



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

ANDRÉIA PINHEIRO QUEIROZ VIANA

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO EM RESPOSTA AO USO DE
CONDICIONADORES PARA REFLORESTAMENTO NO SEMIÁRIDO**

FORTALEZA

2015

ANDRÉIA PINHEIRO QUEIROZ VIANA

ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO EM RESPOSTA AO USO DE
CONDICIONADORES PARA 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 Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Mirian Cristina Gomes
Costa.

FORTALEZA

2015

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

-
- V667a Viana, Andréia Pinheiro Queiroz.
Alterações químicas no solo em resposta ao uso de condicionadores para reflorestamento no semiárido. / Andréia Pinheiro Queiroz Viana. – 2015.
43 f. : il. color.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Graduação em Agronomia, Fortaleza, 2015.
Orientação: Profª. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa
1. Ciência do solo. 2. Reflorestamento - Brasil. 3. Agronomia. I. Título.

ANDRÉIA PINHEIRO QUEIROZ VIANA

ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO EM RESPOSTA AO USO DE
CONDICIONADORES PARA 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 Engenheiro
Agrônomo.

Aprovada em 05/02/2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. ¹⁹Miriam Cristina Gomes Costa - UFC



Prof. Me. Roberto Albuquerque Pontes Filho – IFCE



Me. Gustavo Henrique da Silva Albuquerque

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ser à base das minhas conquistas.

Aos meus pais Ádina Pinheiro e Domingos Sávio, pelo apoio, dedicação, confiança e ensinamentos que levarei durante toda a minha existência.

Ao meu irmão Ádson Pinheiro pelo apoio e amizade.

A Universidade Federal do Ceará por ter contribuído na realização deste sonho.

À minha orientadora Prof. Dra. Mirian Cristina, pelos ensinamentos, pela paciência, por todo apoio durante a realização deste trabalho e por ser uma excelente professora e profissional.

Ao Prof. Me. Roberto Albuquerque que juntamente com o projeto Biomas-Caatinga disponibilizou o experimento para realização deste trabalho.

Ao Me. Gustavo Henrique por ter aceito compor a banca examinadora deste trabalho.

Ao Dr. Lidbergue Araújo Crisóstomo, por ter disponibilizado o Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical para a realização da maior parte das análises para este trabalho.

Ao Dr. Carlos Alberto Kenji, pelo apoio e pelos ensinamentos.

A Vanderleia Bezerra de Oliveira, pela paciência, pela amizade e por ter compartilhado seus conhecimentos comigo, que foram fundamentais para a realização de cada análise realizada neste trabalho.

Ao colega Dimitri Matos, pela amizade e apoio na estatística deste trabalho.

As minhas colegas do Lab. de solos da Embrapa Agroindústria Tropical, Marina Monteiro, Thais Martins, Danyella Mauta pela amizade, apoio e ensinamentos.

As minhas amigas, Maraiza Costa e Luciana de Lima pela amizade, companheirismo e paciência.

Aos meus amigos e colegas da Universidade que sempre torceram por mim e me apoiaram durante essa caminhada.

Ao meu namorado, Fred Solon Castello Branco pelo apoio, paciência e companheirismo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente nessa conquista. A todos minha sincera gratidão.

RESUMO

A degradação dos solos está tomando uma proporção cada vez maior. Alternativas que viabilizem a recuperação de solos degradados em áreas que estão em processo de desertificação são fundamentais para que o reflorestamento de regiões semiáridas seja eficaz. O uso de condicionadores de solo na recuperação de áreas degradadas é uma alternativa para o melhor aproveitamento de água e de nutrientes pelas plantas que sejam estabelecidas nessas áreas. Supõe-se que doses crescentes de hidrogel aumentam os teores de nitrogênio (N) mineral no solo, com destaque para a forma amoniacal (N-NH_4^+). Supõe-se também que a aplicação do hidrogel em conjunto com bagana de carnaúba reduza os teores de N mineral no solo em virtude da imobilização. Para comprovar essas suposições foi instalado um experimento na fazenda Triunfo, localizada no município de Ibaretama (CE). Neste estudo foram avaliados atributos químicos do solo, com destaque para o fracionamento do N mineral, em resposta às doses de hidrogel e a aplicação de bagana de carnaúba. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados (DBIC), em esquema de arranjo fatorial 4 x 2. Para avaliação foram analisadas quatro doses de hidrogel (0, 4, 5 e 6 g litro^{-1} de água), com e sem bagana de carnaúba, distribuídos em cinco blocos que constituíram as repetições dos tratamentos. As análises de solo e do material vegetal foram realizadas, sendo encontrada diferença significativa para N-NH_4^+ e Mn no solo e nenhuma diferença significativa para o material vegetal.

Palavras-chave: Revegetação. Polímeros. Cobertura morta.

ABSTRACT

The soil degradation is reaching a large proportion. Alternatives that enable the recovery of degraded soils in areas that are in the process of desertification are essential for the reforestation of semi-arid regions become effective. The use of soil conditioners in the recovery of degraded areas is an alternative to the better use of water and nutrients by plants to be established in these areas. It is assumed that increasing doses of hydrogel increases the percentage of mineral nitrogen (N) in soil, especially as ammonium (N-NH₄⁺). It is assumed also that the application of the hydrogel together with carnauba straw reduce the percentage of mineral N in the soil due to the immobilization. To prove these assumptions an experiment have been made in Triunfo farm, located in the municipality of Ibaretama (CE). In this study soil chemical properties were evaluated, especially the fractionation of mineral N in response to the hydrogel doses and application of carnauba straw. The experimental design was a randomized blocks (DBC) in a factorial scheme 4 x 2. For evaluation were analyzed four hydrogel doses (0, 4, 5 and 6 g liter⁻¹ of water), with and without carnauba straw, distributed in five blocks that constituted the repetitions of the treatments. The analysis of soil and plant material were carried out, with a significant difference for N-NH₄⁺ and Mn significant difference to the plant material n to the soil and no.

Keywords: Revegetation. Polymers. Dead cover

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1.	Solos degradados no semiárido.....	10
2.2.	Revegetação de áreas degradadas do semiárido.....	13
2.3.	Hidrogel e bagana de carnaúba como condicionadores do solo.....	16
2.4.	Efeitos do hidrogel e da bagana de carnaúba em atributos químicos do solo.....	18
3	MATERIAL E METODOS.....	22
3.1.	Descrição da área experimental.....	22
3.2.	Tipo de solo.....	23
3.3.	Delineamento experimental e tratamentos.....	23
3.4.	Amostragem.....	24
3.5.	Avaliação da fertilidade do solo.....	25
3.6.	Avaliação do estudo nutricional do Tamboril.....	25
3.7.	Análises estatísticas.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1.	Atributos químicos do solo.....	27
4.2.	Estado nutricional da espécie vegetal.....	36
5	CONCLUSÕES.....	37
6	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a degradação do solo vem crescendo mundialmente. Estudiosos do assunto tentam trazer soluções para a recuperação de áreas que estão sujeitas à desertificação, que é uma forma de degradação do solo cujas causas estão associadas a fatores climáticos e a ações antrópicas. As regiões com características áridas, semiáridas e subúmidas secas são as que mais sofrem com a desertificação.

No nordeste brasileiro, práticas agrícolas inadequadas que envolvem a retirada parcial ou total da cobertura vegetal, associadas às condições climáticas, favorecem a redução da biodiversidade local, deixando os solos mais vulneráveis à erosão que, além de partículas do solo, transporta nutrientes e matéria orgânica, levando a danos muitas vezes irreversíveis. Uma alternativa para a recuperação desses solos é a revegetação por meio dos florestamentos ou reflorestamentos.

Um dos desafios enfrentados para revegetar áreas degradadas no semiárido é a falta de água e nutrientes que já foram perdidos em função do mau uso do solo que acarreta em erosão. As espécies nativas têm maior potencial para a revegetação, pois são mais adaptadas ao déficit hídrico. A escolha por espécies fixadoras de nitrogênio e que apresentem crescimento rápido também faz toda diferença, pois essas serão menos dependentes da adição de nutrientes e promoverão a proteção do solo em menor tempo.

Entretanto, o déficit hídrico no semiárido brasileiro pode comprometer o desenvolvimento de mudas de espécies nativas que sejam implantadas para revegetar áreas degradadas. Isso traz a necessidade da adoção de estratégias que favoreçam a disponibilidade de água para as mudas recém-estabelecidas, a um baixo custo. O uso do hidrogel surge como estratégia promissora, pois esse polímero tem capacidade de absorver e reter grandes quantidades de água, disponibilizando-a para as plantas. Os hidrogéis à base de poliacrilamida podem funcionar como fonte de nutrientes, com destaque para o nitrogênio. Entretanto, é importante saber se a maior retenção de água pelos hidrogéis afeta as formas de nitrogênio mineral no solo em virtude da maior quantidade de água.

Outra estratégia promissora para favorecer a disponibilidade de água na revegetação no semiárido é o uso da bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera*). Esse resíduo orgânico tem sido utilizado como cobertura de solo no Nordeste brasileiro por ser capaz de promover efeitos benéficos, tais como: manutenção da umidade, controle da temperatura, proteção contra a erosão, favorecimento da biota do solo, aumento nos teores de matéria

orgânica e de nutrientes. Entretanto, a alta relação C/N da bagana de carnaúba pode levar a uma indisponibilidade de nitrogênio, principalmente logo após a aplicação da bagana ao solo.

Neste contexto, este trabalho foi realizado a partir das seguintes hipóteses: 1) Doses crescentes de hidrogel aumentam os teores de nitrogênio (N) mineral no solo, com destaque para a forma amoniacal (N-NH₄⁺); 2) A aplicação do hidrogel em conjunto com bagana de carnaúba reduz os teores de N mineral no solo em virtude da imobilização.

Portanto, objetivou-se neste estudo avaliar atributos químicos do solo, com destaque para o fracionamento do N mineral, em resposta às doses de hidrogel e a aplicação de bagana de carnaúba.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos degradados no semiárido

A degradação do solo, de modo geral, está associada aos fatores ambientais considerados adversos, muitas vezes decorrentes da intervenção do homem sobre o ambiente. Segundo Ranieri *et al.* (1998), os processos relacionados com a degradação do solo, que alteram sua estrutura e seus atributos, são: erosão, compactação, acidificação, salinização, esgotamento de nutrientes e diminuição do carbono orgânico e da biodiversidade. O crescimento populacional de forma desenfreada e a exploração dos recursos naturais de maneira inadequada contribuem para a degradação do solo de várias regiões do mundo, trazendo assim graves consequências ao ambiente.

