcionando adequado desenvolvimento às plantas.

Embora o reuso de efluentes na agricultura constitua-se em um método simples e de baixo custo operacional quando bem monitorado, são necessárias pesquisas complementares a fim de que esta prática se torne uma contribuição efetiva e segura do ponto de vista sanitário e ambiental, sobretudo, porque a reciclagem agrícola de efluentes não pode ser encarada apenas como uma forma de eliminar um problema eminentemente urbano.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o cultivo de leguminosas arbóreas fertirrigadas com águas residuárias, visando reflorestar e recuperar solos degradados, pela reposição da cobertura vegetal, matéria orgânica e nutrientes.

2. METODOLOGIA

2.1. Local da pesquisa

Os bioensaios com plantas foram conduzidos em Área da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da UFRN. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental e Controle de Qualidade (LEALQ), localizado no Departamento de Engenharia Química da UFRN e no Laboratório de Apoio da ETE, localizado no Campus da UFRN.

2.2. Instalação e condução dos bioensaios com leguminosas

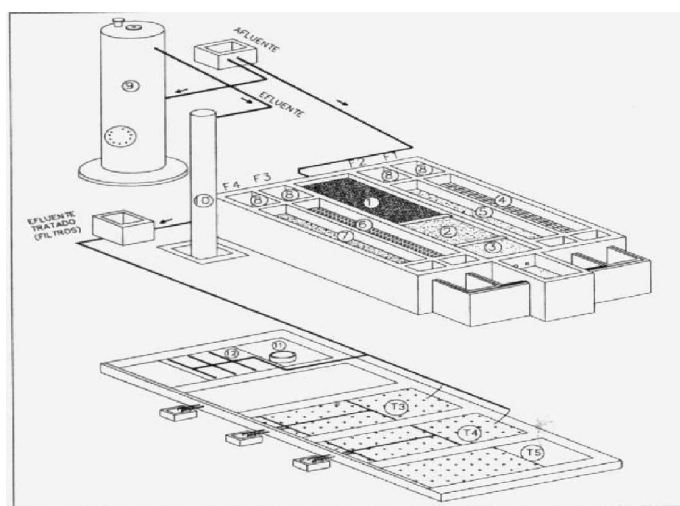
Bioensaios com leguminosas arbóreas (*Leucena: Leucaena leucocephala*, *Sabiá: Mimosa caesalpinifolia*, *Algaroba: Prosopis juliflora* e *Acácia: Acacia mangium*) foram conduzidos em sistema de confinamento (vasos) utilizando o solo AREIA QUARTZOSA, coletado na profundidade de 0-20cm em área degradada selecionada na Estação Experimental de Pesquisa da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte Romel Mesquita de Faria, situada no município de Parnamirim - RN. As características químicas e físicas do solo utilizado encontram-se na Tabela 1 e foram determinadas de acordo com Embrapa (1997).

A partir da caracterização do solo foram elaborados pré-ensaios onde se objetivou definir os ciclos de aplicação/descanso do efluente doméstico, assim como a carga hidráulica a ser adotada no experimento.

As parcelas experimentais foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado em dois módulos 3,5 m x 3,5m. No primeiro módulo a unidade experimental (vasos) foi irrigada com água, enquanto no segundo módulo o sistema de irrigação foi alimentado com efluente doméstico proveniente de um sistema de tratamento anaeróbio (Figura 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo AREIA QUARTZOSA utilizado no experimento.

| Determinações no Solo | | |
|-----------------------------------|--------|--------------------------------------|
| Características Químicas | | |
| pH em água (1:2,5) | 5,0 | |
| Al ³⁺ | 0,15 | cmol _c .dm ⁻³ |
| Ca ²⁺ | 0,20 | cmol _c .dm ⁻³ |
| H ⁺ + Al ³⁺ | 1,65 | cmol _c .dm ⁻³ |
| Mg ²⁺ | 0,11 | cmol _c .dm ⁻³ |
| K ⁺ | 0,04 | cmol _c .dm ⁻³ |
| Na ⁺ | 0,02 | cmol _c .dm ⁻³ |
| P extraível | 6,00 | mg.dm ⁻³ kg ⁻¹ |
| Extrato da pasta saturada (1:5) | | |
| C.E. | 0,0123 | dS.cm ⁻¹ |
| Características Físicas | | |
| Densidade do solo | 1,53 | Mg.m ⁻³ |
| Areia | 94,8 | % |
| Argila | 1,0 | % |
| Silte | 4,20 | % |
| Classificação textural | Areia | |



