



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**MÁRIO RÓGESON DE ABREU VASCONCELOS**

**CONDICIONADORES DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA COLONIZAÇÃO  
MICORRÍZICA ARBUSCULAR E NA FERTILIDADE DO SOLO EM  
REFLORESTAMENTO NO SEMIÁRIDO**

**FORTALEZA**

**2016**

MÁRIO RÓGESON DE ABREU VASCONCELOS

**CONDICIONADORES DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA COLONIZAÇÃO  
MICORRÍZICA ARBUSCULAR E NA FERTILIDADE DO SOLO EM  
REFLORESTAMENTO NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do  
Centro de Ciências Agrárias da Universidade  
Federal do Ceará como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Mirian Cristina Gomes Costa

**FORTALEZA**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

V451c Vasconcelos, Mário Rógeson de Abreu.  
Condicionadores do solo e sua influência na colonização micorrízica arbuscular e na fertilidade do solo em reflorestamento no semiárido / Mário Rógeson de Abreu Vasconcelos. - 2016.  
31 f. : il. color.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Graduação em Agronomia, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Profa. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa.

1. Solos - Degradação. 2. Fertilidade do solo. 3. Reflorestamento I. Título.

CDD631

---

MÁRIO RÓGESON DE ABREU VASCONCELOS

**CONDICIONADORES DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA COLONIZAÇÃO  
MICORRÍZICA ARBUSCULAR E NA FERTILIDADE DO SOLO EM  
REFLORESTAMENTO NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do  
Centro de Ciências Agrárias da Universidade  
Federal do Ceará como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Mirian Cristina Gomes Costa

Aprovada em: 04/02/2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Msc. Roberto Albuquerque Pontes Filho (Membro)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

A minha família e amigos.

Aos meus professores.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por colocar em meu caminho pessoas importantes que possibilitaram meu trajeto até aqui.

À minha mãe, Marília (Neny), que em todos os momentos esteve ao meu lado me norteando, dando todos os suportes e força para alcançar os objetivos de minha vida. A grande motivação de meus esforços.

Ao meu pai Braz, irmãos Marcelo e Marcos, sobrinhos e aos demais familiares que contribuíram de modo significativo nesse percurso.

Aos meus estimados amigos Raphaelly Amorim, Cleuda Costa, Lidiane Olímpio, Caio Saboia, Flaviene Brito, Pedro Sousa, Érica Calvet, Marcelo Clementino, Maíra Saldanha, Fátima Queiroz, Marina Monteiro, Aldênia Mendes, Caroline Rosa, Júnior Tupinambá, Dimitri Matos, César Augusto e todos os demais que estiveram junto a mim durante minha jornada dentro da universidade e que em muitos momentos me ajudaram a seguir no curso.

Aos professores que lecionaram durante toda minha vida. Dedico à vocês minha gratidão por terem tido força e continuado lutando pela educação, mesmo com todas as adversidades existentes.

Aos meus orientadores dentro da Universidade Federal do Ceará, professores do Departamento de Ciências do solo, Dra. Mirian Costa e Dr. Paulo Mendes, por seus ensinamentos e paciência.

A Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Ciências do Solo.

Ao projeto Bioma – Caatinga.

## RESUMO

Ações exploratórias têm causado injúria no bioma Caatinga, levando ao processo de degradação do ambiente. Práticas como o reflorestamento com plantas nativas e a utilização de condicionadores de solo tem sido difundidas como medidas de recuperação de áreas degradadas. Essa pesquisa foi desenvolvida para avaliar a colonização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nas raízes de plantas de tamboril [*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong] sob influência do uso hidrogel e da bagana de carnaúba como condicionadores do solo, e sua capacidade em auxiliar no processo de absorção de nutrientes do solo, com destaque para o fósforo (P). O experimento foi instalado em uma área degradada no município de Ibaré-CE, BR. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2 e cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Nos tratamentos avaliados foram utilizadas quatro diferentes doses de hidrogel (0, 4, 5 e 6 g L<sup>-1</sup>) e ausência e presença de bagana de carnaúba. Os condicionadores foram colocados no solo momento do plantio, sendo o hidrogel adicionado na cova e a bagana de carnaúba na superfície do solo. Foram feitas análises químicas de solo, tecido vegetal e análise microbiológica para avaliar a percentagem de colonização por FMA. A presença da bagana de carnaúba junto as doses crescentes de hidrogel influenciou de maneira positiva nos teores de cálcio, potássio e zinco do solo. No tecido vegetal os tratamentos que continham bagana de carnaúba apresentaram menores teores dos nutrientes cálcio e magnésio. Quanto os FMA, a ação simultânea e isolada de ambos os condicionadores influenciaram aumentando a percentagem de colonização das raízes de tamboril, sendo que a maior percentagem de colonização foi em resposta a presença de bagana de carnaúba e as doses crescentes de 5,0 e 6,0 g L<sup>-1</sup> de hidrogel. A presença de FMA não resultou em melhoria para a absorção de nutrientes presentes no solo pelas raízes de tamboril. Não houve resposta na absorção de P em função da colonização por FMA.

**Palavras-chave:** Retenção de água; Recuperação de degradação; Poliacrilato de potássio; Micro-organismo do solo; Cobertura do solo.

## ABSTRACT

Exploratory actions have caused injury in the Caatinga biome, leading to environmental degradation process. Practices such as reforestation with native plants and the use of soil conditioners have been widespread as recovery measures of degraded areas. This research was developed to evaluate the colonization of mycorrhizal fungi (AMF) on the roots of Tamboril plants [*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong] under the influence of hydrogel use and carnauba straw as soil conditioners, and its ability to improve the process of absorption of soil nutrients, especially phosphorus (P). The experiment was conducted in a degraded area in the county of Ibaretama-CE, BR. The experimental design was made in a randomized block with factorial 4x2 and five replications, totaling 40 experimental units. In the evaluated treatments it was repeated four different doses of hydrogel (0, 4, 5, and 6 g L<sup>-1</sup>) and the absence and presence of carnauba straw. The conditioners were placed in the soil when planting, the hydrogel was added into the dug hole and carnauba straw on the topsoil. Chemical analysis of soil were made, plant tissue and microbiological analysis to assess the percentage of colonization by AMF. The presence of carnauba straw along with increasing doses of hydrogel influenced positively in calcium, potassium and zinc dosage on soil. In plant tissue, treatments containing carnauba straw had lower levels of the nutrients calcium and magnesium dosage. Concerning AMF, both simultaneous and isolated action of this conditioner influenced by increasing the percentage of colonization on Tamboril roots, with the highest percentage of colonization in response to the presence of carnauba straw and increasing doses of hydrogel 5,0 and 6,0 g L<sup>-1</sup>. The presence of AMF did not improve absorption of nutrients present in the soil by the Tamboril roots. There was no response at P absorption due to the colonization by AMF.

**Keywords:** Water Retention; Degradation Recovery; Potassium Polyacrylate; Soil Microorganism; Ground Cover.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Degradação dos solos no semiárido</b>	<b>2</b>
2.1.1. <i>O semiárido brasileiro</i>	2
2.1.2. <i>Importância das áreas degradadas no semiárido</i>	4
<b>2.2. Reflorestamento em áreas degradadas no semiárido</b>	<b>5</b>
2.2.1. <i>Importância de reflorestar áreas degradadas</i>	5
2.2.2. <i>Déficit hídrico no processo de revegetação de uma área degradada</i>	6
2.2.3. <i>Deficiência nutricional de fósforo (P) no processo de revegetação de uma área degradada</i>	6
<b>2.3. Práticas que auxiliam no reflorestamento do semiárido</b>	<b>7</b>
2.3.1. <i>O uso do hidrogel</i>	7
2.3.2. <i>O uso da bagana de carnaúba</i>	8
2.3.2.1. <i>Bagana de carnaúba, seu potencial em formar matéria orgânica e sua relação com a disponibilidade de nutrientes no solo</i>	9
2.3.3. <i>Associação micorrízica na espécie tamboril [Enterolobium contortisilliquum (Vell.) Morong] e o potencial em favorecer a absorção de fósforo (P)</i>	9
2.3.4. <i>Relação entre a MOS e a colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA)</i>	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Caracterização da área experimental</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Caracterização dos condicionadores de solo utilizados</b>	<b>12</b>
<b>3.3. Delineamento experimental</b>	<b>13</b>
<b>3.4. Coleta de material para as avaliações</b>	<b>14</b>
<b>3.5. Avaliações</b>	<b>15</b>
3.5.1. <i>Procedimento para avaliar a colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA)</i>	15
3.5.2. <i>Procedimento para avaliar os teores de nutrientes no solo</i>	16
3.5.2.1. <i>Avaliação dos teores de fósforo (P) disponível no solo</i>	16

3.5.2.2. Avaliação dos teores de potássio (K) e sódio (Na) trocáveis no solo .....	17
3.5.2.3. Avaliação dos teores de micronutrientes (Cobre, ferro, manganês e zinco) no solo .....	17
3.5.2.4. Avaliação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo.....	17
<b>3.5.3. Procedimento para avaliar os teores de nutrientes no tecido vegetal .....</b>	<b>17</b>
3.5.3.1. Determinação dos teores de fósforo (P) .....	18
3.5.3.2. Determinação dos teores de sódio (Na) e potássio (K) .....	18
3.5.3.3. Determinação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Ca) .....	18
3.5.3.4. Determinação dos teores de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn)....	19
3.5.3.5. Determinação de nitrogênio (N) por titulação (Kjeldahl).....	19
<b>3.5.4. Análises estatísticas .....</b>	<b>19</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As práticas exploratórias desordenadas têm comprometido a resiliência no bioma Caatinga. As ações antrópicas realizadas na região semiárida são de ordem extrativista e, buscando fonte de renda para sua sobrevivência, o sertanejo degrada a Caatinga por meio da agropecuária sem a adoção de práticas conservacionistas. Para realizar a agricultura, muitas vezes, a vegetação é removida e os agricultores usam o fogo para “limpeza” da área. Além disso, é comum que, após a colheita, os produtores usem as mesmas áreas para lotação com animais e, na maioria dos casos, isso é realizado de maneira inadequada, promovendo o superpastejo da vegetação.

Com o passar dos anos, o solo descoberto fica vulnerável à erosão e sua fertilidade vai se exaurindo, levando à queda na produtividade de tal forma que os agricultores abandonam a área. Essas áreas, ao serem abandonadas com solos desprotegidos, ficam ainda mais sujeitas aos agentes erosivos, tanto hídrico quanto eólico. Essas situações dão suporte ao processo de degradação e, em alguns locais específicos, à situação extrema de desertificação.