Os recursos naturais que mais sofrem com os efeitos da degradação são o solo e a água. A sensibilidade que o solo apresenta quanto ao potencial erosivo não é a única condição para uma área ser degradada, mas, principalmente, o uso que nele é imposto (SILVA *et al.*, 2003). Segundo Moreira (2004), áreas degradadas são consideradas extensões naturais que perderam a capacidade de recuperação natural após sofrerem distúrbios; essa degradação pode ser induzida pelo homem ou por algum acidente natural que diminui a atual e futura capacidade produtiva do ecossistema.

De acordo com Belensiefer (1998), áreas degradadas são aquelas que perderam sua capacidade de produção, tornando-se difícil o retorno a um uso econômico. A maior parte das áreas exploradas é abandonada após seu esgotamento, fazendo com que isso se torne um círculo vicioso, de modo que futuramente poderá não existir mais regiões com solos produtivos, havendo necessidade de se encontrar alternativas para a recuperação dessas áreas. Segundo Pereira *et al.* (2007), a degradação ambiental faz parte do processo evolutivo do homem de modo que, conforme a população cresce, ocorre maior utilização dos recursos naturais, muitas vezes levando-os à exaustão. Algumas atividades colaboram para a aceleração do processo de degradação como: queimadas, desmatamento, mineração e técnicas agropecuárias impróprias.

A desertificação é uma forma de degradação ambiental que vem se intensificando nos últimos anos, especialmente em países de grandes extensões, como o Brasil e a Argentina (CARVALHO, 2007). Outros países também estão passando por esse processo de degradação ambiental, sendo que a maioria está em regiões subdesenvolvidas. Então, quanto mais subdesenvolvida for a região, mais acentuados serão os efeitos da degradação e, quanto mais

severas forem as condições naturais, principalmente as climáticas, mais complicada será a situação (LIMA, 2004).

Levando em consideração que a totalidade do semiárido brasileiro está localizada no nordeste, é essa região do país que está mais vulnerável à desertificação. As áreas do semiárido brasileiro são exploradas inadequadamente e seus recursos naturais são limitados (LEITE *et al.*, 1993). Para Menezes *et al.* (2002), a degradação dos recursos naturais no semiárido nordestino tem sido provocada pelo aumento da intensidade de uso do solo e redução da cobertura vegetal nativa.

A área representada pelo semiárido brasileiro corresponde a 969.589,4 km² e a mesma possui 1.133 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (BRASIL, 2007). Com aproximadamente 23 milhões de habitantes, o semiárido brasileiro chega a ser o maior e mais populoso do mundo (BRASIL, 2007). Essa região se caracteriza, de modo geral, pela aridez do clima, pela deficiência hídrica, precipitações pluviiais imprevisíveis e pela presença de solos com baixa disponibilidade de matéria orgânica (SILVA, 2006).

Os longos períodos de estiagem e a retirada da Caatinga, vegetação nativa da região semiárida, acentuam o processo de degradação do solo deixando-o descoberto e exposto aos agentes climáticos, reduzindo conseqüentemente seu potencial produtivo (TREVISAN *et al.*, 2002; MENEZES *et al.*, 2005).

Segundo Vasconcelos Sobrinho (1971), as evidências da degradação no semiárido brasileiro estão presentes por toda parte, e em alguns lugares são tão marcantes que foram nomeadas de núcleos de desertificação. No nordeste, os núcleos de desertificação são os seguintes: Gilbués no Piauí, Irauçuba no Ceará, Seridó na fronteira dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte e Cabrobó, em Pernambuco. Essas regiões têm a maior parte do seu território coberto pela Caatinga que é único bioma exclusivamente brasileiro. Esse bioma é também um dos mais ameaçados pelo uso inadequado dos seus recursos naturais (SILVA, 2006). O avanço do desmatamento e a destruição da Caatinga têm gerado preocupação crescente sobre as estratégias de conservação desse bioma, principalmente relacionadas à desertificação.

A maior parte da vegetação nativa da região nordeste está sendo modificada pelo homem, na maioria das vezes, devido a práticas agrícolas inadequadas e ineficientes que retiram a cobertura vegetal. A biodiversidade do bioma Caatinga está ameaçada devido a sua devastação, dando espaço a atividades agropecuárias e a exploração florestal (PEREIRA, 2000).

Segundo Andrade *et al* (2005), alterações na Caatinga acontecem desde o início da colonização do Brasil, decorrentes de práticas agrícolas rudimentares, pecuária bovina, bem como o aumento da extração de lenha para produção de carvão e a caça. Essas ações, juntamente com o clima tropical seco, resultam em extensas áreas sem cobertura vegetal e com altos índices de degradação (SALES, 2008). Para Silva (2006), as maiores extensões de áreas em processo de desertificação no Brasil, com a perda gradual da fertilidade biológica do solo, estão localizadas no Semiárido devido ao cultivo inadequado da terra, associado às variações climáticas e às características do solo pedregoso ou impermeável.

Accioly *et al.* (2005), afirmam que o uso e manejo inadequado do solo é uma das principais causas de origem antrópica da desertificação, tais como extrativismo vegetal e mineral e, ainda, o uso de tecnologias inadequadas. Todo esse processo tem como ponto de partida a perda da matéria orgânica contida nas camadas superficiais do solo que, além de causar problemas na sua estrutura, disponibilidade de água e atividade biológica, prejudica o suprimento de nutrientes essenciais como fósforo (P), enxofre (S) e, principalmente, N às plantas (FRANCO *et al.*, 1992).

A remoção da cobertura vegetal do bioma Caatinga prejudica a biodiversidade da flora e fauna, como também afeta diretamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Para um melhor aproveitamento do solo de maneira sustentável é necessário que seja realizado um manejo racional com uso de práticas conservacionistas que favoreçam a disponibilidade da cobertura vegetal.

Para os solos que já estão degradados, a revegetação é uma importante alternativa para sua recuperação.

2.2 Revegetação de áreas degradadas no semiárido

Considerando-se a recuperação propriamente dita, alguns termos são citados como reabilitação, recuperação e restauração como se fossem um único processo, porém elas podem possuir categorias distintas:

- Recuperação: restituição de uma população silvestre degradada ou um ecossistema a uma condição não degradada, podendo ser diferente de sua condição original (SNUC, 2002);
- Restauração: restituição de uma população silvestre degradada ou um ecossistema o mais próximo possível da sua condição original (SNUC, 2002);

- Reabilitação: é o retorno à produtividade e forma em conformidade com a sua capacidade de uso, incluindo equilíbrio ecológico e sua estabilidade (TOY e DANIELS, 1998);

Para que estas áreas sejam recuperadas, algumas técnicas de manejo devem ser utilizadas, favorecendo a reestruturação do solo. Dentre as estratégias para recuperação de áreas degradadas que estão sendo implantadas, são destacadas: regeneração natural, semeadura direta e o plantio de mudas (SALES, 2008). O mesmo autor comenta que, na maioria das vezes, dá-se preferência à regeneração natural pelo fato do custo ser reduzido e por ser um método mais simples. Porém, esse processo demanda tempo, sendo mais viável a utilização de outras alternativas para recuperação de áreas degradadas.

Segundo Smith (1986), o plantio de mudas arbóreas em áreas que sofrem com a degradação estabelece maior número de indivíduos do que quando se utiliza a semeadura diretamente no campo. No bioma Caatinga, como há poucas informações científicas, principalmente sobre a sucessão ecológica, a estrutura fitossociológica das diferentes fisionomias, a dinâmica de regeneração, dentre outras dinâmicas ecológicas, o desafio da revegetação é ainda maior (SALES, 2008).

A revegetação de áreas degradadas é importante para a autossustentabilidade do novo ecossistema. A ação de revegetar está relacionada ao plantio de espécies nativas da região, onde se tem um conhecimento prévio sobre a vegetação do lugar. Segundo Poggiani *et al.* (1996), é fundamental ter o conhecimento do habitat onde se desenvolve uma espécie ou uma comunidade vegetal para aqueles que trabalham com ecossistemas florestais.

As informações obtidas são um auxílio para o planejamento de diversas atividades como: preparo de laudos técnicos, manejo florestal, plantio de enriquecimento de florestas secundárias, e recuperação de áreas degradadas (GUIMARÃES *et al.*, 2009). É importante o conhecimento da área a ser recuperada, com informações sobre a vegetação existente, o fator de degradação e a situação atual da área, para que sejam realizadas atividades necessárias para restaurar um ecossistema e torná-lo sustentável (ENGEL; PARROTA, 2003).

O sucesso na recuperação dessas áreas depende, em grande parte, da escolha de espécies adaptadas ao local e da disponibilidade de fatores considerados limitantes para o desenvolvimento das plantas.

Na região semiárida, os ecossistemas são naturalmente frágeis devido à ocorrência de fatores limitantes como a água e nutrientes. A falta de água pode interferir de forma direta e indireta no processo de crescimento das árvores. O efeito direto é caracterizado pela baixa taxa de fotossíntese e alta taxa de fotorrespiração, quebra de compostos nitrogenados e inativação de enzimas e coenzimas (GONÇALVES, 1982). Isso ocorre devido à falta de água

para a realização da fotólise e transporte dos minerais. Segundo o mesmo autor, os efeitos indiretos da seca no desenvolvimento das árvores ocorrem a partir dos baixos potenciais osmóticos e da baixa disponibilidade de nutrientes minerais; porém, na região nordeste do Brasil o fator potencial osmótico deixa de ser um fator limitante para o desenvolvimento das plantas.

Mediante o déficit hídrico, as deficiências minerais são mais intensas e as mais caracterizadas pela seca são: Fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, molibdênio e, principalmente, nitrogênio. O uso de leguminosas fixadoras de nitrogênio vem sendo recomendado como forma de acelerar a incorporação de matéria orgânica e nitrogênio no solo, de modo a tornar os sistemas mais sustentáveis (FRANCO; FARIA, 1997).

A Matéria Orgânica (MO) desempenha múltiplas funções no solo, especialmente sob condições tropicais e subtropicais. Dentre essas funções destacam-se a estabilidade de agregados e da estrutura, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes, aeração e atividade da biomassa microbiana (ROSSATO *et al.*, 2002).