LEGENDA

- 1 Decanto digestor – Câmara 1
- 2 Decanto digestor – Câmara 2
3. Filtro anaeróbio ascendente
- 4, 5, 6 e 7 Filtros anaeróbios descendentes
8. Tanque de efluente tratado dos filtros descendentes
9. BIOFIBER
10. Coluna de areia
11. Poço de amostragem
12. Bacia de infiltração
- 13 Tabuleiro T3 Irrigação água
14. Tabuleiro T4 Irrigação com efluente

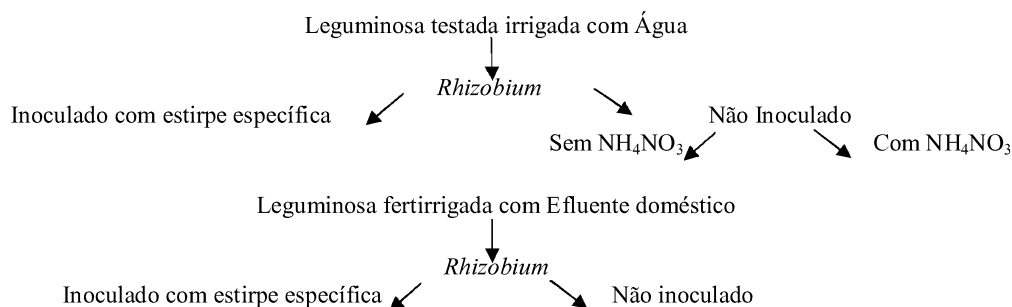
Figura 1. Desenho esquemático do sistema de tratamento anaeróbio utilizado no experimento

Cada parcela foi irrigada por um sistema de irrigação localizada e a unidade experimental (vasos) foi alimentada com água ou com o efluente doméstico proveniente de um sistema de tratamento anaeróbio.

As estirpes utilizadas em ensaios in vivo ao longo da pesquisa, foram cedidas pela Embrapa Agrobiologia mediante acordo para transferência de material biológico para fins científicos:

1. *Leucaena leucocephala* – BR 825 e BR 827
2. *Acacia mangium* - BR 3609 e BR 6009
3. *Prosopis juliflora* - BR 3615 e BR 4007
4. *Mimosa caesalpiniiifolia* - BR 3407 e BR 3446

Os tratamentos compreenderam:



2.3. Análises Químicas do solo

Aos 35 dias após o plantio (DAP) das leguminosas foram realizadas tradagens (0-15 cm) nos vasos retirando cerca de 70 g de solo para realização de análises químicas.

As análises químicas compreenderam: pH em H₂O (Método potenciométrico), Acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), Ca, Mg, Al, Na e K trocáveis e Fósforo extraível conforme citado por Tedesco et al. (1995)

2.4. Desenvolvimento de plantas

Aos 35 dias após o plantio foi determinada a altura (cm) das plantas.

2.5. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram analisados no programa estatístico SANEST, e submetidos à análise de variância com teste de F, utilizando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre médias de tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Desenvolvimento de plantas

O desenvolvimento das plantas avaliado a partir da mensuração da altura pode ser observado na Figura 2.

Nas parcelas cultivadas com *Prosopis juliflora* (Algaroba) os resultados observados demonstram que as plantas fertirrigadas com efluente e inoculadas com a estirpe BR 3609 foram significativamente semelhante ao tratamento inoculado e irrigado com água, não havendo diferença significativa entre o tratamento irrigado com água + adubação nitrogenada e o tratamento não inoculado fertirrigado com efluente.