Diversas práticas baseadas nos p

rincípios conservacionistas são adotadas para a recuperação de áreas degradadas. O reflorestamento é uma dessas práticas, mas as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro trazem limitações à revegetação de uma área em estado de degradação. Os principais fatores limitantes são a baixa disponibilidade de água no solo e a baixa disponibilidade de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Assim, na escolha das espécies a serem utilizadas no repovoamento deve-se priorizar as nativas que sejam mais tolerantes à seca e aquelas que apresentarem características vantajosas como a capacidade de se associar à micro-organismos benéficos do solo. As espécies leguminosas apresentam características vantajosas, pois têm a habilidade de associar-se simultaneamente com as bactérias fixadoras de nitrogênio ( $N_2$ ) e com os fungos micorrízicos arbusculares, garantindo sua manutenção no ambiente. O *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, conhecido popularmente por tamboril, é uma espécie que possui tais características.

Mesmo utilizando espécies vegetais nativas, resistentes a seca, há tecnologias que funcionam como auxílio na adaptação das mudas recém implantadas em um sistema de revegetação. Para proporcionar a disponibilidade de água para as plantas em reflorestamentos, há tecnologias que têm sido usadas visando manter a umidade do solo. Produtos como os hidrogéis a base de poliácridamida, poliácridato de potássio ou sódio funcionam retendo água

no solo e disponibilizando-a por maior tempo para as plantas. Outra saída é o uso de práticas conservacionistas como a cobertura morta do solo, essa prática evita a incidência direta dos raios solares sobre o solo úmido, reduzindo a evaporação da água contida no solo. A manutenção da umidade proporcionada pela cobertura morta torna as condições favoráveis para o desenvolvimento da microbiota benéfica. Outro fator importante é o acréscimo de matéria orgânica e nutrientes ao solo, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do sistema.

Quanto aos nutrientes, nos solos do semiárido o mais limitante é o fósforo (P). A associação mutualista das plantas com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) tem papel importante na absorção de P pelas plantas. A presença do FMA no solo em que será feito o plantio pode ser benéfica para as plantas, pois auxilia no processo de introdução das mudas em áreas degradadas. A interação mutualista entre a planta e FMA aumenta a capacidade da planta em explorar, por meio dos micélios fúngicos, nichos de solo que são inalcançáveis somente pelas raízes. Ao aumentar a capacidade exploratória do solo, a planta absorve mais água e nutrientes pouco móveis, dentre eles o P.

Com base no exposto, as hipóteses a serem avaliadas nesse trabalho são: 1. A associação micorrízica arbuscular na espécie tamboril é favorecida pela presença do hidrogel e da bagana de carnaúba; 2. O favorecimento da associação micorrízica arbuscular aumenta o teor de fósforo nas plantas. O objetivo neste estudo é inferir a respeito da contribuição da bagana de carnaúba como cobertura morta e do hidrogel como condicionador de solo na interação entre os fungos micorrízicos do solo e o tamboril, dando suporte ao desenvolvimento da espécie vegetal em solo degradado do semiárido.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Degradação dos solos no semiárido**

#### **2.1.1. O semiárido brasileiro**

No globo terrestre as regiões semiáridas são tipicamente caracterizadas pelo resultado negativo do balanço hídrico e por um saldo positivo de energia solar elevado. Agindo em conjunto, esses fatores contribuem para altas taxas de evaporação dos corpos hídricos e de superfícies úmidas (ANDRADE *et al.*, 2010).

Segundo o Ministério da Integração Social e Meio Ambiente, o semiárido brasileiro tem sua dimensão territorial de 969.589,4 km<sup>2</sup>, ocupando 11,5% do território nacional e mais da metade do Nordeste. É composto por nove estados (Ceará, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Piauí, Rio Grande do Norte, Bahia e norte de Minas Gerais), atingindo 1.133 municípios (BRASIL, 2005).

De acordo com Brasil (2005), a delimitação da área geográfica atual do semiárido brasileiro foi fundamentada nos seguintes critérios técnicos: 1) Precipitação pluvial com média anual abaixo de 800 milímetros; 2) Índice de aridez inferior a 0,5, estabelecido pelo balanço hídrico (relação entre as precipitações e evapotranspiração potencial) da região no período que corresponde entre os anos de 1961 até 1990; 3) Probabilidade de seca maior que 60%, baseando-se no histórico entre os anos de 1970 a 1990.

Araújo Filho (2013) classifica o clima do semiárido brasileiro com temperaturas médias anuais que variam entre 25°C a 31°C, evapotranspiração potencial anual de 2.700 milímetros, com precipitação anual entre 300 a 800 milímetros e umidade relativa do ar variando entre 40 a 50% nos meses secos e 80 a 90% nos meses em que ocorrem os maiores eventos de precipitações.

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região semiárida nordestina tem predomínio de clima do tipo BSw'h, ou seja, clima semiárido com chuvas de verão-outono e temperatura média anual do ar maior que 18°C. O período chuvoso da região se concentra entre três a cinco meses do ano (ANDRADE *et al.*, 2010 *apud* RODRIGUES, 1988).

Para Andrade *et al.* (2010), o clima influencia os tipos de solos de modo que os solos que predominam no semiárido brasileiro são sedimentares arenosos ou de origem arqueana. Segundo Araújo Filho (2013), os principais tipos de solos presentes no semiárido são classificados em Latossolos, Neossolos, Argissolos, Luvisolos e Planossolos. Em geral, no aspecto químico, os solos encontrados na região semiárida apresentam boas características, entretanto sofrem limitações relacionadas às condições físicas, seja pela presença de pedregosidade, topografia irregular, pouca profundidade e má drenagem (ARAÚJO FILHO, 2013).

Duque (2004a) descreve que os solos do semiárido apresentam, em geral, pouca permeabilidade, alcalinidade ou salinidade, baixa quantidade de matéria orgânica (< 1%), pouca profundidade e argilas sódicas. Devido ao regime pluviométrico as argilas podem, em determinadas épocas do ano, estarem submersas ou receberem grandes quantidades de

radiação e energia solar, o que auxilia no processo de degradação dos resíduos orgânicos e remoção das partículas pelo vento.

Segundo dados do IBGE (2007), o bioma que predomina no semiárido brasileiro é a Caatinga. Esse cobre cerca de 55% do território nordestino, incluindo os estados do Ceará, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, partes do Piauí, Bahia e Minas Gerais. Para Duque (2004b) a Caatinga pode ser dividida, de acordo com as formações da vegetação, em carrasco, cariri, agreste, sertão e seridó. Segundo Araújo Filho (2013) a Caatinga abrange aproximadamente 80% do espaço geográfico referente à região semiárida e é instituída de espécies arbóreas de porte pequeno, arbustivas e herbáceas, havendo predomínio de espécies espinhosas e caducifólias.

### **2.1.2. Importância das áreas degradadas no semiárido**

As condições edafoclimáticas, aliadas à ação antrópica, têm resultado em impacto negativo sobre o patrimônio biológico do semiárido brasileiro. De modo geral, esses dois aspectos explicam o processo de degradação. Os solos da Caatinga apresentam pouca profundidade, limitações físicas, baixo teor de matéria orgânica, teores de bases trocáveis relativamente bons, alta incidência de luminosidade e calor. As práticas de utilização do solo da Caatinga deveriam seguir medidas conservacionistas como o enriquecimento do solo com matéria orgânica, adubação verde, inclusão de espécies vegetais que contribuíssem com a colonização de micro-organismos do solo responsáveis pela fixação de nitrogênio, manutenção de uma cobertura morta de modo que culminasse em uma proteção ao solo (DUQUE, 1980).

Ao invés disso, Andrade *et al.* (2010) relatam que se adotou um método extrativista e predatório, no qual a Caatinga foi desmatada, queimada e substituída por lavouras que, com o passar dos anos, deixaram o solo desprotegido e susceptível aos processos erosivos, desencadeando a formação de áreas degradadas no semiárido nordestino brasileiro.

Sendo uma das regiões semiáridas que apresenta maior densidade demográfica do globo terrestre, o semiárido brasileiro tem sofrido com a ação predatória humana. A atividade pecuária, que deu início à expansão econômica, acompanhada pela extração de madeira em áreas suscetíveis à erosão, tem contribuindo de maneira significativa para a exposição do solo, que, aliada ao clima, está relacionada diretamente ao processo de degradação da região (MALDONADO, 1999).

Para se sustentar, a economia agrícola da região semiárida do Brasil, situada no nordeste, utiliza os recursos naturais, principalmente no que diz respeito ao superpastejo, extrativismo da cobertura vegetal, preparo e utilização de áreas para a agricultura sem levar em consideração medidas conservacionistas. Desta forma, a medida que se avança na utilização inadequada dos recursos naturais, a região se torna altamente vulnerável ao processo de degradação, podendo levar ao estado de desertificação, causando prejuízos ambientais e socioeconômicos (ANDRADE; OLIVEIRA, 2004).

Os núcleos de desertificação são áreas do nordeste brasileiro que apresentam sinais elevados de degradação. O Ministério do Meio Ambiente lista quatro principais núcleos de desertificação: Irauçuba no Ceará, Cabrobó em Pernambuco, Gilbués no Piauí e Seridó, situada na fronteira entre Rio Grande do Norte e Paraíba. Em Brasil (2002) há relato de que o território afetado pelo processo de desertificação seja de 181.000 km<sup>2</sup>. Perez-Marin *et al.* (2012) informam que no Brasil há um território 1.340.863 km<sup>2</sup> propenso à desertificação.

## **2.2. Reflorestamento em áreas degradadas no semiárido**

### **2.2.1. Importância de reflorestar áreas degradadas**

Lima (2004) relata que a regeneração natural da vegetação ainda existente é uma das formas de iniciar o procedimento para recuperar uma área degradada. A velocidade do processo de regeneração é dependente das condições edafoclimáticas e do banco de sementes existente no solo. Em muitos casos esse processo é demorado e há a possibilidade de se desenvolverem espécies invasoras agressivas que proporcionam desequilíbrio (RODRIGUES; LEITÃO FILHO, 2001).

A fim de minimizar as etapas iniciais em uma sucessão natural de um processo de restabelecimento vegetal, Pereira (2012) sugere a inserção de espécies arbóreas simultâneas a herbáceas e gramíneas. Essas têm o papel de condicionar o solo, melhorando atributos físicos, químicos e biológicos a partir dos sistemas radiculares e da deposição de resíduos orgânicos, além de conferir uma proteção ao solo contra o processo de erosão.