Além dos benefícios em relação ao aproveitamento do N, as leguminosas são espécies que fazem associação com fungos micorrízicos proporcionando melhor aproveitamento de outros recursos do solo, principalmente fósforo e água. Essas espécies conseguem se estabelecer em solos de diversas características e com baixo teor de matéria orgânica (FARIA; CAMPELLO, 2000).

As leguminosas apresentam altos teores de N na matéria vegetal e em sua maioria produzem palhadas de baixa relação C/N que, ao sofrerem decomposição, que é relativamente rápida, disponibilizam N para as lavouras subsequentes (ALVARENGA *et al.*, 2001). Essas espécies possuem inúmeras vantagens, sendo muito importantes no manejo de áreas degradadas, no sombreamento e conforto térmico para os animais e culturas vegetais (BALIEIRO *et al.*, 2004). Os últimos autores citados também afirmam que quando as leguminosas são inseridas em sistemas agropecuários, colaboram na proteção do solo contra a erosão e a lixiviação, reduzindo a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados ao solo devido à fixação biológica de nitrogênio, dentre outros benefícios.

A água no solo é um fator que influencia diretamente na fixação de nitrogênio pelas plantas como também no transporte de outros nutrientes na solução do solo. As formas de N mais absorvidas pelas plantas são nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). Para que as plantas tenham um bom desenvolvimento, é necessário que sejam adotadas estratégias que viabilizem a disponibilidade de água para que a espécie em estudo seja beneficiada pela fixação de N.

Com referência ao processo de fixação de N₂ em leguminosas, sabe-se que as espécies são sensíveis à escassez de água (ALBRECH *et al.*, 1984; DURAND *et al.*, 1987) durante sua etapa reprodutiva.

Segundo Kirda *et al.* (1989), uma grande seca pode alterar a disponibilidade dos nódulos em leguminosas como também diminuir a absorção de N. No período vegetativo a nodulação e a fixação de nitrogênio diminuem.

O Tamboril [*Enterolobium contortisilliquum* (Vell.) Morong] pode ser uma espécie promissora para recuperação de solos degradados (TRANINN *et al.*, 2001), com destaque para o semiárido. Trata-se de uma leguminosa pioneira que apresenta capacidade de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de N atmosférico. Essa espécie é bastante resistente à seca e é de crescimento rápido. O uso do hidrogel e da bagana de carnaúba como condicionadores do solo pode ser uma boa estratégia para disponibilizar água e nutrientes para as plantas, de acordo com suas necessidades, na fase de estabelecimento do reflorestamento.

2.3. Hidrogel e bagana de carnaúba como condicionadores do solo

Levando em consideração a necessidade de alternativas que contribuam com o melhor desenvolvimento das plantas no processo de revegetação de áreas degradadas, de maneira que a distribuição de água e nutrientes seja eficaz e econômica, o uso de polímeros como o hidrogel e a bagana de carnaúba pode ser considerado promissor para regiões que sofrem com a seca.

Os condicionadores de solo, sejam naturais (orgânicos) ou sintéticos, podem melhorar a estrutura do solo por meio da estabilização dos agregados, podendo também exercer efeito positivo sobre a retenção de umidade, a fertilidade do solo e na infiltração de água e trabalhabilidade (LOBO *et al.*, 2012). Nos últimos anos, estudos referentes ao uso de condicionadores de solo têm aumentado devido à problemática da falta de água em muitas regiões. O hidrogel passou a ser pesquisado com o objetivo de minimizar os problemas associados à baixa produtividade, geralmente provocada pela disponibilidade irregular de água e pela má estruturação do solo (BALENA, 1998).

Para Coelho (2004), os hidrogéis são polímeros superabsorventes que podem incrementar a capacidade de armazenamento de água e reduzir perdas por percolação em solos arenosos, aumentando assim a eficiência do uso da água e dos fertilizantes pelas plantas.

Os primeiros condicionadores sintéticos de solo à base de poliacrilamida começaram a ganhar destaque por meio de pesquisas que se iniciaram em 1950 (BARVENIK, 1994). Nessa época, a capacidade de retenção de água deionizada pelos polímeros não ultrapassava 20 vezes a sua massa. No início dos anos 60 esses polímeros foram testados na horticultura, na agricultura e no paisagismo. Porém, após a realização de experimentos, foi provada a fitotoxicidade dos polímeros devido a presença do monômero acrilamida, causando desinteresse na utilização do produto (MORAIS *et al.*, 2001).

Com a expiração da patente nos anos 70, uma empresa britânica melhorou as propriedades de retenção de água do polímero, elevando a capacidade de retenção de 20 para 40 vezes e de 40 para 400 vezes no ano de 1982. No entanto, o produto não teve êxito, como esperado, principalmente pelo preço elevado, o que inviabilizava sua utilização na agricultura, e também pela escassez de pesquisas para o desenvolvimento de recomendações de uso e aplicação dos hidrogéis para fins agrícolas (WOFFORD Jr; KOSKI, 1990).

No início dos anos 80 surgiram os polímeros hidroretentores e pesquisadores iniciaram métodos para melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas em ambientes já degradados pelo homem ou até mesmo pela própria natureza utilizando esses polímeros (MORAIS *et al.*, 2001). A vantagem dessa nova técnica utilizando hidrogéis na agricultura está relacionada à disponibilidade de água e ao fornecimento de nutrientes para as plantas a uma taxa controlada no solo. Uma nova abordagem é o uso de polímeros hidrófilos como transportadores de nutrientes. Esses polímeros podem ser geralmente classificados como: 1) polímeros naturais derivados de polissacáridos, 2) os polímeros semissintéticos (principalmente derivados de celulose) e 3) polímeros sintéticos.

O hidrogel para uso agrícola à base de poliacrilamida é um produto sintético, derivado de petróleo, sendo o dióxido de carbono, a água e o amoníaco os produtos finais da dissociação, não existindo, portanto, nenhum problema relacionado à toxicidade residual (AZEVEDO *et al.*, 2002; AZEVEDO *et al.*, 2006). Sua utilização na agricultura brasileira tem crescido nos últimos anos, principalmente na silvicultura, fruticultura e na composição de substratos para produção de mudas (AZEVEDO *et al.*, 2006).

Em contrapartida, polímeros derivados de fontes renováveis, como a celulose, são altamente desejáveis como matéria-prima na produção de polímeros super absorventes biodegradáveis, porque é o polímero natural mais abundante em terra e é de baixo custo (SENNA, 2015). Segundo Azevedo *et al.* (2002), os polímeros hidroretentores funcionam como alternativa para situações em que não há disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem, ocasiões em que a baixa umidade do

solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Wofford Jr. (1992) destaca que as raízes das plantas crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo grande desenvolvimento de pelos radiculares, proporcionando maior superfície de contato das raízes com a fonte de água e nutrientes, facilitando sua absorção. Segundo Terracottem (1998) polímeros hidroabsorventes aumentam o crescimento lateral da raiz, mas têm um efeito neutro no comprimento das raízes individuais.

El Sayed *et al.* (1991), acompanhando o efeito do hidrogel no cultivo de várias hortícolas em condições de substratos salinos, afirmaram que o polímero é altamente eficiente para ser usado como condicionador de solo, principalmente na horticultura, já que ele aumenta a tolerância das plantas às condições desfavoráveis de substratos arenosos e salinos. Os hidrogéis, quando usados corretamente e em situações ideais, têm pelo menos 95% da sua água armazenada disponível para absorção pelas plantas (JOHNSON, 1984).

Outro material que pode ser usado como condicionador do solo é a bagana de carnaúba, principalmente para a região nordeste, pois além de ser uma planta nativa do semiárido nordestino, possui baixo custo e manuseio de fácil execução. A carnaubeira (*Copernicia prunifera*) está presente nos vales de alguns rios da região, principalmente do Parnaíba e seus afluentes, do Jaguaribe, do Acaraú, do Apodi e do médio São Francisco. Nos estados do Pará, Tocantins, Maranhão e Goiás também podem ser encontradas carnaubeiras (ALVES; COELHO, 2006). O plantio de carnaúba de forma mais intensa ocorre no vale do rio Assú, localizado no Rio Grande do Norte.

A bagana é um resíduo agroindustrial da carnaúba (ALVES; COELHO, 2006) que, no decorrer do tempo passou a ser utilizada na agricultura como cobertura do solo. A utilização desse resíduo como cobertura morta oferece algumas vantagens para o solo e para as plantas. No solo oferece proteção contra os agentes que causam erosão, mantém a umidade e reduz a variação da temperatura; adicionalmente, as plantas são beneficiadas pelo fato desse resíduo diminuir a ocorrência de ervas daninhas na área de cobertura, diminuir a mortalidade das plantas jovens e melhorar a produtividade. No fornecimento de nitrogênio para as plantas a bagana de carnaúba, por ter uma alta relação C/N, pode deixar esse nutriente temporariamente indisponível na solução do solo, porém, com a decomposição desse resíduo o solo pode ser beneficiado com a CTC reduzindo o potencial de lixiviação do nutriente.

Queiroga *et al.* (2002), trabalhando com pimentão, verificaram que a cobertura com palha de carnaúba teve influência positiva na produção, uma vez que promoveu redução da temperatura do solo e diminuiu as perdas de água por evaporação, o que é relevante, especialmente, nas condições de clima semiárido. O uso da bagana de carnaúba traz vantagens

associadas à alteração do regime térmico do solo, conservação da água no solo, redução da perda de nutrientes por lixiviação (CARTER; JOHNSON, 1988).

2.4 Efeitos do hidrogel e da bagana de carnaúba em atributos químicos do solo

O uso de condicionadores na recuperação de áreas degradadas pode influenciar diretamente os atributos químicos do solo. Alguns hidrogéis são capazes de atuar como fornecedores de nutrientes, diminuir a fixação de fosfatos e a lixiviação de nutrientes, como potássio, magnésio e nitratos (MELO, 2007).

Mikkelsen *et al.* (1993), na condução de dois experimentos, observaram o comportamento do hidrogel com relação à perda de N por lixiviação. No primeiro ensaio foi realizada uma mistura do polímero com uma solução de nitrato de amônio e uréia (32%) e, após aplicação em solo arenoso, foi avaliada a lixiviação durante seis semanas. Os autores observaram redução na lixiviação do nitrogênio em 45% nas primeiras semanas. No segundo ensaio foi realizado o mesmo procedimento do primeiro, havendo adição de uma gramínea como planta teste. Os autores constataram que a perda de nitrogênio por lixiviação foi em torno de 26, 16 e 7% da primeira à terceira semana após a aplicação do fertilizante e que o crescimento da gramínea aumentou 40%.