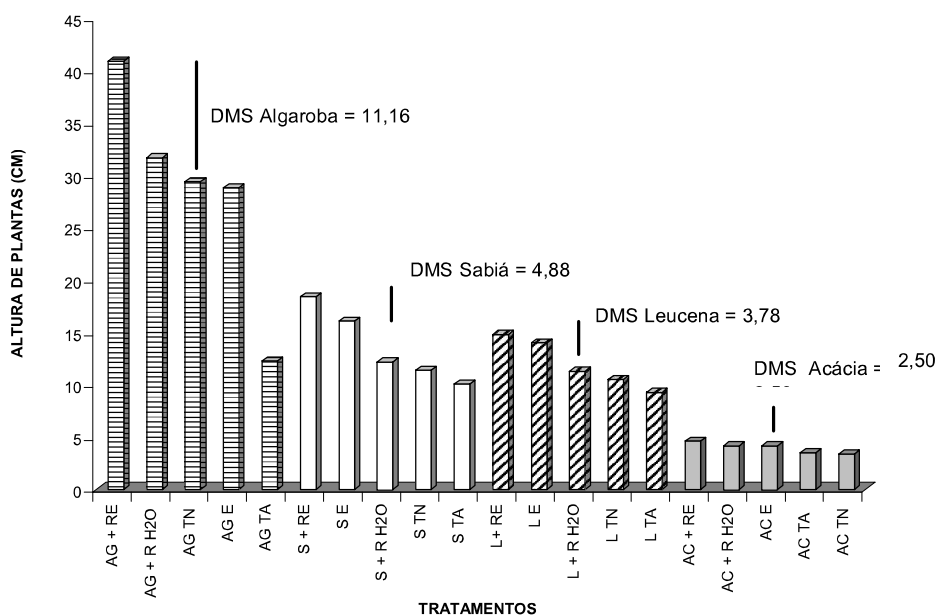


Figura 2. Altura de leguminosas inoculadas ou não com estirpes específicas de *Rhizobium* sp e irrigadas com água ou fertirrigadas com efluente doméstico.

Para as leguminosas Sabiá e Leucena houve o mesmo padrão de desenvolvimento, tendo os tratamentos fertirrigados inoculados ou não, apresentado melhor desenvolvimento das plantas, embora não haja diferença significativa entre si. Não houve diferença significativa entre os tratamentos cultivados com a leguminosa Acácia.

Assim, aos 35 DAP, exceto para a Acácia, podem ser observadas diferenças significativas entre os tratamentos testados para as leguminosas estudadas, o que numa avaliação preliminar permite afirmar que a interação *Rhizobium* x efluente é positiva sobre o crescimento das plantas.

3.2. Teores de cátions trocáveis e valores de pH presentes em solo irrigado com água ou fertirrigado com efluente doméstico

Os resultados dos teores de cátions trocáveis e valores de pH presentes no solo irrigado com água ou fertirrigado com efluente doméstico encontram-se nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

3.2.1. Tratamentos irrigados com água

Para os valores de pH em solo irrigado com água foi observado que os menores valores analisados de 6,24 e 6,35, corresponderam aos tratamentos cultivados com Algaroba inoculada com a estirpe BR 3609 e fertilizada com N mineral respectivamente. No geral, os valores mais elevados de pH foram observados nos tratamentos cultivados com Acácia.

Ao se comparar os resultados de pH em solo da Tabela 2 com o gráfico da altura das plantas na Figura 2, observa-se que, com o desenvolvimento da leguminosa, há uma redução do valor do pH no solo, provavelmente devido a uma maior quantidade de substâncias ácidas (mucilagens e exsudatos radiculares) secretadas e continuamente liberadas, que estimulam a atividade microbiana no solo rizosférico, pois representam uma fonte de carbono, contribuindo para a redução dos valores de pH no solo.

Com os valores de pH do solo mantidos próximo à neutralidade (6,24-6,87) houve maior disponibilidade de fósforo > magnésio > cálcio, em todos os tratamentos irrigados com água. Nesta faixa de pH os baixos níveis de alumínio observados se justificam pela facilidade de precipitação deste cátion na faixa observada neste experimento.

Em relação ao cálcio trocável, houve diferença significativa entre a Acácia (testemunha nitrogenada) e demais tratamentos irrigados com água, pois enquanto o valor observado na Acácia foi de 2,35 cmol_c.dm⁻³, a média para os demais tratamentos foi de 1,00 -1,30 cmol_c.dm⁻³.

De modo geral, embora os valores de magnésio trocável não se tenham observado diferenças significativas para a maioria dos tratamentos, houve uma maior remoção deste elemento nas testemunhas nitrogenadas.