Perez-Marin *et al.* (2012) sugerem que com a recomposição da cobertura vegetal a quantidade de matéria orgânica incorporada no solo tende a aumentar com o passar do tempo. Em consequência disso haveria uma melhora significativa na ciclagem dos nutrientes, possibilitando que a biomassa retornasse ao seu processo normal.

Segundo Pereira (2012) as leguminosas apresentam grande potencial para revegetação, em função da sua vasta diversidade de plantas e por seu papel na dinâmica do

ecossistema devido a sua capacidade de associação aos micro-organismos benéficos do solo. Carpanezzi *et al.* (1990) demonstram que se deve escolher espécies nativas da área a ser recuperada para buscar a restauração do ecossistema local.

### **2.2.2. Déficit hídrico no processo de revegetação de uma área degradada**

Constituindo aproximadamente 50% do total da massa fresca de plantas lenhosas e entre 80 a 95% em plantas herbáceas, a água é o constituinte fundamental à manutenção dos tecidos vegetais. Ela está relacionada com funções primárias ao metabolismo vegetal, turgescência celular, transporte de solutos e no fechamento e abertura de estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2009). Segundo Larcher (2004) a água é essencial para que haja crescimento e desenvolvimento pleno da biomassa vegetal. Cordeiro (2012) propõe que a água é, entre todos os recursos, o que exige maior demanda para o crescimento e desenvolvimento das plantas e que, frequentemente, é o mais limitante.

Para Cordeiro (2012) períodos prolongados com escassez hídrica são limitantes à produtividade dos vegetais sempre que o déficit é o bastante para afetar o processo de assimilação de carbono e produção dos compostos fotoassimilados. Reis *et al.* (1998) mostram que, em função do déficit hídrico, os tecidos vegetais reduzem sua turgidez afetando processos importantes como o alongamento de raízes e expansão foliar. Essa interferência causa danos sérios às plantas, impedindo seu desenvolvimento.

Desta forma, um dos principais entraves ao reflorestamento de áreas degradadas no semiárido brasileiro está relacionado ao déficit hídrico. O regime pluviométrico, abaixo de 800 milímetros por ano, se concentra entre três a cinco meses do ano. Com a distribuição irregular das chuvas é recomendado que a prática de reflorestamento seja desenvolvida no período chuvoso, garantindo às mudas recém introduzidas fonte hídrica, evitando a desidratação e morte destas (LIMA, 2004).

### **2.2.3. Deficiência nutricional de fósforo (P) no processo de revegetação de uma área degradada**

No processo de revegetação de uma área degradada um dos principais pontos a serem considerados é a presença e disponibilidade de nutrientes no solo. Os macronutrientes e micronutrientes desempenham funções fundamentais no metabolismo das plantas e sua deficiência gera distúrbios no metabolismo vegetal, causando diversos sintomas, de modo que o principal é o subdesenvolvimento (BARBOSA, 2006).

Para Barbosa (2006) quanto maior a interferência antrópica sem adoção do manejo correto do solo, maior será o dano causado à ciclagem dos nutrientes, podendo modificá-la ou extingui-la, conferindo prejuízos ao desenvolvimento das plantas. Seguindo essa lógica, para que seja possível recuperar uma área degradada, utilizando práticas de reposição da vegetação, é importante aplicar medidas que condicionem o solo, restabelecendo a fertilidade, propiciando a ciclagem dos nutrientes.

O P é classificado como um macronutriente essencial para todos os seres vivos. Está ligado intimamente aos processos energéticos compondo as moléculas de NADPH e ATP, além de constituir a estrutura do RNA e DNA. Nos vegetais, o P é essencial nos processos fotossintéticos, reprodução, transferência de genes, respiração e função celular. Desta forma, é possível concluir que o P está criticamente ligado à manutenção da vida (YAMADA; ABDALLA, 2004).

Araújo Filho (2012) relata que nos solos da Caatinga o fósforo é o nutriente de maior deficiência. Para Santos *et al.* (2008) as zonas degradadas, em geral, possuem solos com baixos teores de fósforo. Segundo Barbosa (2006) os solos, geralmente, têm baixas quantidades de P disponível para as plantas. Em muitos casos tal deficiência é justificada pela presença de grandes quantidades de óxidos de ferro e alumínio na constituição dos solos. Os óxidos se ligam fortemente ao P do solo, formando compostos que apresentam baixa solubilidade. Essa ligação forte com os óxidos reduz a mobilidade do P, caracterizando-o como um nutriente imóvel no solo.

### **2.3. Práticas que auxiliam no reflorestamento do semiárido**

#### **2.3.1. O uso do hidrogel**

No processo de revegetação de uma área degradada do semiárido brasileiro, um dos fatores limitantes é a disponibilidade hídrica, dado que a estação chuvosa se restringe a um curto período de tempo no ano. Azevedo *et al.* (2002) sugerem a utilização de hidrogeis, a fim de condicionar o solo na manutenção de água para as plantas nos meses de estiagem. Esses mesmos autores afirmam que os hidrogeis a base de poliacrilamida surgiram na década de 50. De acordo como Gervásioe Frizzone (2004) o hidorgel passou a ser utilizado na agricultura em meados da década de 60 e foi aperfeiçoado a partir dos anos 80.

Segundo Bernardi *et al.* (2012) o hidrogel utilizado na agricultura é um artigo sintético, derivado do petróleo, podendo ser constituído por polímeros a base de poliacrilato de potássio ou sódio, que possuem a capacidade de retenção de água e disponibilização desta

para as mudas das espécies vegetais. Nimah *et al.* (1983), em estudo com a aplicação de hidrogel em diferentes tipos de solos, verificaram que esse polímero é capaz de armazenar até 125% a mais de água em solos arenosos e até 30% em solos argilosos.

De acordo Marques e Pinto (2013) a retenção e aproveitamento da água retida ocorrem em função da tensão dos polímeros ser superior à tensão das partículas naturais do solo e inferior à tensão de sucção das raízes das plantas. Para Azevedo (2000) esses compostos funcionam conferindo melhor aeração e drenagem ao solo no momento em que se contraem e dilatam. Com a adição do hidrogel ao solo, devido sua capacidade de troca catiônica (CTC) ser elevada, a perda de nutrientes por lixiviação é reduzida (BERNARDI *et al.* 2012).

Para Balena (1998), ao ser adicionado no solo, o hidrogel aumenta a umidade gradativamente, podendo até dobrar o potencial do solo em reter água, se tornando importante em momentos críticos de elevada evaporação. Ao serem utilizados para condicionar o solo de áreas desérticas, os hidrogéis contribuem melhorando as condições de transplante das mudas, por meio do aumento significativo na capacidade de armazenamento de água, atingindo aproximadamente 30%.

Segundo Mendonça *et al.* (2013) em razão dos hidrogéis serem compostos a partir de materiais sintéticos, geram resíduos no solo por não terem a capacidade de serem degradados biologicamente. Tais resíduos podem provocar problemas relacionados a salinização do solo.

### **2.3.2. O uso da bagana de carnaúba**

A utilização da cobertura morta como melhorador do meio para o reflorestamento de solos degradados traz benefícios relacionados com o incremento de água e aumento no teor de matéria orgânica no solo à medida em que ocorre a decomposição do material utilizado (MARQUES; PINTO, 2013).

A carnaubeira [*Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Moore] é uma palmeira nativa da região nordeste do Brasil. No processo evolutivo essa planta desenvolveu mecanismos de defesa devido às condições ambientais do local. Um desses mecanismos é uma camada serosa que cresce sob as folhas. Sendo assim, a carnaúba é a matéria-prima para a produção de cera, sendo essa sua principal utilização econômica. A partir da extração da cera de carnaúba são gerados subprodutos, dentre eles está a bagana da carnaúba (CARVALHO; GOMES, 2008).

A bagana de carnaúba é comumente utilizada em cultivos agrícolas, seja como cobertura morta ou como componente de substratos para mudas. Aliada aos resíduos da pecuária, a bagana pode aumentar significativamente a produção de culturas de importância econômica, tal como o milho, em regiões com baixos índices pluviométricos devido a sua ação protetora, evitando a evaporação e mantendo a umidade do solo (ZIEGLER *et al.*, 2011). Para Souza (2000) a bagana tem densidade baixa e parece possuir uma capacidade de reter a umidade no solo. Tal característica se torna interessante quando se entra no contexto de utilizar tal material como cobertura morta em áreas degradadas que devem ser revegetadas.

#### **2.3.2.1. Bagana de carnaúba, seu potencial em formar matéria orgânica e sua relação com a disponibilidade de nutrientes para o solo**

De acordo com Souza (2000) no resíduo provindo da decomposição da bagana de carnaúba há fósforo, cálcio, nitrogênio, potássio, magnésio e compostos orgânicos que são importantes para favorecer o desenvolvimento e garantir melhor vigor às mudas recém-plantadas.

Trabalhando com substrato a base de bagana para a produção de *Sesbania virgata*, Sousa *et al.* (2010) verificaram que as mudas cresceram mais na medida em que se aumentava a quantidade de bagana no substrato. Os autores justificam tal resultado pela boa fertilidade do material utilizado, sendo que a bagana é rica em matéria orgânica, disponibilizando uma quantidade maior de nutrientes para as mudas a partir da decomposição de suas partículas.

Amaral *et al.* (2010) verificaram que houve aumento nos teores de matéria orgânica do solo (MOS) a partir da manutenção da bagana como cobertura morta e dos restos culturais na superfície do solo.

#### **2.3.3. Associação micorrízica na espécie tamboril [*Enterolobium contortisilliquum* (Vell.) Morong] e o potencial em favorecer a absorção de fósforo (P)**

A espécie *Enterolobium contortisilliquum* (Vell.) Morong, vulgarmente conhecida por tamboril, orelha-de-macaco, ximbuva, timbó, entre outros, é uma planta arbórea leguminosa, pertencente à família Mimosoidae. O tamboril é uma espécie heliófila, caducifólia, de desenvolvimento rápido e que não é muito exigente quanto à qualidade do solo. Por ser dotada de tais características, o tamboril tem sido amplamente utilizado para revegetação de áreas degradadas (COFFLER, 2007).

Outro motivo para a utilização de tamboril no reflorestamento de áreas degradadas é a capacidade de associação da espécie com micro-organismos benéficos do solo. Segundo Vasconcelos *et al.* (1984), nas áreas degradadas as espécies leguminosas como o tamboril são capazes de se associar aos fungos micorrízicos arbusculares e às bactérias que fixam nitrogênio atmosférico, garantindo um alto índice de sobrevivência.