Bres e Weston (1993), usando polímeros variados a base de poliácridamida com 0,88g de nitrato de amônio nas taxas de 1,0, 2,0 e 3,0 kg m⁻³ em um plantio de tomate, observaram que a retenção de água aumentou de forma linear com a taxa de aplicação dos polímeros. Em relação ao nitrogênio absorvido, 67% do total aplicado na forma de amônio foram retidos pelos polímeros, enquanto que para o N-NO₃⁻, a retenção foi de apenas 4% do total aplicado não variando com o tipo de polímero usado. Esta diferença pode ter alguma relação com o potencial de carga negativa ou capacidade de troca catiônica do polímero. Para os autores, o N total encontrado nas folhas dos tomateiros está diretamente relacionado aos polímeros usados no experimento.

Henderson e Hensley (1985), verificaram a retenção de nitrato e amônio pelo polímero. No tratamento com areia pura (testemunha), 38% do amônio aplicado foi retido pela areia e, na medida em que foram aumentando a quantidade de polímero no substrato, a retenção de amônio aumentou chegando a 85% para dosagem de 4 kg m⁻³ (kg polímero/m³ de areia). Alguns hidrogéis atuam como fornecedores de nutrientes para as plantas e os mesmos são capazes de diminuir a lixiviação de nutrientes como o potássio, magnésio e nitratos.

Levando em consideração que as plantas absorvem, através de suas raízes, água e nutrientes, é interessante observar se o uso de hidrogéis contribui para absorção de fertilizantes aumentando assim sua eficiência. Segundo Shaviv (2001), o uso de hidrogéis é uma opção de veículos carreadores para liberação controlada de nutrientes. A liberação lenta dos nutrientes tende a diminuir os custos operacionais (SENN, 2015).

Auoada *et al.* (2008) utilizaram hidrogéis produzidos a partir de poliacrilamida (PAAm) para serem sintetizados em solução aquosa a partir da polimerização do monômero acrilamida (AAm) para liberação controlada de NH_4^+ e K^+ contidos em fertilizantes. Os mesmos autores observaram que a cinética de liberação controlada de NH_4^+ e K^+ permitiu inferir que o hidrogel sintetizado com 21,7% de PAAm apresentou maior potencial na liberação controlada dos nutrientes, principalmente de NH_4^+ .

No que se refere aos efeitos da bagana de carnaúba em atributos químicos do solo, convém inicialmente destacar a composição desse tipo de condicionador. Oliveira *et al.* (1998), estudando a composição química da bagana de carnaubeira encontraram N, P e K em sua composição.

A utilização da bagana de carnaúba como cobertura morta no solo pode diminuir a disponibilização de Nitrogênio para o desenvolvimento as plantas temporariamente, devido o processo de imobilização relacionado à sua alta relação C/N.

A imobilização do N no solo ocorre quando o carbono encontra-se em excesso, sendo esse processo favorecido quando resíduos com alta relação C/N são adicionados ao solo. Quando a relação C/N excede valores de 20/1 a 25/1 ocorre a imobilização (SIMS, 1990; BURGESS *et al.*, 2002; LOPES *et al.*, 2004).

A imobilização de N pelos microrganismos ocorre após a adição ao solo de resíduos orgânicos com alta relação C/N (ERNANI, 2005). Nas primeiras semanas após a dessecação das plantas de cobertura de solo a imobilização de N é mais intensa (AMADO *et al.*, 2000).

O uso da bagana de carnaúba como condicionador do solo tem aumentado. A adição de cobertura morta no solo tem como vantagem o retorno de matéria orgânica, e a conservação da bioestrutura do mesmo (PRIMAVESI, 2002). A matéria orgânica tem muita importância na capacidade produtiva dos solos, pois causa efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação, a infiltração e a retenção de água, a aeração, e favorecimento da diversidade e atividade biológica (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Quando o solo está coberto sua camada superficial se torna mais úmida, devido à menor evaporação e maior

infiltração de água (MACÊDO, 2007). As regiões semiáridas podem ser beneficiadas com a cobertura morta pois a mesma possibilita o cultivo antes do início das chuvas e retêm o máximo de umidade no solo, aproveitando de maneira mais eficiente a água das chuvas que são escassas nessa região, além de combater a erosão (MACÊDO, 2007).

Sousa (2008) testou oito substratos, dentre os quais está a bagana de carnaúba. O autor observou que os substratos com bagana de carnaúba disponibilizaram uma maior quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio em comparação aos substratos que utilizaram o pó de coco como resíduo. Terceiro Neto (2004), estudando os teores de nutrientes totais, nutrientes solúveis em água e em Mehlich 1 em diferentes substratos na produção de violeta africana (*Saintpaulia ionantha* Wendl), observou que a bagana de carnaúba apresentou teores de nutrientes próximos àqueles observados nos substratos comerciais testado no mesmo trabalho, principalmente N, P e K.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da área experimental

O experimento foi instalado em 22 de abril de 2014 na fazenda Triunfo, localizada no município de Ibaretama-CE (Figura 1), distante cerca de 130 km de Fortaleza. As coordenadas geográficas da região são Latitude: 4° 48' 15'' Sul Longitude: 38° 45' 12'' Oeste (IPECE, 2014). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado por ser um clima tropical quente e semiárido, com temperatura média anual de 27°C e pluviometria média anual de 838 mm, com período chuvoso de janeiro a abril (IPECE, 2014).

Figura 1. Localização do município de Ibaretama (CE) onde foi realizado o estudo



Fonte:Google

3.2 Tipo de solo

Na propriedade em que foi realizado este estudo, há sete unidades de mapeamento dominadas pelas classes dos Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Planossolos e

Vertissolos. Os solos analisados foram classificados segundo seus atributos e horizontes diagnósticos, características de natureza intermediária de unidades taxonômicas e agrupamentos texturais, conforme normas em uso pela Embrapa (SANTOS *et al.*, 2013). O experimento foi instalado em uma área onde o solo foi classificado como Planossolo, de acordo com a classificação realizada pela Embrapa. São definidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) pela presença de horizonte B plânico, subjacente a qualquer tipo de horizonte A, podendo ou não apresentar horizonte E (álbico ou não). Podem ter horizonte cálcico, caráter carbonático, duripã, propriedade sódica, solódica, caráter salino ou sálico.

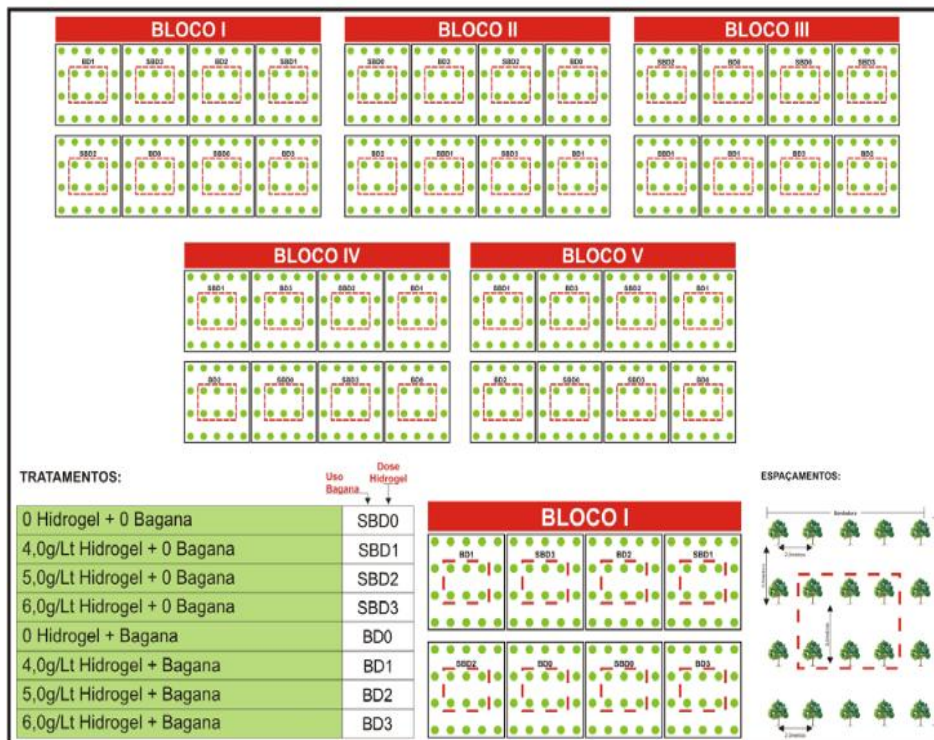
3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados (DBIC), em esquema de arranjo fatorial 4 x 2. Foi estudada a aplicação de quatro doses de hidrogel a base de poliacrilamida (tipo) (0; 4, 5 e 6 g L⁻¹ de água), com e sem bagana de carnaúba, distribuídos em cinco blocos que constituíram as repetições dos tratamentos (Figura 2).

O experimento apresenta 40 parcelas e cada parcela é constituída por quatro linhas de tamboril [*Enterolobium contortisilliquum* (Vell.) Morong], com espaçamento de 2 x 3 metros. Para a execução das avaliações do experimento, duas linhas centrais com seis plantas foram disponibilizadas como área útil (Figura 2).

O hidrogel a base de poliacrilamida foi aplicado na cova de plantio das mudas de tamboril e a bagana de carnaúba foi aplicada na superfície do solo, como cobertura morta, após o transplante das mudas no campo.

Figura 2. Croqui de distribuição das mudas



Fonte: Roberto Albuquerque Pontes Filho.

3.4 Amostragem

Para avaliação da fertilidade do solo, em 14/04/2015 foram coletadas três amostras simples para compor uma amostra composta na área útil das parcelas de cada tratamento nos cinco blocos do experimento. As amostras foram coletadas em duplicata na lateral das plantas onde foram feitas mini trincheiras de aproximadamente 20 cm de profundidade para a realização da coleta.

Após ser acondicionada e devidamente identificada, uma parte das amostras foi direcionada para secagem ao ar e posterior peneiramento, formando TFSA para a realização de análises químicas de rotina para avaliação da fertilidade do solo. A outra parte das amostras ficou armazenada na geladeira para análise de nitrogênio fracionado.