Para o potássio trocável tanto nas testemunhas nitrogenadas quanto nos tratamentos inoculados com *Rhizobium* sp houve maior remoção deste elemento quando se compararam as suas médias em relação ao tratamento testemunha absoluta. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos irrigados com água para o teor de Sódio trocável presente no solo.

Considerando que a relação Na:K no solo ficou em média de 3:1, algumas considerações sobre uma provável ativação ou estimulação de mecanismos de adaptação das leguminosas, como por exemplo, estímulo para a manutenção da integridade da membrana, podem ter promovido preferencialmente maior absorção de íons potássio do que de sódio, resultando assim em teores mais baixos de Potássio no solo. Contudo, somente a partir de análises do tecido foliar das leguminosas a ser realizada aos 50 dias após poderemos esclarecer tal fato.

A incorporação de íons sódio via água utilizada na irrigação é uma possibilidade que deverá ser investigada.

3.2.3. Tratamentos fertirrigados com efluente

Para os valores de pH em solo fertirrigado com efluente doméstico foi observado que os menores valores analisados 6,18 - 6,31, corresponderam aos tratamentos com leguminosas não inoculadas. Enquanto para os tratamentos com leguminosas inoculadas com *Rhizobium* a faixa de pH variou de 6,73 – 7,21 (Tabela 3).

Embora tenha ocorrido uma leve redução na faixa de pH observada para os tratamentos com leguminosas não inoculadas, a interferência do pH na disponibilidade de alguns cátions, pode ser observada.

Para os valores de pH do solo na faixa mais elevada de 6,73 – 7,21 (leguminosas inoculadas com *Rhizobium*) houve maior disponibilidade de fósforo > cálcio. Para os tratamentos não inoculados cuja faixa de pH do solo foi de 6,18 - 6,31 os valores de magnésio trocável aumentaram.

Os baixos níveis de alumínio (0,08 – 0,05 cmol_c.dm⁻³) observados, se justificam pela facilidade de precipitação deste cátion em condições de alcalinidade como a observada neste experimento, não havendo diferença significativa entre os tratamentos fertirrigados com água residuária. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos irrigados com água para o teor de Sódio trocável presente no solo.

A relação Na:K no solo fertirrigado com efluente ficou em média de 4:1, mais levada portanto do que nos tratamentos irrigados apenas com água onde esta relação era de 3:1. Assim também para o efluente aplicado serão realizadas análises dos teores de Na e K no tecido foliar das leguminosas quando analisada a parte aérea.

TABELA 2. Teores de cátions trocáveis e pH em solo AREIA QUARTZOSA cultivado com leguminosas irrigadas com água.

| | <i>Rhizobium</i> * | | | | Sem <i>Rhizobium</i> | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------------------|-----------|----------|----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | BR 3609 | BR 825 | BR 3407 | BR 3615 | Testemunha absoluta | | | | Testemunha nitrogenada | | | |
| | Algaroba | Leucena | Sabiá | Acácia | Algaroba | Leucena | Sabiá | Acácia | Algaroba | Leucena | Sabiá | Acácia |
| pH | 6,24 b | 6,87 ab | 6,57 ab | 6,95 a | 6,81 ab | 6,76 ab | 6,87 ab | 6,85 ab | 6,35 ab | 6,41 ab | 6,77 ab | 6,57 ab |
| Ca (cmol _c .dm ⁻³) | 1,20 b | 1,40 b | 1,30 b | 1,20 b | 1,30 b | 1,00 b | 1,10 b | 1,10 b | 1,00 b | 1,20 b | 1,10 b | 2,35 a |
| Mg (cmol _c .dm ⁻³) | 2,70 a | 1,65 ab | 2,15 ab | 2,70 a | 1,10 ab | 1,40 ab | 0,85 b | 1,10 ab | 2,15 ab | 0,55 b | 1,65 ab | 1,10 ab |
| Na (cmol _c .dm ⁻³) | 0,25 a | 0,25 a | 0,20 a | 0,30 a | 0,35 a | 0,35 a | 0,40 a | 0,40 a | 0,30 a | 0,40 a | 0,35 a | 0,30 a |
| K (cmol _c .dm ⁻³) | 0,17 bcd | 0,06 e | 0,07 e | 0,07 e | 0,34 a | 0,11 de | 0,13 cde | 0,22 bc | 0,24 e | 0,09 de | 0,10 de | 0,08 e |
| Al ⁺³ (cmol _c .dm ⁻³) | 0,09 abc | 0,08 abc | 0,08 abc | 0,08 abc | 0,08 abc | 0,05 c | 0,06 bc | 0,07abc | 0,095 abc | 0,10 ab | 0,11 ab | 0,08 abc |
| H ⁺ + Al ⁺³ | 0,55 a | 0,46 ab | 0,38 ab | 0,40 ab | 0,46 ab | 0,45 ab | 0,35 b | 0,46 ab | 0,43 ab | 0,45 ab | 0,45 ab | 0,40 ab |
| P (mg. dm ⁻³) | 35,31 cd | 49,42 a | 31,5 cde | 37,7 bcd | 29,13 de | 36,14 bcd | 23,56 e | 31,40 de | 45,16 ab | 40,74 abc | 48,27 abc | 36,93 bcd |