Os principais fatores que determinam os benefícios gerados pela associação micorrízica estão relacionados com as condições que predominam no ambiente em que a planta se desenvolve. Situações que ocorrem em ambientes degradados influenciam positivamente no processo de colonização micorrízica e reconstituição vegetal destas áreas. Tais benefícios podem ser observados em três principais situações: 1) Solos com baixa disponibilidade hídrica e nutricional inter-relacionado com a demanda da planta por água e nutrientes externos; 2) Estresse causado por condições ambientais que desfavorecem o desenvolvimento vegetal, aliado à presença de agentes tóxicos. Nesse caso, a associação auxilia na atenuação do estresse causado por fatores abióticos; 3) Presença de antagonistas, patógenos e sinergistas, sendo que a micorrização contribui na redução dos danos causados por parasitas e patógenos (SIQUEIRA *et al.*, 2007).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) colonizam as raízes dos vegetais superiores (angiosperma e gimnosperma) em uma relação de simbiose, possibilitando aumento da zona de exploração pelas raízes (rizosfera). Com o aumento da rizosfera, há um favorecimento à planta em absorver maior quantidade de água e nutrientes, sendo o P o principal nutriente absorvido. Dessa forma, essa associação confere à planta maior capacidade de tolerar o estresse causado pelo meio em que se desenvolve (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

De acordo Feiden (2001) os FMA são de grande importância para a absorção de fósforo pelas plantas, superando a absorção nas condições normais. A simbiose entre os vegetais superiores e os FMA é de extrema valia em condições em que o solo apresenta uma fertilidade baixa ou esteja em processo de degradação, de modo que os FMA maximizam a absorção, além do fósforo, dos nutrientes zinco e cobre, promovendo maior sustentabilidade do meio (JOHNSON; PFLEGER, 1992).

Para Barberi *et al.* (1998) a associação das leguminosas com os FMA é importante não somente em âmbito ecológico, mas também no econômico, uma vez que quando essa associação existe, há redução no uso de fertilizantes. Soares (2007) ressalta que tal interação

dá suporte à revegetação, já que há melhoria na absorção dos nutrientes do solo e acréscimo na produção de biomassa vegetal.

#### **2.3.4. Relação entre a matéria orgânica do solo (MOS) e a colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA)**

Pereira e Maia (2009), em estudo sobre a atividade micorrízica em solos degradados, concluíram que a Caatinga preservada fornece condições melhores de vegetação, que contribuem para um maior aporte de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, uma maior retenção de umidade. Tais fatores favorecem a maior produção de proteínas do solo relacionadas a glomalina (PSRG) e a desidrogenase, de forma que a MOS favorece a microbiota local. Já a presença das PSRG, produzida pelos FMA, é importante no processo de reestruturação de solo degradado, contribuindo na agregação de partículas de solo, dando um melhor suporte ao desenvolvimento das plantas (WU *et al.*, 2008).

Para seu pleno desenvolvimento e gerar benefícios, a micorríza precisa de condições do solo que favoreçam a simbiose. O uso de adubos orgânicos pode colaborar para a simbiose das plantas com FMA, entretanto devem ser empregados de maneira adequada, fornecendo os nutrientes balanceados, de modo que não interfira na relação fungo-hospedeiro (SILVA *et al.*, 2008; SÁINZ *et al.*, 1998).

Para Caravaca *et al.* (2002) os resíduos compostados, provindos de material vegetal, quando incorporados aos substratos de mudas, aumentam os teores de fósforo, nitrogênio e potássio, além de favorecerem a microbiota e atividade enzimática do solo. A presença de MOS pode, não somente, estimular o crescimento da biomassa de fungos micorrízicos arbusculares, mas também proporcionar acréscimo na diversidade de espécies desses micro-organismos do solo. Além disso, a presença da MOS melhora as condições do solo no quesito água, auxiliando na infiltração e retenção desta (VAIDYA *et al.* 2008; FRANÇA *et al.* 2007). Em contrapartida, a presença de MOS abundante pode ser prejudicial devido o aumento do P no solo. Desta forma, há um comprometimento da simbiose dos FMA, reduzindo a taxa de colonização (BRECHELT, 1989; GRYNDLER *et al.* 2008; CARRENHO *et al.* 2007).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área experimental**

O trabalho foi desenvolvido a partir de um experimento que foi instalado em 04/2014, em condições de campo na fazenda Triunfo localizada no município de Ibaretama – CE (Figura 1). A fazenda Triunfo se localiza nas coordenadas UTM 527200E, 9476000S. Na área em que o experimento foi instalado há a predominância de Planossolos. O clima da região é característico da região semiárida brasileira, definido como As pela classificação de Köppen, sendo assim caracterizado como tropical quente semiárido, com média anual de 838 mm para eventos pluviométricos situados entre os meses de fevereiro a maio e com temperatura média de 27° C (PONTES FILHO, 2014).

Figura 1. Localização da área experimental, Fazenda Triunfo, Ibaretama, CE.



Fonte: Pontes Filho (2014).

### 3.2. Caracterização dos condicionadores de solo utilizados

Foram utilizados como condicionadores o hidrogel da marca Forth Gel (Gel para plantio) a base de poliacrilato de potássio, e a bagana de carnaúba. A composição química da bagana de carnaúba está nas tabelas 1 e 2. A relação carbono:nitrogênio (C:N) da bagana foi de 22,02.

Tabela 1. Macronutrientes, sódio e carbono na composição da bagana de carnaúba.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	Na	C
Teores (g kg <sup>-1</sup> )	17,92	3,94	9,38	2,91	2,37	0,47	394,59

Fonte: Pontes Filho.

Tabela 2. Micronutrientes na composição química da bagana de carnaúba.

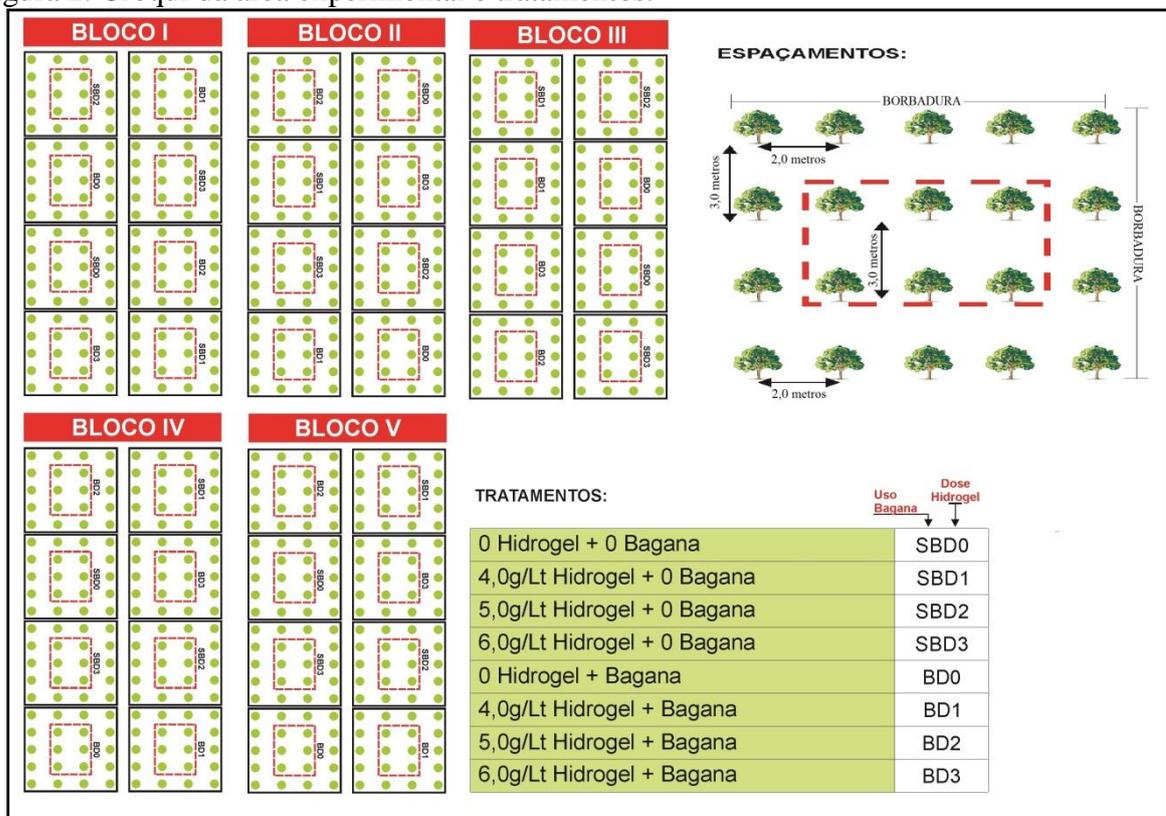
Nutrientes	Fe	Zn	Cu	Mn
Teores (mg kg <sup>-1</sup> )	63,95	13,35	1,04	67,41

Fonte: Pontes Filho.

### 3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2 e cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. O primeiro fator de estudo foi caracterizado por quatro níveis de hidrogel nas doses 0, 4, 5, e 6 g L<sup>-1</sup>, enquanto que o segundo fator de estudo foi caracterizado pela adição de bagana de carnaúba (sem bagana e com bagana). Cada uma das parcelas foi constituída por quatro linhas de plantio de tamboril, com espaçamento de 2 x 3 m. No momento da coleta as plantas tinham 18 meses de idade após o plantio, sendo que as seis plantas de tamboril que constituíram as duas linhas no centro de cada parcela foram consideradas plantas úteis para coleta das amostras (Figura 2).

Figura 2. Croqui da área experimental e tratamentos.



FONTE: Adaptado de Pontes Filho (2014).

Para a hidratação dos grânulos de hidrogel foi utilizada água livre de contaminação e salinidade. Para cada dose de hidrogel em grânulos secos foi adicionado um litro de água. O material hidratado foi aplicado nas covas antes do plantio das mudas. Nos tratamentos sem hidrogel as covas receberam um litro de água, mesma quantidade que foi utilizada para a hidratação do hidrogel.

Em sequencia à aplicação do hidrogel, cada cova foi preenchida com o solo removido no momento da abertura dessas, misturando-o com hidrogel hidratado. A cobertura morta com bagana de carnaúba foi adicionada logo em seguida na superfície do solo, nas parcelas do experimento que receberam esse tratamento.