As amostras foliares de tamboril [*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong] também foram coletadas para a realização de análises químicas. As folhas intermediárias foram coletadas e armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e, posteriormente, lavadas com água corrente e água destilada e colocadas em estufa com ventilação forçada de ar na temperatura de 65°C por 48 horas até peso constante. Após

secagem, foram trituradas e armazenadas em recipientes de plástico, devidamente identificados, para as análises químicas.

3.5 Avaliação da fertilidade do solo

Os atributos químicos dos solos foram determinados no Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical e no Laboratório de Manejo de Solo da Universidade Federal do Ceará. As análises para a determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, como também de outros atributos químicos utilizados na avaliação da fertilidade do solo, foram realizadas de acordo com os métodos descritos em EMBRAPA (2009).

Os atributos químicos de rotina para fins de avaliação da fertilidade do solo foram: pH (H₂O) por potenciometria; matéria orgânica pela oxidação por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico; fósforo(P) com extrator Mehlich-1 e determinação colorimétrica; cálcio (Ca) e (Mg) extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica; alumínio (Al) extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e titulado com hidróxido de sódio; potássio (K) e sódio (Na) trocáveis extraídos com solução diluída de ácido clorídrico e posterior determinação por fotometria de chama; cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) extraídos com Mehlich-1 e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica; acidez trocável (H+Al) extraído com solução de acetato de cálcio e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹; enxofre (S) extraído com fosfato de cálcio e quantificado por determinação colorimétrica. As formas de N inorgânico (NH₄⁺ e NO₃⁻) foram extraídas com KCl 1 mol L⁻¹ e tituladas com H₂SO₄ a 0,005 mol L⁻¹. As determinações dos teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ no solo foram realizadas por destilação a vapor utilizando óxido de magnésio e liga de Devarda (TEDESCO *et al.*, 1995).

3.6 Avaliação do estado nutricional do tamboril

As análises para avaliação do estado nutricional foram: teor de nitrogênio (N) extraído por digestão sulfúrica e determinado pelo método de Kjeldahl; fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) extraídos por digestão nítrico-perclórica. O P foi determinado por

colorimetria, K e Na por fotometria de chama, enquanto que os demais elementos por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

3.7 Análises estatísticas

Foi utilizado o software Sisvar (FERREIRA, 2011) para executar as análises estatísticas. Com o software foi feita a análise de variância utilizando o procedimento ANOVA e análise de regressão. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos químicos do solo

Os resultados da análise de variância dos atributos químicos do solo estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. Os atributos que variaram em resposta à interação entre os tratamentos avaliados foram: teores de N-NH_4^+ e manganês.

Tabela 1. Valores de F da ANOVA para pH, matéria orgânica, teores de macronutrientes, teores de sódio e formas minerais de nitrogênio no solo.

Fonte de Variação	pH _{H2O}	MO	P ^(t)	K	Ca	Mg ^(t)	Na	S(t)	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ^(t)	N_mineral
----- Valor de F -----											
DOSE	1,256 ^{ns}	1,031 ^{ns}	0,702 ^{ns}	0,640 ^{ns}	2,226 ^{ns}	0,145 ^{ns}	1,970 ^{ns}	2,837 ^{ns}	0,653 ^{ns}	0,092 ^{ns}	0,470 ^{ns}
BA	5,385 ^{ns}	0,972 ^{ns}	1,823 ^{ns}	4,674 ^{ns}	0,041 ^{ns}	0,246 ^{**}	1,225 ^{ns}	0,755 ^{ns}	2,106 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1,000 ^{ns}
BLOCO	3,033 [*]	0,142 ^{ns}	1,528 ^{ns}	0,945 ^{ns}	1,839 ^{ns}	7,037 ^{ns}	3,219 [*]	1,004 ^{ns}	2,204 ^{ns}	1,55 ^{ns}	2,268 ^{ns}
DOSE*BA	0,672 ^{ns}	1,664 ^{ns}	0,736 ^{ns}	1,446 ^{ns}	1,908 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,781 ^{ns}	3,801 ^{ns}	3,44 [*]	1,301 ^{ns}	2,286 ^{ns}
CV (%)	4,5	39,76	48,99	42,84	32,76	38,42	23,41	51,23	40,73	1,79	38,33

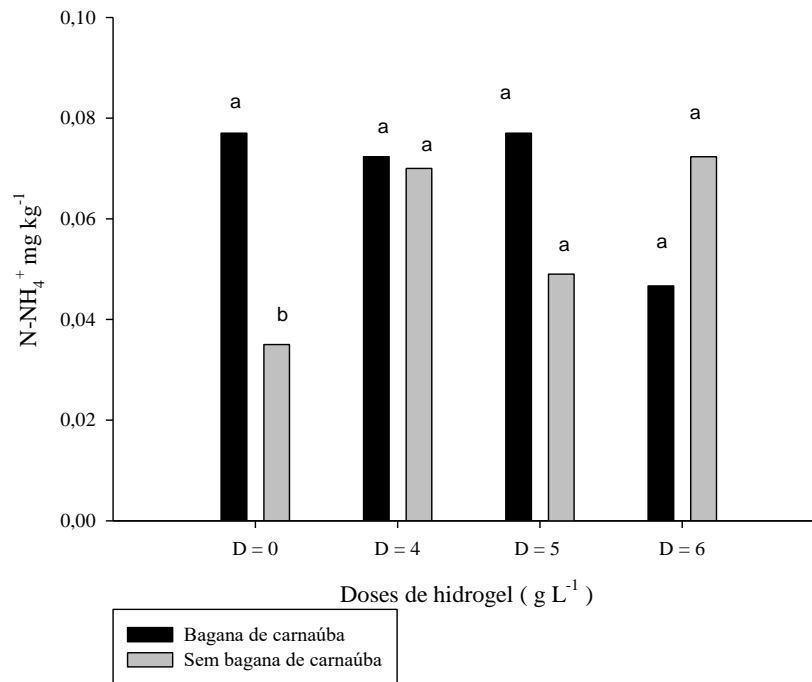
^{ns} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; (t) dados transformados; BA(bagana); DOSE (doses de hidrogel); MO matéria orgânica.; t = transformando $\sqrt{y+0,5}$

Tabela 2. Valores de F da ANOVA para teores de alumínio (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e teores de micronutrientes no solo.

Fonte de Variação	Al ^{3+(t)}	H + Al	SB	T	V	m	Cu	Fe	Mn	Zn
----- Valor de F -----										
DOSE	1,778 ^{ns}	0,918 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,207 ^{ns}	0,673 ^{ns}	0,830 ^{ns}	1,118 ^{ns}	1,062 ^{ns}	0,716 ^{ns}	0,288 ^{ns}
BA	1,277 ^{ns}	2,309 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,530 ^{ns}	2,017 ^{ns}	0,257 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,380 ^{ns}	2,172 ^{ns}	0,355 ^{ns}
BLOCO	4,725 ^{**}	12,718 ^{**}	5,651 ^{**}	2,213 ^{ns}	25,992 ^{**}	2,845 ^{ns}	12,750 ^{**}	1,338 ^{ns}	4,938 ^{**}	1,439 ^{ns}
DOSE*BA	0,116 ^{ns}	1,737 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,332 ^{ns}	0,353 ^{ns}	0,174 ^{ns}	4,150 ^{ns}	1,152 ^{ns}	5,240 ^{**}	0,711 ^{ns}
CV(%)	36,87	23,02	36,28	24,31	15,62	115,06	23,72	56,56	34,68	36,23

As variações ocorridas para os teores de N-NH_4^+ no solo estão apresentadas no gráfico 1.

Gráfico 1. Letras minúsculas comparam as médias dos tratamentos com bagana e sem bagana de carnaúba dentro de cada dose de hidrogel.



Analisando o gráfico 1 constata-se que ocorreu diferença significativa nos tratamentos com bagana e sem bagana de carnaúba na dose zero de hidrogel, não havendo diferença significativa nas outras doses. Ao que tudo indica, a fase da amonificação predominou no processo de mineralização mediante aplicação da bagana de carnaúba na ausência de hidrogel. Nessa fase, o N amídico proveniente de resíduos orgânicos é convertido a N-NH₃ o qual, na presença de água, é convertido a N-NH₄⁺ (COSTA *et al.*, 2003). No processo de mineralização o N orgânico que está presente na matéria orgânica do solo, resíduos de colheitas e dejetos animais é convertido em N inorgânico (CARVALHO; ZABOT, 2012). As bactérias digerem matéria orgânica e liberam amônio (NH₄⁺). A formação de NH₄⁺ se torna maior à medida que a atividade microbiana aumenta (CARVALHO; ZABOT, 2012).

As plantas podem absorver o NH₄⁺, mas esse também pode ser atraído e/ou retido no solo ou na matéria orgânica devido à sua carga positiva. Levando em consideração essa afirmativa, isso significa que o NH₄⁺ não se move em profundidade no solo e, não sendo absorvido pelas plantas, está sujeito a outras mudanças no sistema (O'LEARY *et al.*, 1994).