TABELA 3. Teores de cátions trocáveis e pH em solo AREIA QUARTZOSA cultivado com leguminosas fertirrigadas com efluente doméstico

| | Rhizobium | | | | | Sem Rhizobium | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|----------|---------------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|
| | BR 3609 | BR 825 | BR 3407 | BR 3615 | Algaroba | Leucena | Sabiá | Acácia | Algaroba | Leucena | Sabiá | Acácia |
| | Algaroba | Leucena | Sabiá | Acácia | | | | | | | | |
| pH | 6,73 bc | 6,77 b | 6,84 ab | 7,21 a | 6,18 d | 6,43 bcd | 6,31 d | 6,32 cd | 6,18 d | 6,43 bcd | 6,31 d | 6,32 cd |
| Ca (cmol _c .dm ⁻³) | 1,90 ab | 2,00 ab | 2,30 a | 1,60 ab | 1,60 ab | 1,30 b | 1,90 ab | 1,40 b | 1,60 ab | 1,30 b | 1,90 ab | 1,40 b |
| Mg (cmol _c .dm ⁻³) | 0,30 b | 2,70 a | 1,40 ab | 0,85 ab | 1,10 ab | 2,95 a | 2,45 a | 1,65 ab | 1,10 ab | 2,95 a | 2,45 a | 1,65 ab |
| Na (cmol _c .dm ⁻³) | 0,38 a | 0,36 a | 0,36 a | 0,36 a | 0,35 a | 0,38 a | 0,36 a | 0,42 a | 0,35 a | 0,38 a | 0,36 a | 0,42 a |
| K (cmol _c .dm ⁻³) | 0,05 b | 0,08 ab | 0,06 ab | 0,08 ab | 0,07 ab | 0,06 ab | 0,10 a | 0,08 ab | 0,07 ab | 0,06 ab | 0,10 a | 0,08 ab |
| Al ⁺³ (cmol _c .dm ⁻³) | 0,08 a | 0,08 a | 0,08 a | 0,05 b | 0,10 a | 0,10 a | 0,08 a | 0,08 a | 0,10 a | 0,10 a | 0,08 a | 0,08 a |
| H ⁺ + Al ⁺³ | 0,49 | 0,49 | 0,43 | 0,43 | 0,48 a | 0,46 a | 0,46 a | 0,45 a | 0,48 a | 0,46 a | 0,46 a | 0,45 a |
| P (mg. dm ⁻³) | 4,67 cd | 9,21 ab | 6,99 bc | 11,21 a | 4,05 d | 5,85 cd | 6,44 cd | 4,47 cd | 4,05 d | 5,85 cd | 6,44 cd | 4,47 cd |

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5%

4. CONCLUSÕES

A partir da avaliação realizada é possível afirmar que a interação *Rhizobium* x efluente é positiva para o crescimento das plantas (altura) e disponibilização de nutrientes ao solo, sobretudo para o tratamento Algaroba x Estirpe BR 3609 x Fertilização.

5. CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, L. E. ; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 1-7.

EMBRAPA-CPATSA. A degradação ambiental no trópico semi-árido do nordeste brasileiro Disponível em: <<http://www.embrapa.br/cpatsa>>. Acesso em: 01 out 2003

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solos**. Rio de Janeiro: SNCLS, 1997. 212 p.

TEDESCO, M.J.; GIANELO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5).