### **3.4. Coleta de material para as avaliações**

As coletas para a realização deste estudo foram realizadas em 29/09/2015. Inicialmente foram coletadas amostras deformadas de solo para a análise microbiológica e de disponibilidade de nutrientes na profundidade de 0-20 cm. A coleta foi feita por meio de mini trincheiras abertas ao lado de três plantas de cada tratamento. O solo foi coletado com o auxílio de uma pá de jardinagem, colocado em um balde e homogeneizado para compor uma amostra representativa de cada parcela. Para a determinação dos teores de nutrientes no material vegetal foram coletadas folhas totalmente expandidas, não senescentes e sem os pecíolos nas três plantas que foram abertas as trincheiras ao lado para a coleta do solo. Essas folhas foram retiradas nos quatro quadrantes das plantas e misturadas para compor a amostra de cada parcela. As amostras foram colocadas em sacos de papel contendo a identificação de cada parcela e secas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 60° C. Após a secagem o material foi macerado em almofariz e levado para a determinação dos teores de nutrientes.

Para analisar a colonização das raízes de tamboril por FMA foi coletado solo das mini trincheiras abertas tomando cuidado de se retirar solo contendo fragmentos de raízes das plantas avaliadas. Totalizando 8 amostras por bloco e 40 amostras ao todo.

As amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos identificados de acordo com o bloco e tratamento. As amostras de solo foram armazenas sob refrigeração para evitar a desidratação dos fragmentos de raízes e redução na qualidade do material. Após a remoção dos fragmentos de raízes para a análise de colonização por FMA o solo foi utilizado para as análises químicas no laboratório de manejo do solo da Universidade Federal do Ceará.

### 3.5. Avaliações

#### 3.5.1. Procedimento para avaliar a colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Para avaliar a colonização foi feita uma seleção dos fragmentos de raízes mais finas e aplicada a metodologia de coloração de raízes proposta por Koske e Gemma (1989). Nesse método é sugerido que as raízes selecionadas tenham uma espessura fina que facilite a coloração e visualização das estruturas dos FMA no microscópio óptico. Adicionalmente, o método preconiza que as raízes sejam bem lavadas, a fim de remover as partículas de material orgânico ou de solo que possam dificultar a descoloração. O material foi lavado, colocado em béqueres identificados de acordo como tratamento e bloco ao qual pertence.

Inicialmente foi realizada a descoloração das raízes por meio da imersão dessas em uma solução de hidróxido de potássio (KOH 10%), colocando-as em banho-maria por 60 minutos a uma temperatura de 50°C. Tomou-se o cuidado de garantir que nenhuma parte das raízes ficasse descoberta. Por meio deste processo foi removido o conteúdo citoplasmático das células corticais das raízes, sendo que, ao fim desta etapa foi obtida uma solução de coloração marrom. O KOH foi descartado e as raízes lavadas em água corrente, de duas a três vezes, com a finalidade de remover o excesso de KOH.

Para proceder a coloração as raízes já clareadas foram imersas em solução de ácido clorídrico (HCl 1%), durante 5 a 10 minutos, em temperatura ambiente. Este processo foi necessário para acidificar as raízes para obtenção de coloração apropriada, uma vez que os corantes utilizados apresentaram caráter básico. Após o tempo determinado, a solução de HCl 1% foi descartada e as raízes não foram lavadas. Essas foram imersas em uma solução de glicerol acidificada (500 mL de glicerina, 450 mL de água e 50 mL de HCl 1%), contendo 0,05% de azul de trípano (0,5g em 1,0 L de solução). Novamente, as raízes foram colocadas em banho-maria a uma temperatura de 50°C durante 50 a 60 minutos. Em seguida, a solução foi descartada e as raízes lavadas em água corrente para remoção do excesso do corante. As raízes foram armazenadas durante sete dias em ambiente refrigerado, imersas em água destilada, para obtenção do melhor contraste das estruturas fúngicas, visto que há uma remoção do excesso do corante.

Para verificar as estruturas fúngicas, as raízes foram dispostas sobre lâminas, em número médio de 10 fragmentos por lâmina, e levadas ao microscópio óptico para observação de hifas, esporos e possíveis arbúsculos.

A percentagem de colonização das raízes pelos fungos micorrízicos arbusculares foi avaliada pelo método descrito por McGonigle *et al.* (1990), observando-se em microscópio óptico com aumento de 40x cada um dos 10 fragmentos por lâmina e atribuindo-o uma porcentagem de colonização.

### **3.5.2. Procedimento para avaliar os teores de nutrientes no solo**

As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em malha com abertura de 2,00 mm, resultando na terra fina seca ao ar (TFSA).

Para extrair os elementos P, K, Na e os micronutrientes disponíveis foi utilizado a solução Mehlich 1, conforme métodos descritos em EMBRAPA (2009).

A mistura de duplo-ácido  $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  constitui a solução extratora de Mehlich 1. A extração com essa solução se baseia na solubilização dos nutrientes pelo efeito de pH (entre 2 e 3), em que o cloro ( $\text{Cl}^-$ ) tem a função de restringir o processo de reabsorção dos fosfatos recém-extraídos (SILVA, 1991).

A extração foi feita colocando 10  $\text{cm}^3$  de TFSA em um erlenmeyer de 125 mL e adicionando 100 mL da solução extratora duplo-ácido ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ). Os erlenmeyers destampados foram levados até um agitador horizontal circular, onde permaneceram durante cinco minutos. O material foi deixado para decantação até desfazer os montículos que se formaram no fundo do erlenmeyer.

#### **3.5.2.1. Avaliação dos teores de fósforo (P) disponível no solo**

A determinação de fósforo disponível foi realizada através de um espectrofotômetro, por meio da leitura da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com ácido ascórbico, conforme descrito em EMBRAPA (2009).

Para determinar o P disponível foram pipetados 25 mL do extrato sem filtrar, os quais foram colocados em béquer plástico de 50 mL. Deste, 5 mL do extrato foram pipetados e adicionados em erlenmeyer de 125 mL. Ao erlenmeyer foram adicionados 10 mL da solução ácida de molibdato de amônio diluída e uma medida calibrada de ácido ascórbico em pó (30 mg). Os erlenmeyers com todas as amostras foram levados à um agitador horizontal circular durante 2 minutos. Após agitar, a solução desenvolveu cor. A leitura da densidade ótica foi efetuada utilizando o fotocolorímetro com filtro vermelho, comprimento de onda de 660 nm. Os valores foram anotados para proceder com os cálculos.

### *3.5.2.2. Avaliação dos teores de potássio (K) e sódio (Na) trocáveis no solo*

Os teores de K e Na trocáveis foram determinados pelo método direto pelo fotômetro de chama. Para realizar a determinação de K e Na foi utilizada uma alíquota de 20 mL do extrato de Mehlich 1. Antes de iniciar a determinação o fotômetro foi aferido com água destilada ou deionizada no ponto zero e com a solução padrão de 0,2 mmol de  $K^+ L^{-1}$  e de 0,2 mmol de  $Na^+ L^{-1}$  no valor correspondente ao centro da escala. Os dados da leitura foram anotados para posterior cálculo dos teores, conforme método descrito em EMBRAPA (2009).

### *3.5.2.3. Avaliação dos teores de micronutrientes (Cobre, ferro, manganês e zinco) no solo*

A determinação dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) foi feita através de espectrofotometria de absorção atômica. Para a leitura no aparelho foram utilizados os filtrados do extrato de Mehlich 1, sendo necessário aferir com os padrões apropriados para cada um dos nutrientes avaliados (EMBRAPA, 2009).

### *3.5.2.4. Avaliação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) disponíveis no solo*

Os teores de Ca e Mg no solo foram avaliados a partir de uma solução extratora de acetato de amônio e determinados por espectrofotometria de absorção atômica, sendo necessário aferir com os padrões apropriados para cada um dos nutrientes avaliados (EMBRAPA, 2009).

### **3.5.3. Procedimento para avaliar os teores de nutrientes no tecido vegetal**

As amostras de material vegetal foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados de acordo com o tratamento e o bloco. O material foi levado para secagem em uma estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60 °C, até atingir peso constante. Em seguida, o material foi triturado e passado em peneiras com malha de abertura de 1,0 mm.

Para a análise química de teores vegetais de P, K, Na, Ca, Mg e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) foi utilizada a digestão úmida feita com a mistura de ácido nítrico e perclórico ( $HNO_3 + HClO_4$ ) na proporção 3:1. No procedimento foram transferidos 500 mg de amostra para um tubo digestor de 80 mL. Em seguida foram adicionados 8 mL da mistura ácida, mantendo a frio durante 3 horas. Em seguida, os tubos foram colocados no bloco digestor. A temperatura do bloco foi aquecida lentamente até atingir 120 °C e mantida até que

a liberação do vapor de cor castanha de  $\text{NO}_2$  fosse cessada. Em sequência, a temperatura foi elevada até  $200\text{ }^\circ\text{C}$  e foi mantida até que o vapor branco de  $\text{HClO}_4$  fosse cessado. Essa última etapa durou 8 horas no bloco digestor. Ao fim da digestão deixou-se o extrato esfriar e foi completado até 25 mL com  $\text{H}_2\text{O}$  (EMBRAPA, 2009).

Já a extração do N do tecido vegetal foi realizada com ácido sulfúrico e água oxigenada ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ ), conforme métodos descritos em EMBRAPA (2009). Foram transferidos 100 mg da amostra para um tubo digestor e adicionado 1,0 g da mistura de sais, 3 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% e 1,0 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  30%. Os tubos foram levados ao bloco digestor, aquecendo lentamente até atingir a temperatura de  $350\text{ }^\circ\text{C}$ , mantendo a temperatura até que fosse obtido um líquido esverdeado e viscoso. Esperou-se esfriar e foi aferido até o volume de 50 mL com  $\text{H}_2\text{O}$ .

#### *3.5.3.1. Determinação dos teores de fósforo (P)*

O princípio do método é baseado na formação de um complexo de cor azul devido a reação do  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , em meio ácido, com o  $\text{MoO}_4^{2-}$ . A concentração de P determina a intensidade da coloração da amostra. Foi utilizado como reagente o ácido ascórbico e as soluções descritas a seguir.

O procedimento foi realizado pipetando 5 mL da solução digerida de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em um tubo de 30 mL e adicionando 10 mL da solução diluída de molibdato. A solução foi agitada em seguida se acrescentou uma pitada de ácido ascórbico. Após 30 minutos, a leitura foi efetuada no espectrofotômetro a 600 nm (EMBRAPA, 2009).