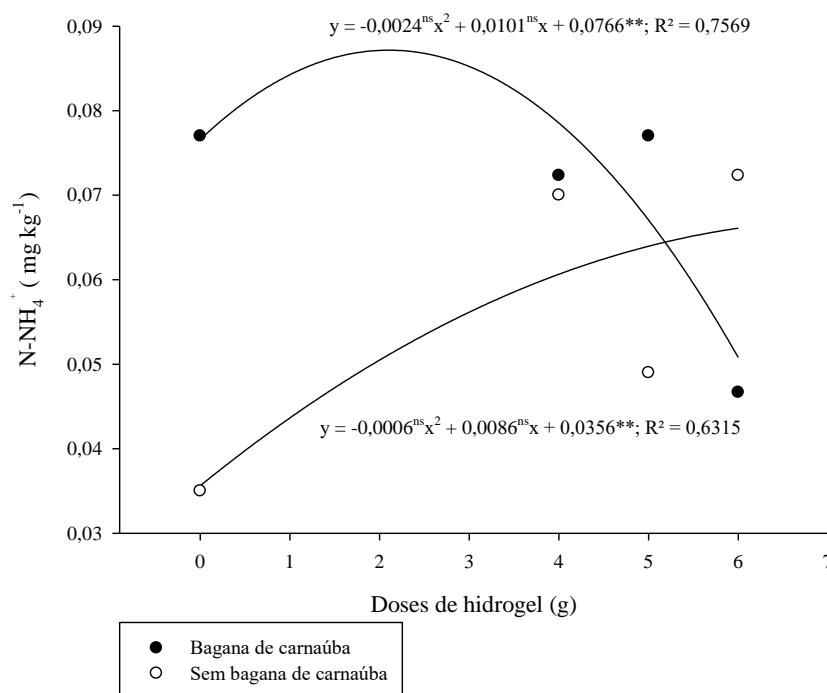
Esperava-se que a bagana de carnaúba reduzisse a disponibilidade de N no solo em virtude de sua elevada relação C/N. Entretanto, após 12 meses da aplicação desse resíduo, contribuições de sua adição já foram observadas em termos de maiores teores de N-NH₄⁺, em

comparação ao tratamento sem aplicação do condicionador orgânico. Segundo Kiehl (1985), resíduos com relação C/N igual a 60/1 gastarão de 30 a 60 dias para serem bioestabilizados. Adicionalmente, o tratamento com bagana de carnaúba deve ter garantido maior umidade, permitindo maior amonificação em relação ao tratamento sem a bagana. Moraes (2012) constatou que a mineralização do N aumenta com o aumento da umidade do solo.

Ao analisar os teores de N-NH_4^+ no solo em resposta às doses de hidrogel (Figura 4), foi verificado efeito quadrático, de modo que o aumento das doses de hidrogel diminuiu a disponibilidade dessa forma mineral de N na presença do resíduo bagana de carnaúba. Ao derivar as equações de regressão, foram encontrados valores máximos para as doses de hidrogel que estão relacionados aos maiores teores de N-NH_4^+ no solo. Os maiores teores de NH_4^+ na presença de bagana de carnaúba no solo foram de $0,077 \text{ mg kg}^{-1}$ nas doses 0 e 5 de hidrogel e, na ausência de bagana de carnaúba no solo, o maior teor foi de $0,072 \text{ mg kg}^{-1}$ na dose 6.

As doses de hidrogel associadas aos maiores teores de N-NH_4^+ no solo foram $2,1 \text{ g L}^{-1}$ com a utilização de bagana de carnaúba e $7,2 \text{ g L}^{-1}$ na ausência de bagana, resultado esse superior à máxima dose testada (6 g L^{-1}).

Gráfico 2. Teores de N-NH_4^+ no solo em resposta às doses de hidrogel nos tratamentos com e sem adição de bagana de carnaúba.

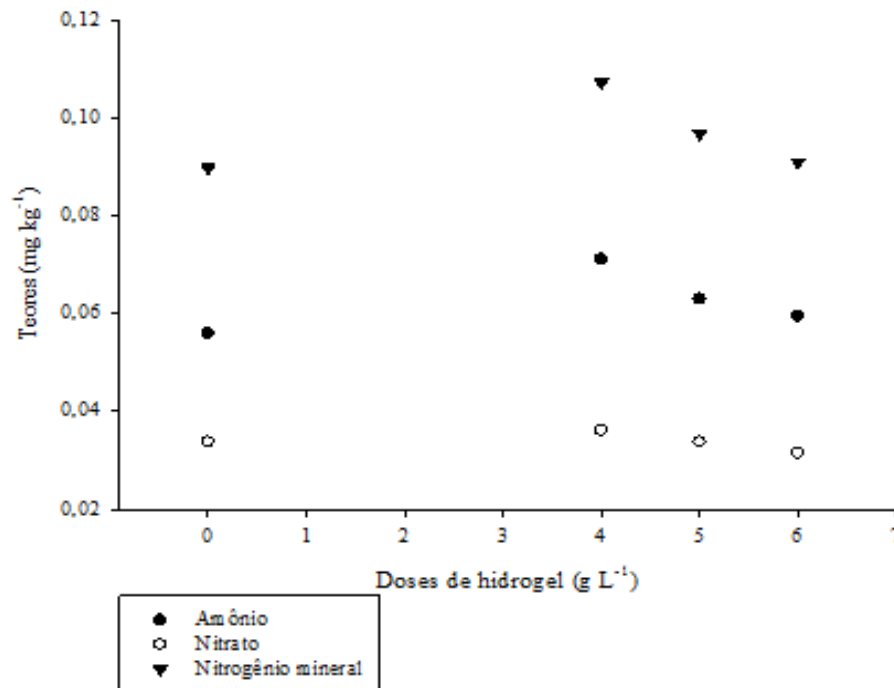


A partir da análise de regressão foi constatado o maior coeficiente de determinação nos tratamentos com bagana de carnaúba ($R^2 = 0,7569$), comparado aos tratamentos sem bagana de carnaúba ($R^2 = 0,6315$). Isso indica melhor resposta dos teores de $N-NH_4^+$ mediante uso dos dois condicionadores. As doses crescentes de hidrogel, mediante a adição de bagana de carnaúba, aumentaram os teores de $N-NH_4^+$ no solo de forma quadrática, ou seja, houve um ponto de máxima, seguindo por redução nos teores de $N-NH_4^+$. Sem a adição de bagana de carnaúba a curva de resposta também foi quadrática, de forma que o teor de $N-NH_4^+$ continuaria aumentando mesmo mediante a dose maior de hidrogel. Considerando o potencial da bagana e do hidrogel de influenciar a umidade do solo, essas respostas parecem estar relacionadas ao efeito da umidade na mineralização, o qual é favorável até certo ponto. Moraes (2012) verificou que umidade superior a 60% da capacidade de campo não favoreceu à mineralização.

Para avaliação dos teores médios de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e N mineral total foi elaborada a Figura 5. O N mineral total variou de 0,02 a 0,22 $mg\ kg^{-1}$. O $N-NO_3^-$ foi inferior ao $N-NH_4^+$, apresentando valores de 0,01 a 0,09 $mg\ kg^{-1}$, enquanto que o $N-NH_4^+$ apresentou valores variando de 0,01 a 0,15 $mg\ kg^{-1}$.

Segundo Conceição (2012), o teor de N mineral encontrado em solo do semiárido em propriedade com manejo orgânico foi de 47,58 $mg\ kg^{-1}$. No presente estudo o teor de N mineral foi inferior, provavelmente por se tratar de um solo degradado.

Gráfico 3. Teores médios de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N mineral total no solo.



A assimilação preferencial de N-NO_3^- , tanto por plantas como por microrganismos do solo (OWEN; JONES, 2001), pode contribuir para o predomínio do N-NH_4^+ no solo. A absorção de nitrogênio na forma de amônio tem a vantagem de que o gasto de energia é menor na assimilação de N. Assim o NO_3^- assimilado gasta mais energia em comparação com a assimilação de NH_4^+ (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). A utilização de plantas de cobertura pode alterar a relação $\text{N-NO}_3^-/\text{N-NH}_4^+$ no solo, proporcionando maiores quantidades de N-NH_4^+ , podendo promover o desenvolvimento de culturas que absorvem mais e preferem esta forma de nitrogênio (MALAVOLTA, 1980; HOLZSCHUH *et al.*, 2009).

A principal perda do N é na forma de nitrato, perdido por lixiviação (ERREBHI *et al.*, 1998). O nitrato é repelido pelas partículas do solo, que geralmente apresentam carga elétrica líquida negativa, fazendo com que esse ânion permaneça livre na solução (DINYA *et al.*, 2006), o que favorece sua perda por lixiviação e contribui com o predomínio de N-NH_4^+ .

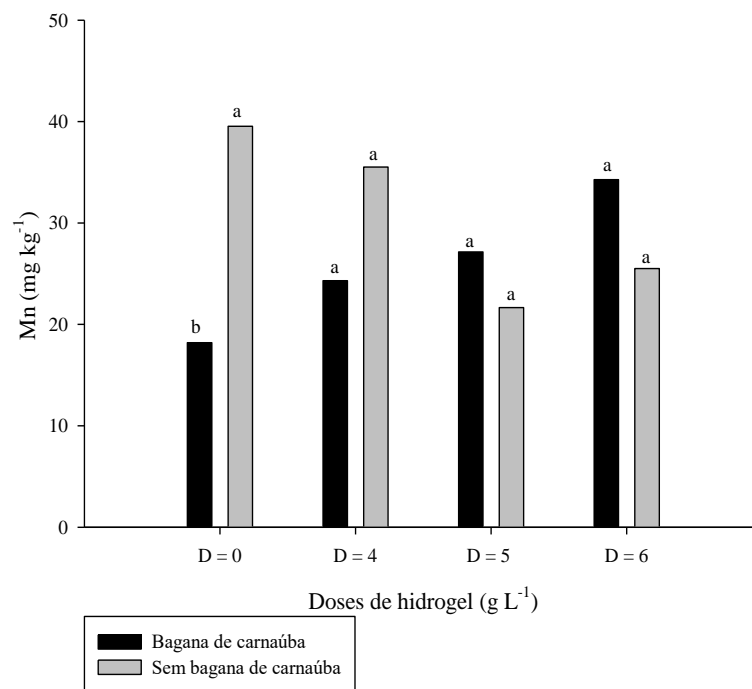
A menor evaporação de água devido à maior cobertura de solo propiciada pelos restos de cultura sobre a superfície do solo no plantio direto (PD), também pode favorecer o movimento descendente de nitrato via macroporos (SANGOI *et al.*, 2003).

Outro atributo químico que variou em resposta aos tratamentos avaliados foi o teor de Mn no solo. Mediante a dose zero de hidrogel, o teor de Mn no solo foi maior na

ausência da bagana de carnaúba (Figura 6). A aplicação de bagana de carnaúba, mediante ausência de hidrogel resultou em Mn ligado à matéria orgânica, conforme observado por Borges e Coutinho (2004), ao analisar teores de Mn em diferentes frações em resposta à aplicação de doses de biossólido.

As médias dos tratamentos com bagana de carnaúba e sem bagana de carnaúba dentro de cada dose de hidrogel estão representadas no gráfico 4.

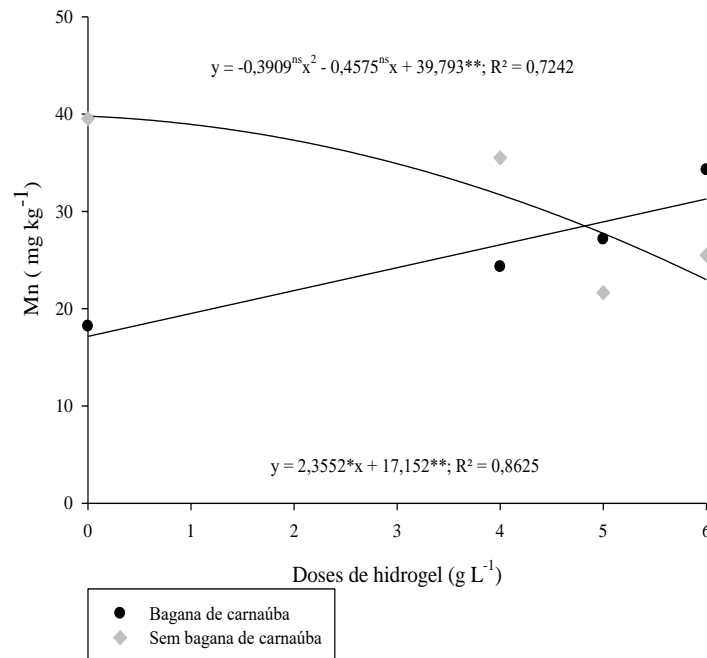
Gráfico 4. Letras minúsculas comparam as médias dos tratamentos com bagana e sem bagana de carnaúba dentro de cada dose de hidrogel.



Neste estudo supõe-se que a influência das mudanças no pH do solo tenha sido insignificante para alterar a disponibilidade de Mn, pois a aplicação do hidrogel não causou modificações no pH do solo. Azevedo *et al.* (2002) observaram que o pH inicial do substrato para tratamentos com polímero e sem polímero era de 5,9 e, no final do ensaio, atingiu o valor de 5,5 para o tratamento testemunha e ficou inalterado para o tratamento com o polímero.

Ao analisar os teores de Mn no solo em resposta às doses de hidrogel (Figura 7), houve aumento linear em função da elevação das doses de hidrogel na presença de bagana de carnaúba, sendo obtido o maior teor do micronutriente no solo (34,3 mg kg⁻¹) na dose 6 de hidrogel. Nos tratamentos em que a bagana de carnaúba não foi aplicada houve diminuição nos teores do elemento com as doses de hidrogel, representada por curva quadrática, até a dose 5 de hidrogel, voltando a aumentar na dose 6.

Gráfico 5. Teores de Mn no solo em resposta às doses de hidrogel nos tratamentos com e sem adição de bagana de carnaúba.



Derivando as equações de regressão foram encontrados valores máximos para as doses de hidrogel que estão relacionadas ao maior teor de Mn no solo, sendo esses valores 0,58 g L⁻¹, na ausência de bagana de carnaúba, e 6g L⁻¹ na presença de bagana de carnaúba. A concentração de Mn no solo geralmente é baixa. De acordo com Nachtigall et al. (2009), em áreas que a concentração de manganês no solo é baixa (abaixo de 500 mg kg⁻¹) normalmente está associada a baixos teores de Mn nas plantas (30 a 70 mg/kg⁻¹). O solo em estudo apresentou teores ainda menores.

A toxicidade do manganês para as plantas em solos ácidos pode chegar a níveis do metal acima de 1.000 mg kg⁻¹ peso seco (WHO, 1981). Os tratamentos deste estudo, ao aumentar os teores de Mn no solo, não representam riscos de toxidez. A análise de regressão apontou o maior coeficiente de determinação nos tratamentos com bagana de carnaúba (R²= 0,86) comparado aos tratamentos sem bagana de carnaúba (R²= 0,72), indicando que, mediante adição de bagana de carnaúba, foram obtidas melhores respostas dos teores de Mn às doses de hidrogel aplicadas.

Na Figura 7 é possível observar que os tratamentos sem bagana, quando acrescidos de doses de hidrogel, diminuem a disponibilidade de Mn no solo. Isso representa que as doses de hidrogel não reduziram a disponibilidade de oxigênio no solo a ponto de favorecer a redução do Mn e aumentar sua biodisponibilidade.

A principal reação de aumento de disponibilidade de Mn^{2+} em ambiente anaeróbico é a redução do MnO_2 para Mn^{2+} por microrganismos que, ao oxidarem a matéria orgânica para obterem energia, na ausência de oxigênio, reduzem o manganês liberando-o na forma inorgânica de Mn^{2+} (TURPEINEN, 2002).

4.2 Estado nutricional da espécie vegetal

Para os teores foliares de nutrientes não houve resposta à interação e aos fatores isolados de tratamento (Tabela 3), ou seja, não houve variação com as doses crescentes de hidrogel nem com a adição do resíduo de bagana de carnaúba.

Entretanto, os teores foliares de nutrientes são importantes para discutir efeitos dos tratamentos na disponibilidade de Mn no solo.

A falta de significância para os teores foliares pode ser estar relacionado ao efeito de diluição. Isso significa que algum tratamento tenha resultado em maior crescimento das plantas, diluindo o teor de nutrientes no tecido vegetal.

Uma análise do acúmulo de nutrientes na planta inteira poderia resultar em diferenças significativas entre tratamentos.

Tabela 3. Valores de F da ANOVA para teor foliar de nutrientes nas plantas.

Fote de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S ^(t)	Na	Cu	Fe ^(t)	Zn	Mn
-----Valor de F-----											
DOSE	0,770 ^{ns}	0,522 ^{ns}	0,255 ^{ns}	0,669 ^{ns}	0,449 ^{ns}	0,916 ^{ns}	1,892 ^{ns}	5,545 ^{ns}	0,871 ^{ns}	0,161 ^{ns}	0,186 ^{ns}
BA	3,289 ^{ns}	2,638 ^{ns}	3,799 ^{ns}	1,682 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,603 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,799 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,105 ^{ns}	2,702 ^{ns}
BLOCO	1,350 ^{ns}	3,301*	2,592 ^{ns}	0,562 ^{ns}	0,232 ^{ns}	1,568 ^{ns}	1,928 ^{ns}	111,049**	1,496 ^{ns}	4,987 ^{ns}	2,917 ^{ns}
DOSE*BA	0,170 ^{ns}	0,969 ^{ns}	1,841 ^{ns}	0,974 ^{ns}	0,052 ^{ns}	1,276 ^{ns}	0,383 ^{ns}	0,782 ^{ns}	0,748 ^{ns}	2,087 ^{ns}	0,371 ^{ns}
CV%	30,07	18,49	24,02	46,02	58,24	27,63	26,43	13,39	38,56	41,45	45,27

ns não significativo ; (t) dados transformados $\sqrt{y+0,5}$; BA (bagana); DOSE (doses de hidrogel);

5 CONCLUSÕES

As maiores doses de hidrogel não alteraram o N mineral do solo e nem o estado nutricional da espécie *Enterolobium contortisiliquum*.

A aplicação do hidrogel em conjunto com a bagana não reduziu os teores de N mineral no solo em virtude da imobilização, entretanto, o hidrogel e a bagana de carnaúba influenciaram os teores de N-NH_4^+ no solo que foram superiores mediante dose de $2,1 \text{ g L}^{-1}$ de hidrogel e a aplicação de bagana.

REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, L.J.O.; GARÇON, E.A.M.; BARROS, M.R.O.; BOTELHO, F. Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semi-árido paraibano com base nos sensores Hyperion e Landsat 7 ETM+. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia, Goiás, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 347-353. 1 CD-ROM.
- ALBRECHT, S.L.; BENNET, J.M.; BOTE, K.J. Relationship on nitrogenase activity to plant water stress in field grown soybean. **Field Crop Research**, v.8, p.61-71, 1984.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas decobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVES, M.O.; COELHO, J.D. Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006. 9p. 1 CD-ROM.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:179-189, 2000.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I. M; LEITE, U.T; BARBOSA, M.R.V. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 3, p. 253 – 262, jul./set. 2005.
- AUOADA, F. A.; MOURA, M. R.; MENEZES, E. A.; NOGUEIRA, A. R. A.; MATTOSO, L. H. C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciênciado Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1643-1649, 2008.
- AZEVEDO, T. L. de F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A de. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.1, n.1, p.23-31, 2002.
- 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).
- BALENSIEFER, M. Estado da arte em recuperação e manejo de áreas frágeis e/ou degradadas. : WORKSHOP RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS., 1998, Campinas, Memória... Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA, 1998. p15-18. (EMBRAPA CNPMA. Documentos,13).
- BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CAMPELLO, E.F.C. Sistemas Agrossilvipastoris: a Importância das Leguminosas Arbóreas para as Pastagens da Região Centro-Sul. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 4.,**Anais...** Dos Simpósios 2004.

BARVENIK, F. W. Polycrylamide characteristics related to soil applications. **Soil Science**, v.158, p.235-243, 1994.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. In: SANTOS, G.A; SILVA, L.Z; CANELLAS, L.P; CAMARGO, F.A. 2ed. Porto Alegre (RS): Metrópole, 2008. 636 p.

BORGES, M.R.; COUTINHO, E.L.M. Heavy metals in soil after sewage sludge application. I. Fractionation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.543-555, 2004.

BRASIL, Nova delimitação do Semiárido Brasileiro, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2007.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v.30, p.365-372, 2000.

BRES, W.; WESTON, L.A. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. **Horticulture Science**, v.28, n.10, p.1005-1007, 1993.

BURGESS, M.S.; MEHUYS, G.R. ; MADRAMOOTOO, C.A. Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1.350-1.358, 2002.

CARDOSO, E.J.; NAVARRO, R.B.; NOGUEIRA, M.A. Absorção e translocação de manganês por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste nutriente. *Revista Brasileira de-Ciencia do Solo*, 3: 415-423.2003.

CARTER, J.; JOHNSON, C. Influence of different types of mulches on eggplant production. *HortScience (USA)*, 1988.

CARVALHO, C. M. Avaliação da desertificação no Sudoeste do Estado do Piauí-PI, através de técnicas de sensoriamento remoto. São Jose dos Campos: INPE, 2007.

CARVALHO, N.L.D.; ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** (e-ISSN: 2236-1170), v(6), nº 6, p. 960 –974, 2012.

CHIKOWO, R.; MAPFUMO, P.; NYAMUGAFATA, P.; GILLER, K.E. Mineral N dynamics, leaching and nitrous oxide losses under maize following two-year improved fallows on a sandy loam soil in Zimbabwe. **Plant and Soil**, 259: 315-330.2004.