#### *3.5.3.2. Determinação dos teores de sódio (Na) e potássio (K)*

O princípio do método se baseia na utilização de um fotômetro de chama para obtenção das energias emitidas a partir da queima de uma solução aquosa, obtida a partir da digestão úmida, que é aspirada na chama ar-GLP, sendo tais energias proporcionais as concentrações de K e Na (EMBRAPA, 2009).

#### *3.5.3.3. Determinação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg)*

A determinação é realizada através de um espectrofotômetro de absorção atômica, sendo o princípio do método baseado na leitura da densidade de átomos contidos em uma solução, obtida a partir da digestão úmida, aspirada na chama de ar-acetileno na faixa de 2000 a  $2500\text{ }^\circ\text{C}$ . O átomo de cada elemento absorve a energia em um comprimento de onda

definida, sendo que essa quantidade de energia é proporcional a população de átomos na chama, que é proporcional à concentração da solução. Os comprimentos de ondas para Ca são de 422,7 nm e 285,2 nm para Mg (EMBRAPA, 2009).

#### *3.5.3.4. Determinação dos teores de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn)*

A determinação foi realizada através de um espectrofotômetro de absorção atômica. Para a determinação de cobre a energia absorvida é de 324,7 nm, ferro é de 248,3 nm, manganês é de 279,5 nm e zinco é de 213,9 nm utilizando o extrato obtido a partir da digestão úmida, aspirado na chama de ar-acetileno. Sendo necessário ajustar o equipamento de acordo com o elemento que será avaliado (EMBRAPA, 2009).

#### *3.5.3.5. Determinação dos teores de nitrogênio (N) por titulação (Kjeldahl)*

O princípio do método é baseado no  $\text{NH}_4^+$  que é produzido com na digestão do material em uma solução fortemente alcalina de NaOH (40%). O  $\text{NH}_4^+$  é condensado e coletado em um erlenmeyer contendo  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (2%), em seguida é titulado com uma solução de HCl 0,01mol L<sup>-1</sup>.

#### *3.5.4. Análises estatísticas*

Foi utilizado o software Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011) para a realização da análise estatística dos parâmetros analisados no estudo. Foi realizada análise de variância, regressão e realizar teste de normalidade dos dados. A dispersão dos dados em torno da média foi calculada por meio do coeficiente de variação (CV), sendo classificado como: baixa para  $\text{CV} \leq 15\%$ ; moderada para  $15\% < \text{CV} \leq 35\%$ ; e alta para  $\text{CV} > 35\%$ . Para teste de médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes e sódio no solo. Houve interação entre os tratamentos ao nível de 5% de

probabilidade apenas para os teores de Ca e K, sendo que os teores de K no solo também responderam ao tratamento com bagana.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para teores de macronutrientes e sódio no solo.

Fonte de Variação	P	Ca	Mg	K	Na
Valor F					
Doses de hidrogel (dh)	2,292 <sup>ns</sup>	0,980 <sup>ns</sup>	0,361 <sup>ns</sup>	0,495 <sup>ns</sup>	0,829 <sup>ns</sup>
Bagana de carnaúba (bc)	0,241 <sup>ns</sup>	2,678 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	21,861 <sup>**</sup>	0,496 <sup>ns</sup>
dh*bc	0,670 <sup>ns</sup>	3,069 <sup>*</sup>	1,844 <sup>ns</sup>	3,118 <sup>*</sup>	1,231 <sup>ns</sup>
Bloco	1,193	0,086	0,092	0,814	0,903
CV (%)	46,29	35,30	19,68	29,83	4,94

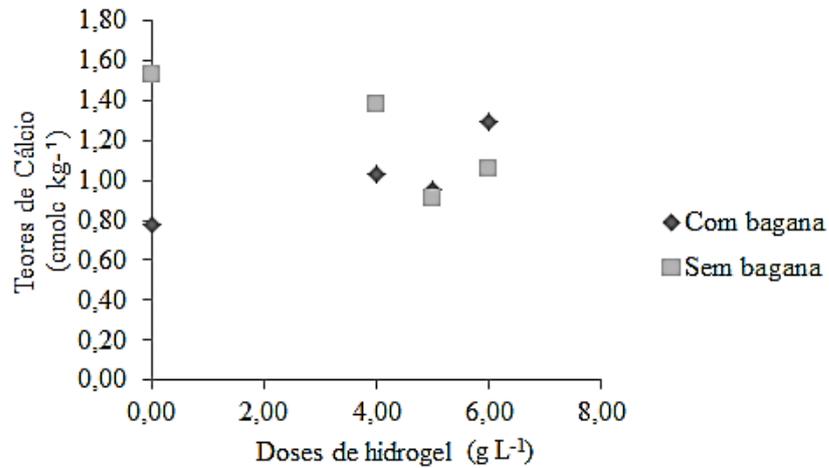
<sup>ns</sup>. não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. <sup>\*</sup>significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. <sup>\*\*</sup> significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Possivelmente esses maiores valores de cálcio e potássio no solo esteja relacionando com a quantidade desses nutrientes na bagana de carnaúba (tabela 1 e 2), que foram liberados no momento de decomposição do material pelos organismos do solo. Além disso, há potássio na composição química do hidrogel, podendo este ter sido liberado no solo. Souza (2000) trabalhando com substrato a base de bagana de carnaúba para mudas verificou que na medida em que a bagana se decompõe há liberação de nutrientes como o cálcio e o potássio no solo.

Na figura 3 observa-se os teores de cálcio no solo em função da interação entre as doses crescentes de hidrogel. De acordo com a análise de regressão não foi possível ajustar um modelo de equação, em virtude da variação dos dados.

Possivelmente o aumento de Ca no solo após a dose 5,0 g L<sup>-1</sup> de hidrogel no tratamento com bagana ocorreu devido a uma liberação do nutriente pela bagana, sendo que a umidade proporcionada também pela presença do hidrogel tenha auxiliado no processo de decomposição do material e liberação do nutriente. Corrêa *et al.* (2005) relata que a presença de umidade no solo contribui para a decomposição da biomassa incorporada, apresentando índices superiores a 75% em comparação a um solo seco.

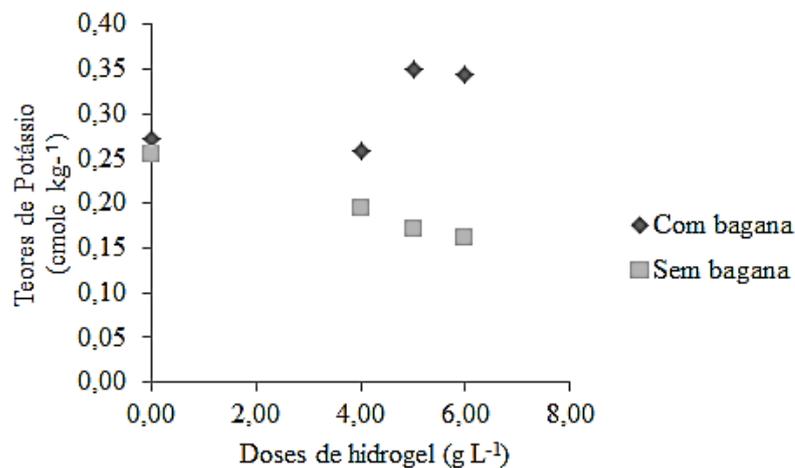
Figura 3. Teores de cálcio (Ca) no solo em função da interação entre os tratamentos avaliados.



A figura 4 ilustra o comportamento dos teores de potássio no solo em função das doses crescentes de hidrogel. De acordo com as análises de regressão não foi possível ajustar um modelo de equação, devido a variação nos dados.

Houve um aumento dos teores do nutriente nos tratamentos com doses 5,0 g L<sup>-1</sup> e 6,0 g L<sup>-1</sup> de hidrogel, sendo que no tratamento que tinha bagana de carnaúba apresentou maiores teores do nutriente nas duas dosagens diferentes de hidrogel. Esse aumento pode ter relação com a composição química do hidrogel (poliacrilato de potássio), sendo que o potássio que compõe o hidrogel pode ter sido liberado para o meio. O maior teor do nutriente nos tratamentos com bagana pode ter relação com a decomposição da biomassa e liberação do nutriente para o solo.

Figura 4. Teores de potássio (K) no solo em função da interação entre os tratamentos avaliados.



Os dados para micronutrientes do solo estão expressos na tabela 4. Houve diferença significativa a 5% de probabilidade nos teores de Zn em resposta à interação entre os tratamentos e à aplicação de bagana.

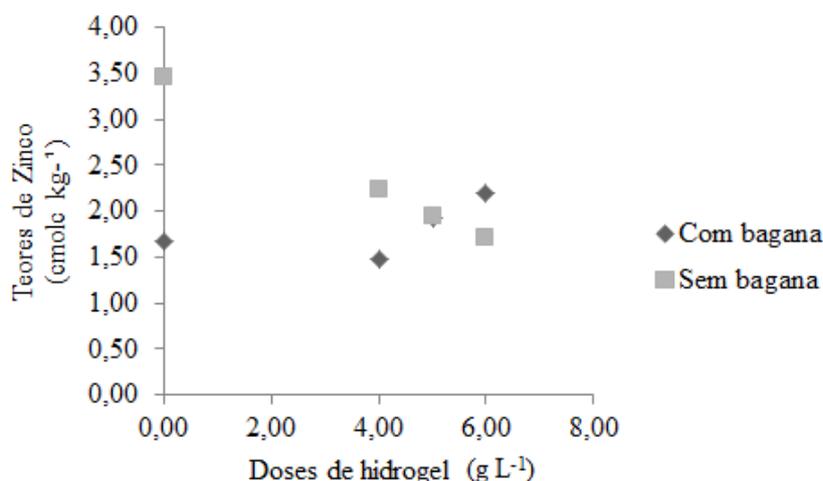
Tabela 4. Resumo da análise de variância para teores de micronutrientes do solo.

Fontes de variação	Mn	Fe	Zn	Cu
Doses de hidrogel (dh)	1,87 <sup>ns</sup>	2,482 <sup>ns</sup>	1,734 <sup>ns</sup>	1,867 <sup>ns</sup>
Bagana de carnaúba (bc)	0,629 <sup>ns</sup>	0,595 <sup>ns</sup>	4,277*	1,416 <sup>ns</sup>
dh*bc	2,497 <sup>ns</sup>	1,132 <sup>ns</sup>	3,934*	0,853 <sup>ns</sup>
Bloco	2,442	2,703	0,695	1,515
CV (%)	25,3	26,78	37,95	11,59

<sup>ns.</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

A figura 5 apresenta o comportamento do Zn no solo em função dos tratamentos com hidrogel e bagana de carnaúba. Nos tratamentos sem a presença de bagana de carnaúba houve um declínio do teor do nutriente a medida que se aumentava a dosagem de hidrogel. Houve um comportamento inverso nos tratamentos que continham bagana, o que pode ser resultado da liberação do nutriente com a decomposição da biomassa incorporada em função da umidade.

Figura 5. Teores de zinco (Zn) no solo em função da interação entre os tratamentos avaliados.



Na tabela 5 é apresentado o resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes e sódio no tecido vegetal. Houve interação entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade para os teores de Ca e 1% de probabilidade para os teores de Mg.

Tabela 5. Resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes e sódio no tecido vegetal.

Fontes de Variação	P	Ca	Mg	K	Na	N
Valor F						
Doses de hidrogel (dh)	2,418 <sup>ns</sup>	2,526 <sup>ns</sup>	1,625 <sup>ns</sup>	1,556 <sup>ns</sup>	0,978 <sup>ns</sup>	2,314 <sup>ns</sup>
Bagana de carnaúba (bc)	1,278 <sup>ns</sup>	9,002**	6,097*	2,071 <sup>ns</sup>	0,085 <sup>ns</sup>	0,112 <sup>ns</sup>
dh*bc	2,726 <sup>ns</sup>	2,102 <sup>ns</sup>	2,487 <sup>ns</sup>	0,614 <sup>ns</sup>	0,374 <sup>ns</sup>	0,713 <sup>ns</sup>
Bloco	2,461	1,924	1,100	2,877	1,460	1,744
CV (%)	12,68	23,65	15,62	21,25	34,28	11,24

<sup>ns</sup>. não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. \*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na tabela 6 estão os valores médios dos dados de macronutrientes na planta, nos tratamentos com e sem bagana de carnaúba. Houve diferença significativa entre as médias de Ca, sendo que no tratamento sem bagana apresentou a maior média. O mesmo nutriente apresentou comportamento inverso no solo. Outro nutriente que apresentou diferença significativa entre as médias foi o Mg, sendo o tratamento sem bagana o que apresentou a maior média. Esses resultados podem ser explicados em decorrência da relação carbono/nitrogênio (C/N) presente devido a bagana de carnaúba. Mendonza *et al.* (2000) relata que há uma imobilização temporária dos nutrientes do solo na biomassa microbiana, sendo estes liberados para o solo após o processo de morte e decomposição desses microorganismos, constituindo, desta forma, um reservatório lábil de nutrientes para as plantas (ANDERSON; DOMSCH, 1980; JENKINSON; LADD, 1981).

Tabela 6. Comparação de médias dos teores de macronutrientes e sódio no tecido vegetal em resposta ao uso da bagana de carnaúba.

Tratamento	Fósforo (mg/kg)	Cálcio (cmol <sub>c</sub> /kg)	Magnésio (cmol <sub>c</sub> /kg)	Potássio (cmol <sub>c</sub> /kg)	Sódio (cmol <sub>c</sub> /kg)	Nitrogênio (g/kg)
SEM BAGANA	1,70041 a	3,76458 a	6,64927 a	8,66350 a	0,81170 a	29,52600 a
COM BAGANA	1,62501 a	3,00505 b	5,88470 b	9,54375 a	0,83780 a	29,17600 a

Média seguida de mesma letra na coluna não difere entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A tabela 7 contém os valores de micronutriente na planta. Os dados não apresentaram diferenças significativas entre as médias analisadas.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para teores de micronutrientes no tecido vegetal.

Fontes de Variação	Mn	Fe	Zn	Cu
Valor F				
Doses de hidrogel (dh)	1,236 <sup>ns</sup>	2,532 <sup>ns</sup>	1,242 <sup>ns</sup>	0,099 <sup>ns</sup>
Bagana de carnaúba (bc)	0,006 <sup>ns</sup>	0,381 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,292 <sup>ns</sup>
dh*bc	0,228 <sup>ns</sup>	1,239 <sup>ns</sup>	0,152 <sup>ns</sup>	0,922 <sup>ns</sup>
Bloco	2,161	3,193	1,318	0,969
CV (%)	36,89	29,74	15,70	20,16

<sup>ns.</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os dados da análise de variância para os valores da percentagem de colonização por FMA e fósforo no solo e planta estão na tabela 8. Houve diferença significativa para a percentagem de colonização por FMA em resposta aos fatores de tratamento doses de hidrogel e bagana de carnaúba, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Já para os teores de fósforo, tanto no solo quanto na planta, não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Esse resultado mostrou que a colonização não influenciou na absorção do nutriente pela planta.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para teores de fósforo em solo e tecido vegetal e percentagem de colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Fontes de Variação	P no solo	P na planta	% de FMA
Valor F			
Doses de hidrogel (dh)	2,292 <sup>ns</sup>	2,418 <sup>ns</sup>	3,955*
Bagana de carnaúba (bc)	0,241 <sup>ns</sup>	1,278 <sup>ns</sup>	65,233**
dh*bc	0,67 <sup>ns</sup>	2,726 <sup>ns</sup>	0,545 <sup>ns</sup>
Bloco	1,193	2,461	1,975
CV (%)	46,29	12,68	21,96

<sup>ns.</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. \*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

A tabela 9 apresenta a comparação de média dos valores da percentagem de colonização por FMA e fósforo no solo e planta em função da presença e ausência de bagana de carnaúba. Os valores de fósforo no solo e planta não apresentaram diferenças significativas. Já os valores médios do grau de colonização por FMA tiveram diferença, sendo que nos tratamentos com bagana obtiveram a maior média.

A presença de bagana de carnaúba no solo tornou as condições favoráveis ao desenvolvimento e colonização das raízes de tamboril por FMA. Silva (2006) relata que a adição de material orgânico no solo favorece os organismos presentes no solo, desta forma, há um favorecimento das fontes energéticas e consequentemente condições propícias ao desenvolvimento dos micro-organismos (CRECCHIO *et al.*, 2001; NSABIMANA *et al.* 2004; GRYNDLER *et al.* 2005).

Tabela 9. Comparação de médias da percentagem de colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e de fósforo no solo e no tecido vegetal em resposta ao uso de bagana de carnaúba.

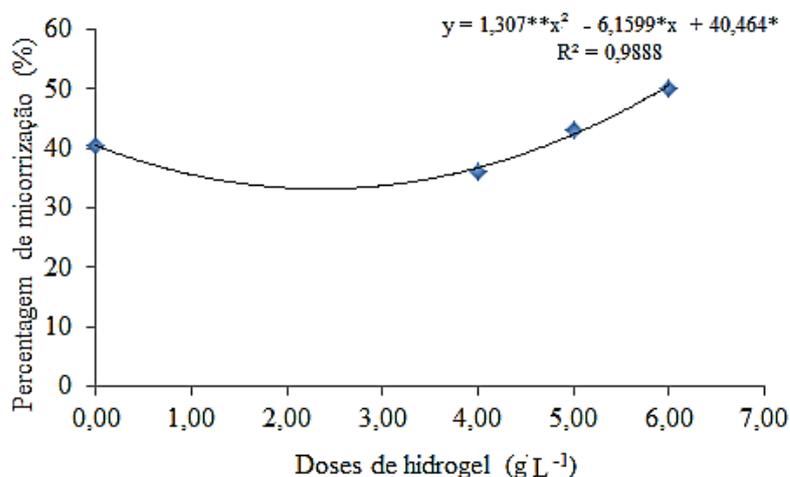
Tratamento	P no solo (mg/kg)	P na planta (mg/kg)	FMA (%)
SEM BAGANA	158,398 a	1,70041 a	30,60 b
COM BAGANA	119,280 a	1,62501 a	54,45 a

Média seguida de mesma letra na coluna não difere entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com a análise de regressão da percentagem de colonização e das crescentes doses de hidrogel, observou-se um decréscimo na colonização nas dose 0,0 e 4,0 g L<sup>-1</sup>, como um aumento gradativo nas doses 5,0 e 6,0 g L<sup>-1</sup> (figura 6). A explicação para esse fenômeno pode estar relacionada com a capacidade de manutenção da umidade proporcionada pela presença do hidrogel.

Ling-Ling *et al.* (1991) ao trabalharem com o efeito do hidrogel na inoculação de FMA em plantas de batata doce notou que o hidrogel não influenciou na colonização por FMA.

Figura 6. Percentagem de colonização por FMA (%) em função das doses de hidrogel ( $\text{g L}^{-1}$ ).



## 5. CONCLUSÃO

A colonização micorrízica arbuscular na espécie tamboril pode ser favorecida pela ação simultânea e isolada do hidrogel e da bagana de carnaúba. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem ter sido influenciados pelas doses crescentes de hidrogel, de 5,0 e 6,0  $\text{g L}^{-1}$ . Da mesma maneira que a presença de bagana de carnaúba propicia um estímulo ao aumento da colonização das raízes de tamboril por FMA.

A presença de FMA não resultou em melhoria para a absorção de nutrientes presentes no solo. Não houve resposta na absorção de P em função da colonização por FMA.

A presença da bagana de carnaúba junto as doses crescentes de hidrogel influenciou de maneira positiva nos teores de cálcio, potássio e zinco do solo. No tecido vegetal os tratamentos que continham bagana de carnaúba apresentaram menores teores dos nutrientes cálcio e magnésio.

## 6. REFERÊNCIAS

- AMARAL, F. H. C.; NOBREGA, J. C. A.; SILVA, A. F. T.; MARTINS, R. N. L.; AMARAL, G. C.; NOBREGA, R. S. A.; COSTA, E. M.; LUSTOSA FILHO, J. F. **Atributos físicos e estoque de carbono orgânico em Neossolo Quartzarênicosob cobertura morta, na região norte do Piauí.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2010, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: *Center Convection*. 2010.
- ANDERSON, J.P.E; DOMSCH, K.H. **Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils.** *SoilSci.*, 130:211-216, 1980.
- ANDRADE, E. M; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural. Fortaleza, CE. 2010. 408p.
- ANDRADE, J. B; OLIVEIRA, T. S. **Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense.** *Revista Brasileira de Ciências Solo*, 28:393-401. Fortaleza, CE. 2004.
- ARAÚJO FILHO, J.A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga.** Recife, PE. Projeto Dom Helder Camara, 2013. 200p: il.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GOLÇALVES, A. C. A. **Uso de hidrogel na agricultura.** *Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais. Alta Floresta – MT.* v.1. n.1. 2002 p.23-31.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica*L) cv. Tupi.** Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2000. (Dissertação de Mestrado).
- BALENA, S.P. **Efeito de polímeros hidrorretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1998. 57p. (Dissertação Mestrado).
- BARBOSA, L.M. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista.** São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. 128p.
- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. **Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação.** *Cerne*, Lavras – MG. v. 18. n. 1. 2012. p. 67-74.