COELHO, J. B. M. **Aplicação de doses do polímero hidratado sobre a capacidade de retenção de água de solos e desenvolvimento da beterraba, em condições salinas**. 2004. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004.

CONCEIÇÃO, G.C.da; GONÇALVES, J.S; BASTOS, D.C; FERNADES JUNIOR, P.J. ;GAVA, C.A.T. Nitrogênio mineral e orgânico em solos de áreas com mangueiras sob diferentes manejos no semiárido. In: FERTBIO, 2012, Maceió, AL. **Anais...**, 2012.

COSTA, M. C. G., VITTI, G. C. ; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p.631-637, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C.; GARCIA, R.A.; CASTRO, G.S.A.; ROSOLEM, C.A. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 1975-1984. 2011.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). *Micronutrientes na Agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, 1991. p.65-78.

DURAND, J.L.; SHEEHY, J.E; MINCHIN, F.R. Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation. **Journal of Experimental Botany**, v.187, p.311-321, 1987.

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D. de.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.5, p. 855-862, 2006

EDWARDS, D.M.; FISCHBACH, P.E.; YOUNG, L.L. Movement of nitrates under irrigated agriculture. *Transactions of the ASABE*, 15: 73-75, 1972.

EL SAYED, H.; KIRKWOOD, R.C.; GRAHAM, N.B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.240, p.891-899, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

ENGEL, V. L. & PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L. & Gandara, F. B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF. Botucatu, SP. 2003. pp. 01-26.

ERNANI, P.R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76p.

ERREBHI, M. et al. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, n.1, p.10-15, 1998.

FARIA, S. M. de ; CAMPELLO, E. F. C. Algumas espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para regeneração de áreas degradadas. *Série Recomendação Técnica*, 7, Seropédica: Embrapa-CNPAB, 2000, 8p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

- FRANCO, A.A.; CAMPELLO E.F.; SILVA, E.M.R.; Revegetação de solos degradados. Série Comunicado Técnico, nº. 09. EMBRAPA-CNPAB, Seropédica, 9 p. 1992.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology Biochemistry**, v. 29, n. 5/6, p. 897-903, 1997.
- GONÇALVES, A. N. Fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento de árvores em regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro. Série Técnica **IPEF**, Piracicaba, v. 3, n. 10, p. 99-105, 1982.
- GUIMARÃES, A. E. N.; VINÍCIUS, E.; BATISTA, P. G.; SOUZA, Z. **Análise para Recuperação de uma Área Degradada, na Micro Bacia do Ribeirão Taquaruçu – Palmas, TO**. Faculdade Católica do Tocantins. 2009, 14p.
- HENDERSON, J.C.; HENSLEY, D.L. Ammonium and nitrate retention by a hydrophilic gel. **Horticulture Science**, v.20, n.4, p.667-667, 1985.
- HOLZSCHUH, M.J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARMONA, F.C. & COSTA, S.E.V.G.A. Rice growth as affected by combined ammonium and nitrate supply. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1323-1331, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS- IBAMA. Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Revegetação. Brasília: IBAMA, 1990, 96 p.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal – Ibaretama. 18p. 2014.
- JOHNSON, M.S. Effects of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **J. Sci. Food Agric.**, 35 (1984), pp. 1063–1066.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.
- KIRDA, C.; DANSO, S.K.A.; ZAPATA, F. Temporal water stress effects on nodulation nitrogen accumulation and growth of soybean. **Plant and Soil**, v.120, p.49-55, 1989.
- LEITE, F. R. B.; SOARES, A. M. L.; MARTINS, M. L. R.; Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. 2ª aproximação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR, 1993. Artigos, p. 156-161.
- LIMA, F. C. P. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. XXVII Reunião Nordestina de Botânica, Petrolina, 22 a 25 de março de 2004.
- LOBO, D.; GABRIEL, S. D.; DEPAOLA, G.; Effect of soil conditioners on nutrient uptake by a green pepper crop. *Agro environ. International centre for hemorology, Ghent University, Belgium*. 1p. 2012.

LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G. & SILVA, C.A. Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo, **ANDA**, 2004. 115p.

MACÊDO, F.N.A. Avaliação da eficiência técnica de sistemas agrícolas cultivadas com uso da palha de cana (Copernicia prunifera [Miller] H.E Moore) no semi-árido piauiense. 2007. 40f. Dissertação (Mestrado em agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão, 2007.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MELO, M. R. da S. **Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de polímero hidroabsorvente**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

MENEZES, R.C.S.; GARRIDO, M.S.; PEREZ M., A.M. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Palestras... Recife, UFRPE/SBCS, 2005. CD-ROM.

MIKKELSEN, R.L.; BEHEL, A.D.; WILLIAMS, H.M. Addition of gel-forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer solutions. **Fertilizer Research**, v.36, p.55-61, 1993.

MORAES, M.I.M de. **Mineralização bruta (amionificação) de nitrogênio em solos cultivados com cana-de-açúcar**. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado - Programa de pós graduação em Ciências) – Centro de energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MORAIS, O.; BOTREL, T.A.; DIAS, C.T.S. Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura do alface (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia rural**, v.12, único, 2001.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, poços de caldas, MG.** (Tese de doutorado). Rio Claro, São Paulo, 2004. 139p.

NACHTIGALL, G. R.; NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L. R. F. Extração sequencial de Mn e Zn em solos em função do pH e adição de cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 03, p. 240-249, 2009

O'LEARY, M.; REHM, G.; SCHMIT, M. Understanding Nitrogen in Soils. University of Minnesota Extension. Reviewed 1994.

OLIVEIRA, F.N.S.; LIMA, A.A.C.; COSTA, J.B.A. **Adubação verde**: alternativa para os solos arenosos do Nordeste. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1998. 3 p. (Embrapa-CNPAT. Comunicado Técnico, 25).

OWEN, A.G.; JONES, D.L. Competition for amino acids between wheat roots and rizhosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 651-677, 2001.

PEREIRA, I. M. **Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo e análise da estrutura fitossociológica de ecossistema de caatinga sob diferentes níveis de antropismo**. Areia: UFPB, 2000. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal da Paraíba.

PEREIRA, A.F.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A.; RESENDE A.S. Uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no polo produtor de Seropédica/ Itaguaí. Seropédica, **EMBRAPA Agrobiologia**, 2007. 31p. (Documentos, Embrapa Agrobiologia).

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R. E.; CUNHA, G. C. Práticas de ecologia florestal. Piracicaba. Esalq/USP, 1996, 44p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 2002.

QUEIROGA, R. C. F.; NOGUEIRA, J.C.C.; BEZERRA NETO, F.; MURA, A. R. B. de. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 416-418, 2002.

RANIERI, S.B.L.; SPAROVEK, G.; SOUZA, M.P.; DOURADO NETO, D. Aplicação de Índice Comparativo na Avaliação do Risco de Degradação das Terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22, .751-760, 1998.

ROSSATO, R.; AMADO, T. J. C.; LOVATO T.; CONCEIÇÃO, P.C.; GRAPPEGIA JR, G.; PEDROSO, M. T. Influência dos diferentes sistemas de manejo nos estoques de carbono e nitrogênio total do solo na microbacia de agudo – RS. UFSM, Dep. de Solos, 97105-900, Santa Maria – RS, 2002.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Nitrogen leaching as affected by urea application method and oat residue management in soils with contrasting textures. **Ciência Rural** 33(1): 65–70. 2003.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SENNA, M.A.; CARMO, B.J.; SILVA, S.M.; BORATO, R.V. Synthesis, characterization and application of hydrogel derived from cellulose acetate as a substrate for slow-release NPK fertilizer and water retention in soil. **Journal of Environmental chemical Engineering**, v.3,p. 996-1002, 2015.

SHAVIV, A. Advances in controlled release fertilizers. *Adv.Agron.*, 71:1-49, 2001.
SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Universidade Federal de Pernambuco/Ministério do Meio Ambiente –Brasília, DF, 382 p. 2003.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. 2006. 298f. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2006.

SIMS, J.T. Nitrogen mineralization and elemental availability in soils amended with composted sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 19:669-675, 1990.

Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza- SNUC: lei n ° 9.895, de 18 de julho de 2000; decreto n ° 4.340, de 22 de agosto de 2002. 2 ed. Brasília: MMA/SBF, 2002. 52p.

SMITH, D.M. 1986. *The practice of silviculture*. 8 ed. John Wiley, New York. 527pp.

SOUSA, H. de F. **Produção de mudas de *Zínia elegans* em substratos a base de resíduos agroindustriais e agropecuários**. 2008. 65f. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

TEDESCO, M.J. et al. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico de solos, 5).

TERCEIRO NETO, C.P.C. **Efeito da concentração da solução nutritiva e do substrato na aclimação de plantas micropropagadas de violeta.**, . Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004. 51 f il.

TERRACOTTEM. Guia técnico 1.0 Pinhais PR. 1998. 45p.

TOY, T. J.; DANIELS, W. L. Reclamation of disturbed lands. In: MAYER, R. A. (ed.) **Encyclopedia of environmental analysis and remediation**. New York: John Wiley and Sons. 1998. p. 4078-4101.

TRANNIN, I. C. B. et al. Crescimento e nodulação de *Acacia mangium*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Sesbania virgata* em solo contaminado com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.743-753, 2001.

TREVISAN, R.; MATTOS, M.L.T.; HERTER, F.G. Atividade microbiana em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico coberto com aveia preta (*Avena sp.*) no outono, em um pomar de pessegueiro. *Ci. Rural*, 7:2:83-89, 2002.

TURPEINEN, R. Interactions between metals, microbes and plants – Bioremediation of arsenic and lead contaminated soils. Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki. Lahti, 2002.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. Núcleos de desertificação no polígono das secas. **Anais ...ICB**. Recife: UFPE, v.1, n.1, p.69-73, 1971.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION, **Manganese**. Geneva: WHO, 1981. (Environmental Health Criteria 17).

WOFFORD JR, D. J.; KOSKI, A. J. **A polymer for the drought years** (*on line*). Colorado Green. Aug, 1990. Disponível em: <http://kimberly.ars.usda.gov/>

WOFFORD Jr., D.J. **Worldwide research suggestions for cross-linked polyacrilamide in agriculture** (*on line*). Virginia, September 1992. Disponivel em: <https://www.hydrosorce.com/>.