BRASIL – **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL E DO MEIO AMBIENTE.**

Nova delimitação do Semiárido brasileiro, Brasília, DF: MI, 2005. Disponível em:

www.mi.gov.br. Acesso em: 30/06/2015.

BRASIL – **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE** – Secretaria de Recursos hídricos.

Avaliação das Águas do Brasil. Brasília, DF, 2002. 86p.

BRECHELT, A. **Effect of different organic manures on the efficiency of VA mycorrhiza.**

*Agriculture, Ecosystems and Environment* 29: 55-58. 1990.

CARAVACA, F.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; ROLDÁN, A. **Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition.** *Geoderma*108: 133-144. 2002.

CARPANEZZI, A. A. Talhões pioneiros para a recuperação de ecossistemas florestais degradados. In: **Seminários aspectos ecológicos de Matas Mesófilas Semidecíduas.** Rio Claro: UNESP. 1991 p. 94-104.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R.; SILVA, E. S. **The effect of different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and maize.** *Acta Botanica Brasílica* 21: 723-730. 2007.

CARVALHO, F. P. A. & GOMES, J. M. A. **Eco-eficiência na Produção de Cera de Carnaúba no Município de Campo Maior, Piauí, 2004.** RER, Piracicaba – SP. vol. 46. n02. 2008. p. 421-453.

COFFLER, R. **Rochas potássicas moídas na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) Morong inoculadas com microrganismo solubilizador de potássio.** Seropédica – RJ. 2007. (Monografia).

CORDEIRO, Y. E. M. **Potencial de uso em recuperação de áreas degradadas: Um estudo três espécies nativas da Amazônia Oriental sob dois regimes hídricos.** Belém – PA. 2012. 89p.

CORRÊA, M. R.; VELINI, E. D.; ARRUDA, D. P.; ALVES, E.; SILVA, J. R. M. **Avaliação da decomposição de plantas aquáticas no solo através da liberação de CO<sup>2</sup>.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 243-248, 2005.

- COSTA, M.D.; LOVATO, P.E. **Micorrizas arbusculares e a supressão de patógenos.** In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C., eds. *Tópicos em ciência do solo.* Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6 , 2011. p.119-139.
- CRECCHIO, C.; CURCI, M.; MININNI, R.; RICCIUTI, P.; RUGGIERO, P; **Short-term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content and some enzyme activities and genetic diversity.** *Biology and Fertility of Soil* 34. 311-318. 2001.
- DUQUE, J. G. **O nordeste e as lavouras xerófilas.** 4<sup>a</sup>. Ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004b. 330p.
- DUQUE, J. G. **Perspectiva nordestinas.** 2<sup>a</sup>. Ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004a. 424p.
- DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas.** 5<sup>a</sup>. Ed. Mossoró: ESAM. 1980. 273p. (Coleção Mossoroense, 142).
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solo, planta e fertilizantes.** Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 2. Ed. 627 p.
- FEIDEN, A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo.** Seropédica. Embrapa Agrobiologia, dez. 2001. (Embrapa Agrobiologia, Documentos, 140).
- FRANÇA, S. C.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; SILVEIRA, A.P.D. **Microbial activity and arbuscular mycorrhizal fungal diversity in conventional and organic citrus orchards.** *Biological Agriculture and Horticulture* 25: 91-102. 2007.
- GERVASIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. **Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico.** *Irriga*, Botucatu – SP. vol. 9. n. 2. 2004. p. 94-105.
- GRYNDLER, M.; HRSELOVÁ, H.; SUDOVÁ, R.; GRYNDLEROVÁ, H.; REZÁCOVÁ, V.; MERHAUTOVÁ, V. **Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhiza fungus *Glomus calaroideum* BEG23 is stimulated by humic substances.** *Mycorrhiza* 15: 483-488. 2005.
- GRYNDLER, M.; SUDOVÁ, R.; PÜSCHEL, D.; RYDLOVÁ, J.; JANOUSKOVÁ, M.; VOSÁTKA, M. **Cultivation of high-biomass crops on coal mine spoil banks: Can**

**microbial inoculation compensate for high doses of organic matter?** *Bioresource Technology* 99: 6391-6299. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapas de biomas e vegetação**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08/07/2015.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. **Microbial biomass in soil: measurement and turnover**. In: PAUL, E.A.; LADD, J. N., eds. *Soil biochemistry*. New York, Mercel Dekker, 1981. v.5. p.415-471.

JOHNSON, N. C.; F. L. PFLEGER. **Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses**. p. 71-97. In G. J. Bethlenfalvay & R. G. Linderman. (Ed.). *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p. 1992.

KOSKE, R.E.; GEMMA J.N. **A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas**. *Mycological Research*. 1989. p. 486-505.

LING-LING, H.; O'KEEFE, D. M.; SYLVIA, D. M. **Use of hydrogel as a sticking agent and carrier for vesicular arbuscular mycorrhizal fungi**. *Mycol. Res.* 95 (4): 427-429. 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LIMA, P. C F. **Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro**. XXIV Reunião Nordestina de Botânica. Petrolina, PE. 2004. p. 70-79.

MALDONADO, F. D. **Análise por componentes principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semiárido brasileiro: Quixaba-PE**. São José dos Campos: INPE, 1999. 134p.

MARQUES, T. A. & PINTO, L. E. **Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.17. n.6. 2013. p.680–685.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, PERES, J. G.; F. B.; SOUZA, C. F. **Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande – PB. v.2. n.2. 2013. p.87-92.

MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. **Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado**

**com cana- de-açúcar com e sem queima de palhada.** Revista Brasileira Ciências do Solo, 24: 201-207. Rio de Janeiro. 2000.

MOREIRA, F. M. S. & J. O. SIQUEIRA. 2002. **Microbiologia e Bioquímica do solo.** Universidade Federal de Lavras, Lavras. 523 p.

NIMAH, N. M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M. A. **Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation.** *Soil Science Society of America - Journal*, Madison, v.47, n.1, p.742-745, 1983.

NSABIMANA, D.; HAYNES, R. J.; WALLIS, F. M.; **Size, activity and catabolic diversity of the microbial biomass as affected by land use.** *Applied Soil Ecology* 26. 81-92. 2004.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, A. A. C.; AQUINO, A. R. L. MAIA, S. M. F. **Influência da cobertura morta no desenvolvimento de fruteiras tropicais.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24p. (Documentos, 49).

PEREIRA, C. M. R.; MAIA, L. C. **Atividade microbiana do solo e diversidade de fungos Micorrízicos arbusculares no núcleo de desertificação de Cabrobó, PE.***In: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA: I Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.* Pernambuco. 2009.

PEREIRA, J. S. **Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada.** *Caminhos de Geografia*, Uberlândia – SP. v. 13. n. 41. 2012 p. 102–110.

PEREZ-MARIN, A. M; CAVALCANTE, A. M. B; MEDEIROS, S. S; TINOCO, L. B. M; SALCEDO, I. H. **Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?** Brasília, DF. v.17. n.34. 2012. p. 87-106.

PONTES FILHO, R. A.; COSTA, M. C. G. **Hidrogel associado a bagana de carnauba no estabelecimento de espécie nativa da Caatinga.** Projeto Biomas Caatinga. Subprojeto CAA 14. Ibareta, CE. 2014. Disponível em:  
[http://www.projetobiomas.com.br/sites/default/files/biomateca/resumo\\_das\\_atividades\\_caa14.pdf](http://www.projetobiomas.com.br/sites/default/files/biomateca/resumo_das_atividades_caa14.pdf). Acesso em 13/12/2015.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. **Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação.** *Revista Árvore*, v. 12, n. 2. 1988. p. 183-195.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; FAPESP, p. 249-269.

SÁINZ, M. J.; TABOADA-CASTRO, M. T.; VILARIÑO, A. **Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes**. *PlantandSoil*205: 85-92. 1998.

SANTOS, G.A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 25-47.

SILVA, D. K. A; SILVA, F. S. B.; YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C. **Uso de vermicomposto favorece crescimento de mudas de gravioleira (*Anona muricata*L. ‘Morada’) associadas a fungos micorrízicos arbusculares**. *Acta Botanica Brasílica* 22: 863-869. 2008.

SILVA, F. C. da. **Avaliação da disponibilidade de fósforo por diversos extratores em solos cultivados com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1991. 165 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

SILVA, F. S. B. **Fase assimiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 2006. (Tese, doutorado).

SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S.; SANTOS, J. G. D.; SCHNEIDER, J.; CARNEIRO, M. A. C. **Micorrizas e a degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora**. *Tóp. Ci. Solo*, 5: 219-306, 2007.

SOUSA, L. B.; LUSTOSA FILHO, J. F.; AMORIM, S. P. N.; SOUSA, W. C.; NOBREGA, R. S. A.; NOBREGA, J. C. S.; PRAGANA, R. B. **Utilização de substratos constituídos de bagana e terra de subsolo no crescimento de *Sesbania Virgata***. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2010, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: *Center Convection*. 2010.

SOUZA, F.X. de. **Materiais para formulação de substratos na produção de mudas e no cultivo de plantas envasadas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 21p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 43).

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VAIDYA, G. S.; SHERSTHA, K.; KHADGE, B. R.; JOHNSON, N. C.; WALLANDER, H. **Organic matter stimulates bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Bauhinia purpurea* and *Leucaena diversifolia* plantations on eroded slopes in Nepal.** *Restoration Ecology* 16: 79-87. 2008.

VASCONCELOS, I.; ALMEIDA, R. T. de; FILHO, P. F. M.; **Ocorrência de rizóbios e endomicorrizas em leguminosas arbóreas e arbustivas do estado do Ceará, Brasil.** *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza – CE. n. 15. 1984. p.45-52.

WU, Q. S.; XIA, R. X.; ZOU, Y. N. **Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress.** *European Journal of Soil Biology* 44: 122-128. 2008.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira.** Piracicaba, SP. POTAFOS, 2004. 726p. : il.

ZIEGLER, H. R. S.; ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, M. M.; PESSOA, J. P. M.; VIEIRA, L.V.; OLIVEIRA, V. P. V. **Utilização de insumos locais para o aumento da produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.) sob condições de baixa pluviosidade no litoral norte do CE.** CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7. **Cadernos de Agroecologia.** Fortaleza – CE. v.6, n. 2. 2011.